



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



# **“CARACTERIZACIÓN DE LA HETEROGENEIDAD DE LAS UNIDADES LITOLÓGICAS DEL YACIMIENTO LOS BRONCES, REGIÓN METROPOLITANA, CHILE”**

**Memoria para optar al Título de Geólogo**

**EDGARDO RAÚL URRUTIA RIVERA**

**Profesor Patrocinante:** Dr. Marcos Javier Pincheira Núñez  
**Profesional Guía:** Sr. Rafael Mauricio Arellano Neira  
**Profesores Comisión:** Msc. Abraham Elías González Martínez  
Dr. Luis Arturo Quinzio Sinn

CONCEPCIÓN, 2019

*Nuestro mayor miedo no es que no encajemos.  
Nuestro mayor miedo es que tenemos una fuerza desmesurada.  
Es nuestra luz y no nuestra oscuridad lo que más nos asusta.  
Empequeñecerse no ayuda al mundo.*

*No hay nada inteligente en encogerse  
para que otros no se sientan inseguros a tu alrededor.  
Todos deberíamos brillar como hacen los niños.  
No es cosa de unos pocos sino de todos*

*Y al dejar brillar nuestra propia luz  
inconscientemente damos permiso a otros para hacer lo mismo.*

*Al liberarnos de nuestro propio miedo  
nuestra presencia libera automáticamente a otros...*



**Marianne Williamson**

**A mis padres, Ruth y Edgardo,**  
*por ser el apoyo que siempre necesite.*

**A mi abuelo, Jorge,**  
*por su confianza y ejemplo de vida.*

# ÍNDICE

Página

## RESUMEN

|  |    |
|--|----|
| <b>1. INTRODUCCIÓN</b>   | 1  |
| <b>1.1. OBJETIVOS</b>  | 2  |
| 1.1.1. OBJETIVO GENERAL  | 2  |
| 1.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS   | 2  |
| <b>1.2. ALCANCES Y RESTRICCIONES DEL ESTUDIO</b>                             | 2  |
| <b>1.3. UBICACIÓN Y ACCESOS</b>  | 4  |
| <b>1.4. CLIMA</b>  | 6  |
| <b>1.5. GEOMORFOLOGÍA</b>  | 7  |
| <b>1.6. METODOLOGÍA DE TRABAJO</b>   | 8  |
| 1.6.1. ETAPA N°1: RECOPIACIÓN BIBLIOGRÁFICA                                  | 9  |
| 1.6.2. ETAPA N°2: TEST DE HETEROGENEIDAD                                     | 9  |
| <b>1.6.2.1 Definición de las unidades litológicas a muestrear</b>            | 9  |
| <b>1.6.2.2 Análisis de las propiedades litológicas de las unidades</b>       | 10 |
| <b>1.6.2.3 Definición de los elementos químicos a estudiar</b>               | 10 |
| <b>1.6.2.4 Revisión del protocolo de toma y preparación de muestras</b>      | 10 |
| <b>1.6.2.5 Seleccionar la técnica de muestreo para test prácticos</b>        | 10 |
| <b>1.6.2.6 Determinación de la cantidad de muestra inicial del compósito</b> | 11 |
| <b>1.6.2.7 Ejecución del proceso de muestreo</b>                             | 11 |
| <b>1.6.2.8 Envío y preparación de muestras</b>                               | 11 |
| <b>1.6.2.9 Recepción de resultados</b>                                       | 12 |
| 1.6.3. ETAPA N°3: VALIDACIÓN DEL PROTOCOLO DE MUESTREO                       | 12 |
| 1.6.4. ETAPA N°4: REDACCIÓN Y PRESENTACIÓN DE AVANCES                        | 12 |
| <b>1.7. TRABAJOS ANTERIORES</b>  | 13 |
| <b>1.8. AGRADECIMIENTOS</b>  | 16 |
| <br>   |    |
| <b>2. MARCO GEOLÓGICO REGIONAL</b>   | 17 |
| <b>2.1. GENERALIDADES</b>  | 17 |
| <b>2.2. ROCAS ESTRATIFICADAS</b>   | 19 |
| 2.2.1. CENOZOICO   | 19 |
| <b>2.2.1.1 Formación abanico</b>   | 19 |
| A. <u>Definición, distribución y relaciones estratigráficas</u>              | 19 |
| B. <u>Litología y Potencia</u>   | 21 |
| C. <u>Edad y Correlaciones Estratigráficas</u>                               | 22 |
| D. <u>Ambiente Depositacional</u>  | 23 |
| <b>2.2.1.2 Formación Farellones</b>  | 23 |
| A. <u>Definición, distribución y relaciones estratigráficas</u>              | 23 |
| B. <u>Litología y Potencia</u>   | 24 |
| C. <u>Edad y Correlaciones Estratigráficas</u>                               | 25 |
| D. <u>Ambiente Depositacional</u>  | 26 |
| 2.2.2. CUATERNARIO   | 26 |

|                |  |    |
|----------------|--|----|
| 2.2.2.1        | Depósitos no consolidados                        | 26 |
| <b>2.3.</b>    | <b>ROCAS INTRUSIVAS</b>                          | 26 |
| 2.3.1.         | INTRUSIVOS MIOCÉNICOS                            | 26 |
| 2.3.2.         | CUERPOS SUBVOLCÁNICOS MIOCENO TARDÍO AL PLIOCENO | 27 |
| <b>2.4.</b>    | <b>MARCO METALOGÉNÉTICO</b>                      | 27 |
| <b>2.5.</b>    | <b>TECTÓNICA REGIONAL</b>                        | 29 |
| <br>           |  |    |
| <b>3.</b>      | <b>MARCO GEOLÓGICO LOCAL</b>                     | 31 |
| <b>3.1.</b>    | <b>GENERALIDADES</b>                             | 31 |
| <b>3.2.</b>    | <b>ROCAS VOLCÁNICAS ESTRATIFICADAS</b>           | 36 |
| <b>3.3.</b>    | <b>ROCAS INTRUSIVAS</b>                          | 36 |
| 3.3.1.         | BATOLITO SAN FRANCISCO                           | 36 |
| <b>3.3.1.1</b> | <b>Unidad Cuarzomonzonita (QM)</b>               | 37 |
| <b>3.3.1.2</b> | <b>Unidad Cuarzomonzodiorita (QMD)</b>           | 38 |
| 3.3.2.         | CUERPOS INTRUSIVOS MENORES                       | 38 |
| <b>3.3.2.1</b> | <b>Pórfido Cuarzomonzodiorítico (PQMD)</b>       | 38 |
| <b>3.3.2.2</b> | <b>Pórfido Cuarzodiorítico (PQD)</b>             | 39 |
| <b>3.4.</b>    | <b>COMPLEJO DE BRECHAS</b>                       | 40 |
| 3.4.1.         | BRECHA ÍGNEA (BXIG)                              | 41 |
| 3.4.2.         | BRECHA DE BIOTITA-MAGNETITA (BXBM)               | 41 |
| 3.4.3.         | BRECHA DE BIOTITA (BXB)                          | 41 |
| 3.4.4.         | BRECHA FANTASMA (BXF)                            | 42 |
| 3.4.5.         | BRECHA CENTRAL (BXC)                             | 42 |
| 3.4.6.         | BRECHA OCCIDENTE (BXO)                           | 44 |
| 3.4.7.         | BRECHA INFIERNILLO (BXI)                         | 44 |
| 3.4.8.         | BRECHA ANHIDRITA (BXA)                           | 45 |
| 3.4.9.         | BRECHA GRIS FINA (BXG)                           | 45 |
| 3.4.10.        | BRECHA DONOSO (BXD)                              | 46 |
| <b>3.5.</b>    | <b>CHIMENEA DE BRECHA RIOLÍTICA (RIO)</b>        | 46 |
| <b>3.6.</b>    | <b>ALTERACIÓN HIDROTERMAL Y MINERALIZACIÓN</b>   | 47 |
| 3.6.1.         | ALTERACIÓN TEMPRANA                              | 47 |
| 3.6.2.         | ALTERACIÓN POTÁSICA                              | 47 |
| 3.6.3.         | ALTERACIÓN FÍLICA                                | 49 |
| 3.6.4.         | ALTERACIÓN PROPILÍTICA                           | 49 |
| 3.6.5.         | ALTERACIÓN ARGÍLICA INTERMEDIA                   | 49 |
| 3.6.6.         | ALTERACIÓN ARGÍLICA AVANZADA INCIPIENTE          | 50 |
| 3.6.7.         | ALTERACIÓN Y MINERALIZACIÓN SUPÉRGENA            | 50 |
| <b>3.7.</b>    | <b>ESTRUCTURAS</b>                               | 50 |
| <br>           |  |    |
| <b>4.</b>      | <b>MARCO TEÓRICO</b>                             | 54 |
| <b>4.1.</b>    | <b>INTRODUCCIÓN AL MUESTREO MINERO</b>           | 54 |
| <b>4.2.</b>    | <b>DEFINICIONES BÁSICAS</b>                      | 55 |
| 4.2.1.         | POBLACIÓN  | 55 |
| 4.2.2.         | INCREMENTO                                       | 55 |
| 4.2.3.         | MUESTRA  | 55 |
| <b>4.2.3.1</b> | <b>Muestra Inicial o Primaria</b>                | 56 |

|                                   |   |    |
|-----------------------------------|---|----|
| 4.2.3.2                           | <b>Submuestra o Muestra Secundaria</b>          | 56 |
| 4.2.3.3                           | <b>Muestra Compuesta</b>                        | 56 |
| 4.2.3.4                           | <b>Muestra para Análisis Químico</b>            | 56 |
| 4.2.3.5                           | <b>Muestra para Análisis Granulométrico</b>     | 56 |
| 4.2.3.6                           | <b>Muestra para Análisis Mineralógico</b>       | 57 |
| 4.2.3.7                           | <b>Duplicado</b>                                | 57 |
| 4.2.3.8                           | <b>Estándar</b>                                 | 57 |
| 4.2.4.                            | <b>ESPÉCIMEN</b>                                | 57 |
| 4.2.5.                            | <b>MUESTREO</b>                                 | 57 |
| 4.2.5.1                           | <b>Muestreo Probabilístico</b>                  | 58 |
| A.                                | <u>Muestreo Aleatorio Simple</u>                | 58 |
| B.                                | <u>Muestreo aleatorio Sistemático</u>           | 58 |
| C.                                | <u>Muestreo Aleatorio Estratificado</u>         | 58 |
| D.                                | <u>Muestreo aleatorio de conglomerados</u>      | 59 |
| 4.2.5.2                           | <b>Muestreo No Probabilístico</b>               | 59 |
| 4.2.6.                            | <b>PROTOCOLO DE MUESTREO</b>                    | 59 |
| 4.2.7.                            | <b>RECHAZO</b>                                  | 60 |
| 4.2.8.                            | <b>TAMAÑO DE FRAGMENTOS (DA)</b>                | 60 |
| 4.2.9.                            | <b>TAMAÑO NOMINAL DE FRAGMENTOS (D95)</b>       | 60 |
| 4.2.10.                           | <b>COMPONENTE CRITICO (AL Ó AS)</b>             | 60 |
| 4.2.11.                           | <b>VARIABLES</b>                                | 60 |
| 4.2.12.                           | <b>REPETIBILIDAD Y REPRODUCTIBILIDAD</b>        | 61 |
| 4.2.13.                           | <b>EXACTITUD Y PRECISIÓN</b>                    | 61 |
| 4.2.14.                           | <b>SEGREGACIÓN</b>                              | 61 |
| 4.2.15.                           | <b>HETEROGENEIDAD</b>                           | 61 |
| 4.2.15.1                          | <b>Heterogeneidad de Constitución (HC)</b>      | 62 |
| 4.2.15.2                          | <b>Heterogeneidad de Distribución (HD)</b>      | 62 |
| A.                                |   |    |
| 4.2.16.                           | <b>SESGO</b>                                    | 63 |
| 4.2.17.                           | <b>ERROR DE MUESTREO</b>                        | 63 |
| 4.2.17.1                          | <b>Error Fundamental (EF)</b>                   | 63 |
| 4.2.17.2                          | <b>Error de Agrupación y Segregación (GE)</b>   | 64 |
| 4.2.17.3                          | <b>Error de delimitación de incremento (DE)</b> | 64 |
| 4.2.17.4                          | <b>Error de extracción de incrementos (EE)</b>  | 64 |
| 4.2.17.5                          | <b>Error de preparación (PE)</b>                | 64 |
| A.                                | <u>Error por contaminación</u>                  | 64 |
| B.                                | <u>Error por pérdida</u>                        | 65 |
| C.                                | <u>Error por alteración</u>                     | 65 |
| D.                                | <u>Error humano</u>                             | 65 |
| E.                                | <u>Fraude y sabotaje</u>                        | 65 |
| 4.2.17.6                          | <b>Error Analítico</b>                          | 65 |
| 4.2.17.7                          | <b>Error de Interpolación</b>                   | 65 |
| 4.2.17.8                          | <b>Error de Ponderación</b>                     | 65 |
| 4.2.17.9                          | <b>Error Periódico</b>                          | 65 |
| <b>4.3. ECUACIÓN DE PIERRE GY</b> |   | 66 |
| 4.3.1.                            | <b>FACTORES DE LA CONSTANTE DE MUESTREO</b>     | 67 |
| 4.3.1.1                           | <b>Factor de Forma (<math>f\alpha</math>)</b>   | 68 |

|           |   |           |
|-----------|---|-----------|
| 4.3.1.2   | Factor Granulométrico ( $\alpha$ )                            | 68        |
| 4.3.1.3   | Factor de Constitución Mineralógica ( $\alpha$ )              | 69        |
| 4.3.1.4   | Factor de Liberación ( $\alpha$ )                             | 70        |
| 4.3.2.    | TEST DE HETEROGENEIDAD  | 71        |
| 4.3.2.1   | Construcción de Nomogramas                                    | 76        |
| 4.3.2.2   | Procesos de Preparación de muestras                           | 77        |
| A.        | <u>Secado al aire</u>   | 77        |
| B.        | <u>Chancado</u>   | 78        |
| C.        | <u>Tamizaje</u>   | 78        |
| D.        | <u>Selección de fragmentos</u>                                | 79        |
| E.        | <u>Paleofraccionado, reducción másica y cuarteo</u>           | 79        |
| F.        | <u>Pulverizado</u>  | 79        |
| <b>5.</b> | <b>UNIDADES LITOLÓGICAS</b>                                   | <b>80</b> |
| 5.1.      | GENERALIDADES   | 80        |
| 5.2.      | CRITERIOS DE AGRUPACIÓN                                       | 81        |
| 5.2.1.    | GÉNESIS   | 81        |
| 5.2.2.    | LEY DE COBRE  | 82        |
| 5.2.3.    | PROCEDENCIA DE LOS CLASTOS                                    | 82        |
| 5.2.4.    | CONSTITUCIÓN DE LA MATRIZ                                     | 83        |
| 5.2.5.    | VOLUMEN Y DISTRIBUCIÓN  | 84        |
| 5.2.6.    | TESTIGOS DE SONDAJE   | 84        |
| 5.3.      | AGRUPACIÓN DEL COMPLEJO DE BRECHAS                            | 84        |
| <b>6.</b> | <b>TEST DE HETEROGENEIDAD</b>                                 | <b>87</b> |
| 6.1.      | GENERALIDADES   | 87        |
| 6.2.      | DEFINICIÓN DE LA CANTIDAD DE MUESTRA                          | 87        |
| 6.3.      | SELECCIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE MUESTREO                       | 87        |
| 6.4.      | ESTUDIO DE HETEROGENIDAD                                      | 93        |
| 6.4.1.    | TOMA Y PREPARACIÓN DE MUESTRAS                                | 93        |
| 6.4.2.    | SONDAJES DISPONIBLES PARA ESTUDIO DE HETEROGENEIDAD           | 93        |
| 6.4.3.    | DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA                                      | 94        |
| 6.4.4.    | DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA                                      | 95        |
| 6.4.5.    | DETERMINACIÓN DE ELEMENTOS QUÍMICOS                           | 96        |
| 6.4.6.    | SELECCIÓN DE TRAMOS DE SONDAJE                                | 96        |
| 6.4.6.1   | Selección de tramos de sondaje para la Unidad Cuarzomonzonita | 97        |
| 6.4.6.2   | Selección de tramos de sondaje para la Unidad Brecha Donoso   | 99        |
| 6.4.6.3   | Selección de tramos de sondaje para el grupo brechas centro   | 100       |
| 6.4.6.4   | Selección de tramos de sondaje para el grupo brechas sur      | 102       |
| 6.4.7.    | PREPARACIÓN DE MUESTRAS PARA TEST DE HETEROGENEIDAD           | 104       |
| 6.4.8.    | PREPARACIÓN MECÁNICA PARA TEST DE HETEROGENEIDAD              | 105       |
| 6.4.8.1   | Procedimiento y resultados por unidad o grupo                 | 105       |

|   |            |
|---|------------|
| A. <u>Etapa A: Recepción y pesaje</u>   | 105        |
| B. <u>Etapa B: Secado y pesaje</u>  | 106        |
| C. <u>Etapa C: Chancado y pesaje</u>  | 106        |
| D. <u>Etapa D: Tamizaje y pesaje</u>  | 107        |
| E. <u>Etapa E: Selección de fragmentos para test de heterogeneidad (fracción B)</u> | 109        |
| F. <u>Fracciones Restantes</u>  | 111        |
| G. <u>Despacho y Control de Calidad</u>   | 113        |
| <br>  |            |
| <b>7. ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD</b>   | <b>115</b> |
| <b>7.1. GENERALIDADES</b>   | <b>115</b> |
| <b>7.2. EVALUACIÓN ESTADÍSTICAS DE LOS ESTANDARES</b>                               | <b>115</b> |
| 7.2.1. ESTÁNDARES   | 115        |
| <b>7.2.1.1 Cobre</b>  | <b>115</b> |
| A. <u>Precisión</u>   | 116        |
| B. <u>Exactitud</u>   | 116        |
| <b>7.2.1.2 Molibdeno</b>  | <b>117</b> |
| A. <u>Precisión</u>   | 118        |
| B. <u>Exactitud</u>   | 118        |
| <b>7.2.1.3 Arsénico</b>   | <b>119</b> |
| A. <u>Precisión</u>   | 120        |
| B. <u>Exactitud</u>   | 120        |
| <b>7.3. DUPLICADOS DE PREPARACIÓN</b>   | <b>121</b> |
| 7.3.1. COBRE  | 121        |
| 7.3.2. MOLIBDENO  | 124        |
| 7.3.3. ARSÉNICO   | 126        |
| <b>7.4. ERRORES DE PREPARACIÓN Y ANÁLISIS QUÍMICO</b>                               | <b>128</b> |
| <b>7.5. BLANCOS</b>   | <b>129</b> |
| <br>  |            |
| <b>8. ANÁLISIS DE RESULTADOS</b>  | <b>130</b> |
| <b>8.1. GENERALIDADES</b>   | <b>130</b> |
| <b>8.2. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO</b>   | <b>130</b> |
| 8.2.1. CUARZOMONZONITA  | 130        |
| 8.2.2. BRECHA DONOSO  | 131        |
| 8.2.3. GRUPO BRECHAS CENTRO   | 132        |
| 8.2.4. GRUPO BRECHAS SUR  | 133        |
| <b>8.3. TEST DE HETEROGENEIDAD</b>  | <b>134</b> |
| 8.3.1. CUARZOMONZONITA  | 135        |
| 8.3.2. BRECHA DONOSO  | 136        |
| 8.3.3. GRUPO BRECHAS CENTRO   | 137        |
| 8.3.4. GRUPO BRECHAS SUR  | 139        |
| <b>8.4. CONSTANTES DE MUESTREO</b>  | <b>140</b> |
| 8.4.1. CUARZOMONZONITA  | 140        |
| <b>8.4.1.1 Protocolos de muestreo</b>   | <b>142</b> |
| A. <u>Sondaje in fill</u>   | 142        |
| B. <u>Sondaje diamantino</u>  | 143        |

|   |     |
|---|-----|
| C. <u>Sondaje de aire reverso</u>                             | 145 |
| D. <u>Pozo de tronadura</u>                                   | 147 |
| 8.4.2. BRECHA DONOSO  | 149 |
| <b>8.4.2.1 Protocolos de muestreo</b>                         | 149 |
| A. <u>Sondaje in fill</u>                                     | 149 |
| B. <u>Sondaje diamantino</u>                                  | 152 |
| C. <u>Sondaje de aire reverso</u>                             | 153 |
| D. <u>Pozo de tronadura</u>                                   | 155 |
| 8.4.3. GRUPO BRECHAS CENTRO                                   | 157 |
| <b>8.4.3.1 Protocolos de muestreo</b>                         | 158 |
| A. <u>Sondaje in fill</u>                                     | 158 |
| B. <u>Sondaje diamantino</u>                                  | 160 |
| C. <u>Sondaje de aire reverso</u>                             | 161 |
| D. <u>Pozo de tronadura</u>                                   | 163 |
| 8.4.4. GRUPO BRECHAS SUR                                      | 165 |
| <b>8.4.4.1 Protocolos de muestreo</b>                         | 166 |
| A. <u>Sondaje in fill</u>                                     | 166 |
| B. <u>Sondaje diamantino</u>                                  | 168 |
| C. <u>Sondaje de aire reverso</u>                             | 169 |
| D. <u>Pozo de tronadura</u>                                   | 171 |
| <b>8.5. FACTORES DE LA CONSTANTE DE MUESTRO</b>               | 173 |
| <b>9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>                      | 175 |
| <b>9.1. TRATAMIENTO Y PREPARACIÓN DE MUESTRAS</b>             | 175 |
| <b>9.2. ANÁLISIS QUÍMICOS</b>                                 | 175 |
| <b>9.3. LEYES MEDIAS PARA CADA UNA DE LAS SEIS FRACCIONES</b> | 176 |
| <b>9.4. ERROR ANALÍTICO</b>                                   | 177 |
| <b>9.5. LAS CONSTANTES DE MUESTREO</b>                        | 177 |
| <b>9.6. ERROR FUNDAMENTAL</b>                                 | 179 |
| <b>REFERENCIAS</b>  | 182 |
| <b>LÁMINAS</b>  | 193 |
| <b>ANEXOS</b>   | 221 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

| <b>Figura</b>   | <b>Página</b> |
|---|---------------|
| 1. 1. Mapa de ubicación y accesos la División los Bronces.              | 5             |
| 1. 2. Modelo de elevación digital del área Los Bronces-Andina.          | 8             |
| 1. 3. Diagrama de flujo resumen de las etapa 2.                         | 12            |
| 2. 1. Mapas representativo y geológico relacionados al área de estudio. | 17            |
| 2. 2. Geología regional del área de estudio.                            | 20            |
| 2. 3. Sub- Franja Metalogénica Neógena de Chile Central.                | 29            |

|       |   |     |
|-------|---|-----|
| 2. 4. | Patrón estructural de la franja cuprífera del Mioceno a Plioceno temprano   | 30  |
| 3. 1. | Mapa geológico simplificado del distrito.   | 32  |
| 3. 2. | Mapa y perfil esquemático de la Geología de Operación Los Bronces.  | 33  |
| 3. 3. | Diagrama tectónico esquemático en el área de Los Bronces a partir del Mioceno inferior.   | 34  |
| 3. 4. | Diagrama QAP de Streckeisen (1979) para el batolito San Francisco.  | 37  |
| 3. 5. | Tipos de Brechas, descritas por Warnaaars <i>et al.</i> (1985).   | 43  |
| 3. 6. | Esquema general de las estructuras principales y mayores del sector Los Bronces.  | 52  |
| 3. 7. | Dominios estructurales descritos por Carrizo.   | 53  |
| 4. 1. | Nomograma de Pierre Gy en sondaje <i>in fill</i> .  | 77  |
| 6. 1. | Esquema de procedimiento para la obtención de muestra en frentes de tronadura.  | 88  |
| 6. 2. | Ejemplo de malla tronada N°149 correspondiente a la cota 3385, de la Unidad litológica Brecha Donoso.                                       | 89  |
| 6. 3. | Esquema vista frontal del frente de tronadura.  | 90  |
| 6. 4. | Frente de Tronadura, Operación minera Los Bronces.  | 91  |
| 6. 5. | Mapa geológico con la ubicación de los sondajes utilizados en este estudio.   | 97  |
| 7. 1. | Ley de cobre de las 16 muestras para cada muestra estándar 10.  | 117 |
| 7. 2. | Ley de cobre de las 16 muestras para cada muestra estándar 12.  | 117 |
| 7. 3. | Ley de molibdeno de las 16 muestras para cada muestra estándar 10.  | 119 |
| 7. 4. | Ley de molibdeno de las 16 muestras para cada muestra estándar 12.  | 119 |
| 7. 5. | Ley de arsénico de las 16 muestras para el estándar 12.   | 121 |
| 7. 6. | Distribución y tendencia de los duplicados entorno al elemento de cobre.  | 122 |
| 7. 7. | Análisis químico de cobre en duplicados para la Unidad Cuarzomonzonita.   | 123 |
| 7. 8. | Análisis químico de cobre en duplicados para la Unidad Brecha Donoso.   | 123 |
| 7. 9. | Análisis químico de cobre en duplicados para el grupo brechas centro.   | 123 |
| 7.10. | Análisis químico de cobre en duplicados para el grupo brechas sur.  | 124 |
| 7.11. | Distribución y tendencia de los duplicados entorno al elemento de molibdeno.  | 125 |
| 7.12. | Análisis químico de molibdeno en duplicados para la Unidad Cuarzomonzonita.   | 125 |
| 7.13. | Análisis químico de molibdeno en duplicados para el grupo brechas centro.   | 125 |
| 7.14. | Análisis químico de molibdeno en duplicados para el grupo brechas sur.  | 126 |
| 7.15. | Distribución y tendencia de los duplicados entorno al elemento de arsénico.   | 127 |
| 7.16. | Análisis químico de molibdeno en duplicados para el grupo brechas sur.  | 127 |
| 7.17. | Análisis químico de molibdeno en duplicados para el grupo brechas sur.  | 127 |
| 7.18. | Análisis químico de molibdeno en duplicados para el grupo brechas sur.  | 128 |
| 7.19. | Análisis químico de molibdeno en duplicados para el grupo brechas sur.  | 128 |
| 8. 1. | Grafica de dispersión de los porcentajes de cobre, molibdeno y arsénico para Unidad Cuarzomonzonita en las seis fracciones granulométricas. | 131 |

|       |  |     |
|-------|--|-----|
| 8. 2. | Grafica de dispersión de los porcentajes de cobre y arsénico para Unidad Brecha Donoso en las seis fracciones granulométricas.               | 132 |
| 8. 3. | Grafica de dispersión de los porcentajes de cobre, molibdeno y arsénico para el grupo brechas centro en las seis fracciones granulométricas. | 133 |
| 8. 4. | Grafica de dispersión de los porcentajes de cobre, molibdeno y arsénico para Unidad Cuarzomonzonita en las seis fracciones granulométricas.  | 134 |
| 8. 5. | Distribución de las leyes del elemento de cobre en la Unidad Cuarzomonzonita.  | 135 |
| 8. 6. | Distribución de las leyes del elemento de molibdeno en la Unidad Brecha Cuarzomonzonita.   | 135 |
| 8. 7. | Distribución de las leyes del elemento de arsénico en la Unidad Brecha Cuarzomonzonita.  | 136 |
| 8. 8. | Distribución de las leyes del elemento de cobre en la Unidad Brecha Donoso.  | 136 |
| 8. 9. | Distribución de las leyes del elemento de molibdeno en la Unidad Brecha Donoso.  | 137 |
| 8.10. | Distribución de las leyes del elemento de arsénico en la Unidad Brecha Donoso.   | 137 |
| 8.11. | Distribución de las leyes del elemento de cobre en el grupo brechas centro.  | 138 |
| 8.12. | Distribución de las leyes del elemento de molibdeno en el grupo brechas centro.  | 138 |
| 8.13. | Distribución de las leyes del elemento de arsénico en el grupo brechas centro.   | 138 |
| 8.14. | Distribución de las leyes del elemento de cobre en el grupo brechas sur.   | 139 |
| 8.15. | Distribución de las leyes del elemento de molibdeno en el grupo brechas sur.   | 139 |
| 8.16. | Distribución de las leyes del elemento de arsénico en el grupo brechas sur.  | 140 |
| 8.17. | Nomograma del protocolo de muestro en sondaje <i>in fill</i> para la Unidad Cuarzomonzonita en los tres elementos de interés.                | 143 |
| 8.18. | Nomograma del protocolo de muestreo en sondaje diamantino para la Unidad Cuarzomonzonita en los tres elementos de interés.                   | 145 |
| 8.19. | Nomograma del protocolo de muestreo en sondaje de aire reverso para la Unidad Cuarzomonzonita en los tres elementos de interés.              | 146 |
| 8.20. | Nomograma del protocolo de muestreo en pozo de tronadura para la Unidad Cuarzomonzonita en los tres elementos de interés.                    | 148 |
| 8.21. | Nomograma del protocolo de muestro en sondaje <i>in fill</i> para la Unidad Brecha Donoso en los tres elementos de interés.                  | 151 |
| 8.22. | Nomograma del protocolo de muestreo en sondaje diamantino para la Unidad Brecha Donoso en los tres elementos de interés.                     | 153 |
| 8.23. | Nomograma del protocolo de muestreo en sondaje de aire reverso para la Unidad Brecha Donoso en los tres elementos de interés.                | 155 |
| 8.24. | Nomograma del protocolo de muestreo en pozo de tronadura para la Unidad Brecha Donoso en los tres elementos de interés.                      | 156 |

|       |   |     |
|-------|---|-----|
| 8.25. | Nomograma del protocolo de muestro en sondaje <i>in fill</i> para el grupo brechas centro en los tres elementos de interés.   | 159 |
| 8.26. | Nomograma del protocolo de muestreo en sondaje diamantino para el grupo brechas centro en los tres elementos de interés.      | 161 |
| 8.27. | Nomograma del protocolo de muestreo en sondaje de aire reverso para el grupo brechas centro en los tres elementos de interés. | 163 |
| 8.28. | Nomograma del protocolo de muestreo en pozo de tronadura para el grupo brechas centro en los tres elementos de interés.       | 164 |
| 8.29. | Nomograma del protocolo de muestro en sondaje <i>in fill</i> para el grupo brechas sur en los tres elementos de interés.      | 167 |
| 8.30. | Nomograma del protocolo de muestreo en sondaje diamantino para el grupo brechas sur en los tres elementos de interés.         | 169 |
| 8.31. | Nomograma del protocolo de muestreo en sondaje de aire reverso para el grupo brechas sur en los tres elementos de interés.    | 171 |
| 8.32. | Nomograma del protocolo de muestreo en pozo de tronadura para el grupo brechas sur en los tres elementos de interés.          | 172 |

## ÍNDICE DE TABLAS

| <b>TABLA</b> |   | <b>Página</b> |
|--------------|---|---------------|
| 4. 1.        | Ejemplo de protocolo de preparación de muestras para sondajes <i>in fill</i> .  | 75            |
| 4. 2.        | Ejemplo de cálculo estadístico del error fundamental para el elemento cobre en sondaje <i>in fill</i> .                         | 76            |
| 4. 3.        | Sistema de tamices “Serie Tyler” utilizados en esta investigación.  | 78            |
| 5. 1.        | Características principales de las unidades de Brecha del yacimiento.   | 83            |
| 5. 2.        | Características principales de las unidades de Brecha del yacimiento y su similitud dispuesta en colores.                       | 85            |
| 6. 1.        | Distribución de las muestras ideales y corregidas entorno a los metros de sondaje correspondientes a la Unidad Cuarzomonzonita. | 98            |
| 6. 2.        | Listado de muestras seleccionadas para Unidad Cuarzomonzonita   | 99            |
| 6. 3.        | Listado de muestras seleccionadas para Unidad Brecha Donoso.  | 100           |
| 6. 4.        | Distribución de las muestras ideales y corregidas entorno a los metros de sondaje correspondientes al grupo brechas centro.     | 101           |
| 6. 5.        | Listado de muestras seleccionadas para el grupo brechas centro.   | 101           |
| 6. 6.        | Distribución de las muestras ideales y corregidas entorno a los metros de sondaje correspondientes al grupo brechas sur.        | 102           |
| 6. 7.        | Listado de muestras seleccionadas para el grupo brechas sur.  | 103           |
| 6. 8.        | Peso total húmedo en cada compósito.  | 105           |
| 6. 9.        | Peso total seco y porcentaje de humedad en cada compósito.  | 106           |
| 6.10.        | Peso total posterior al chancado y porcentaje de pérdida en cada compósito.   | 107           |
| 6.11.        | Granulometría para cada fracción.   | 107           |
| 6.12.        | Peso asignado a cada fracción para cada compósito.  | 108           |
| 6.13.        | Peso total posterior al tamizaje y porcentaje de pérdida en cada compósito.   | 108           |

|       |  |     |
|-------|--|-----|
| 6.14. | Peso total promedio y total de las 100 muestras para cada compósito.   | 110 |
| 6.15. | Peso total promedio por muestra posterior al pulverizado y porcentaje de perdida en cada compósito.                                  | 111 |
| 6.16. | Peso total fracción B' para cada compósito   | 111 |
| 6.17. | Masa total, número de lotes y masa de cada lote según fracción granulométrica y compósito.   | 112 |
| 6.18. | Masa total, número de lotes y masa de cada lote según fracción granulométrica y compósito.   | 113 |
| 7. 1. | Evaluación estadística de los estándares 10 y 12.  | 116 |
| 7. 2. | Evaluación estadística de los estándares 10 y 12.  | 118 |
| 7. 3. | Evaluación estadística de los estándares 12.   | 120 |
| 7. 4. | Evaluación estadística de las 24 muestras para cobre   | 122 |
| 7. 5. | Evaluación estadística de las 24 muestras para molibdeno.  | 124 |
| 7. 6. | Evaluación estadística de las 24 muestras para arsénico.   | 126 |
| 7. 7. | Análisis del error de preparación y analítico.   | 129 |
| 8. 1. | Resumen estadístico Unidad Cuarzomonzonita.  | 141 |
| 8. 2. | Variables necesarias para el cálculo de las constantes C y K para cada uno de los elementos de interés en la Unidad Cuarzomonzonita. | 141 |
| 8. 3. | Calculo estadístico del error fundamental para el elemento cobre en sondaje <i>in fill</i> para la Unidad Cuarzomonzonita.           | 142 |
| 8. 4. | Calculo estadístico del error fundamental para el elemento molibdeno en sondaje <i>in fill</i> para la Unidad Cuarzomonzonita.       | 142 |
| 8. 5. | Calculo estadístico del error fundamental para el elemento arsénico en sondaje <i>in fill</i> para la Unidad Cuarzomonzonita.        | 143 |
| 8. 6. | Calculo estadístico del error fundamental para el elemento cobre en sondaje diamantino para la Unidad Cuarzomonzonita.               | 144 |
| 8. 7. | Calculo estadístico del error fundamental para el elemento molibdeno en sondaje diamantino para la Unidad Cuarzomonzonita.           | 144 |
| 8. 8. | Calculo estadístico del error fundamental para el elemento arsénico en sondaje diamantino para la Unidad Cuarzomonzonita.            | 144 |
| 8. 9. | Calculo estadístico del error fundamental para el elemento cobre en sondaje de aire reverso para la Unidad Cuarzomonzonita.          | 145 |
| 8.10. | Calculo estadístico del error fundamental para el elemento molibdeno en sondaje de aire reverso para la Unidad Cuarzomonzonita.      | 146 |
| 8.11. | Calculo estadístico del error fundamental para el elemento arsénico en sondaje de aire reverso para la Unidad Cuarzomonzonita.       | 146 |
| 8.12. | Calculo estadístico del error fundamental para el elemento cobre en pozo de tronadura para la Unidad Cuarzomonzonita.                | 147 |
| 8.13. | Calculo estadístico del error fundamental para el elemento molibdeno en pozo de tronadura para la Unidad Cuarzomonzonita.            | 147 |
| 8.14. | Calculo estadístico del error fundamental para el elemento arsénico en pozo de tronadura para la Unidad Cuarzomonzonita.             | 148 |
| 8.15. | Resumen estadístico Unidad Brecha Donoso.  | 149 |
| 8.16. | Variables necesarias para el cálculo de las constantes C y K para cada uno de los elementos de interés en la Unidad Brecha Donoso.   | 149 |

|       |  |     |
|-------|--|-----|
| 8.17. | Calculo estadístico del error fundamental para el elemento cobre en sondaje <i>in fill</i> para la Unidad Brecha Donoso.           | 150 |
| 8.18. | Calculo estadístico del error fundamental para el elemento molibdeno en sondaje <i>in fill</i> para la Unidad Brecha Donoso.       | 150 |
| 8.19. | Calculo estadístico del error fundamental para el elemento arsénico en sondaje <i>in fill</i> para la Unidad Brecha Donoso.        | 151 |
| 8.20. | Calculo estadístico del error fundamental para el elemento cobre en sondaje diamantino para la Unidad Brecha Donoso.               | 152 |
| 8.21. | Calculo estadístico del error fundamental para el elemento molibdeno en sondaje diamantino para la Unidad Brecha Donoso.           | 152 |
| 8.22. | Calculo estadístico del error fundamental para el elemento arsénico en sondaje diamantino para la Unidad Brecha Donoso.            | 152 |
| 8.23. | Calculo estadístico del error fundamental para el elemento cobre en sondaje de aire reverso para la Unidad Brecha Donoso.          | 154 |
| 8.24. | Calculo estadístico del error fundamental para el elemento molibdeno en sondaje de aire reverso para la Unidad Brecha Donoso.      | 154 |
| 8.25. | Calculo estadístico del error fundamental para el elemento arsénico en sondaje de aire reverso para la Unidad Brecha Donoso.       | 154 |
| 8.26. | Calculo estadístico del error fundamental para el elemento cobre en pozo de tronadura para la Unidad Brecha Donoso.                | 155 |
| 8.27. | Calculo estadístico del error fundamental para el elemento molibdeno en pozo de tronadura para la Unidad Brecha Donoso.            | 156 |
| 8.28. | Calculo estadístico del error fundamental para el elemento arsénico en pozo de tronadura para la Unidad Brecha Donoso.             | 156 |
| 8.29. | Resumen estadístico grupo brechas centro.  | 157 |
| 8.30. | Variables necesarias para el cálculo de las constantes C y K para cada uno de los elementos de interés en el grupo brechas centro. | 157 |
| 8.31. | Calculo estadístico del error fundamental para el elemento cobre en sondaje <i>in fill</i> para el grupo brechas centro.           | 158 |
| 8.32. | Calculo estadístico del error fundamental para el elemento molibdeno en sondaje <i>in fill</i> para el grupo brechas centro.       | 158 |
| 8.33. | Calculo estadístico del error fundamental para el elemento arsénico en sondaje <i>in fill</i> para el grupo brechas centro.        | 159 |
| 8.34. | Calculo estadístico del error fundamental para el elemento cobre en sondaje diamantino para el grupo brechas centro.               | 160 |
| 8.35. | Calculo estadístico del error fundamental para el elemento molibdeno en sondaje diamantino para el grupo brechas centro.           | 160 |
| 8.36. | Calculo estadístico del error fundamental para el elemento arsénico en sondaje diamantino para el grupo brechas centro.            | 160 |
| 8.37. | Calculo estadístico del error fundamental para el elemento cobre en sondaje de aire reverso para el grupo brechas centro.          | 162 |
| 8.38. | Calculo estadístico del error fundamental para el elemento molibdeno en sondaje de aire reverso para el grupo brechas centro.      | 162 |
| 8.39. | Calculo estadístico del error fundamental para el elemento arsénico en sondaje de aire reverso para el grupo brechas centro.       | 162 |

|       |   |     |
|-------|---|-----|
| 8.40. | Calculo estadístico del error fundamental para el elemento cobre en pozo de tronadura para el grupo brechas centro.                       | 163 |
| 8.41. | Calculo estadístico del error fundamental para el elemento molibdeno en pozo de tronadura para el grupo brechas centro.                   | 164 |
| 8.42. | Calculo estadístico del error fundamental para el elemento arsénico en pozo de tronadura para el grupo brechas centro.                    | 164 |
| 8.43. | Resumen estadístico grupo brechas sur.  | 165 |
| 8.44. | VARIABLES NECESARIAS PARA EL CÁLCULO DE LAS CONTANTES $C_{\alpha}$ Y K PARA CADA UNO DE LOS ELEMENTOS DE INTERÉS EN EL GRUPO BRECHAS SUR. | 165 |
| 8.45. | Calculo estadístico del error fundamental para el elemento cobre en sondaje <i>in fill</i> para el grupo brechas sur.                     | 166 |
| 8.46. | Calculo estadístico del error fundamental para el elemento molibdeno en sondaje <i>in fill</i> para el grupo brechas sur.                 | 166 |
| 8.47. | Calculo estadístico del error fundamental para el elemento arsénico en sondaje <i>in fill</i> para el grupo brechas sur.                  | 167 |
| 8.48. | Calculo estadístico del error fundamental para el elemento cobre en sondaje diamantino para el grupo brechas sur.                         | 168 |
| 8.49. | Calculo estadístico del error fundamental para el elemento molibdeno en sondaje diamantino para el grupo brechas sur.                     | 168 |
| 8.50. | Calculo estadístico del error fundamental para el elemento arsénico en sondaje diamantino para el grupo brechas sur.                      | 168 |
| 8.51. | Calculo estadístico del error fundamental para el elemento cobre en sondaje de aire reverso para el grupo brechas sur.                    | 170 |
| 8.52. | Calculo estadístico del error fundamental para el elemento molibdeno en sondaje de aire reverso para el grupo brechas sur.                | 170 |
| 8.53. | Calculo estadístico del error fundamental para el elemento arsénico en sondaje de aire reverso para el grupo brechas sur.                 | 170 |
| 8.54. | Calculo estadístico del error fundamental para el elemento cobre en pozo de tronadura para el grupo brechas sur.                          | 171 |
| 8.55. | Calculo estadístico del error fundamental para el elemento molibdeno en pozo de tronadura para el grupo brechas sur.                      | 172 |
| 8.56. | Calculo estadístico del error fundamental para el elemento arsénico en pozo de tronadura para el grupo brechas sur.                       | 172 |
| 8.57. | Densidad y porcentaje de los minerales que contienen los elementos de interés.  | 173 |
| 8.58. | Resumen de los valores de los diferentes factores de la constante de muestreo para los elementos de interés en la Unidad Cuarzomonzonita. | 173 |
| 8.59. | Resumen de los valores de los diferentes factores de la constante de muestreo para los elementos de interés en la Unidad Brecha Donoso.   | 173 |
| 8.60. | Resumen de los valores de los diferentes factores de la constante de muestreo para los elementos de interés en el grupo brechas centro.   | 174 |
| 8.61. | Resumen de los valores de los diferentes factores de la constante de muestreo para los elementos de interés en el grupo brechas sur.      | 174 |
| 9. 1. | Resumen del valor calculado para las constantes de muestreo.  | 178 |
| 9. 2. | Resumen del valor del error fundamental para el protocolo de toma y preparación de muestras en sondajes <i>in fill</i> .                  | 179 |

|       |  |     |
|-------|--|-----|
| 9. 3. | Resumen del valor del error fundamental para el protocolo de toma y preparación de muestras en sondajes diamantinos.     | 179 |
| 9. 4. | Resumen del valor del error fundamental para el protocolo de toma y preparación de muestras en sondajes de aire reverso. | 179 |
| 9. 5. | Resumen del valor del error fundamental para el protocolo de toma y preparación de muestras en pozo de tronadura.        | 179 |



## RESUMEN

Tanto el muestreo como la técnica empleada para el mismo, son de trascendental importancia para la industria minera, ya que la gran mayoría de las decisiones de carácter económico, viabilidad y factibilidad de un proyecto, se deciden y ejecutan sobre la base las propiedades y/o atributos extrapolados a partir las muestras para todo el yacimiento.

El rol que juega la geología en esta materia es esencial, ya que de la identificación de diferentes unidades litológicas en función de sus particularidades, permiten caracterizar de forma acabada el yacimiento a explotar. Al describir el depósito, es factible poder optimizar los diferentes procesos mineros, como por ejemplo: la extracción de recursos, estimación de reservas, entre otros aspectos.

Esta investigación, contribuye a caracterizar la heterogeneidad de diversas unidades litológicas del yacimiento Los Bronces, con la finalidad de validar el actual protocolo de toma y preparación de muestras de la Operación. Para lograr este objetivo se realiza: un seguimiento y documentación del actual protocolo de muestreo; una amplia descripción tanto macroscópica como microscópica de diversos testigos de sondaje, secciones transparentes y pulidos de roca; cuatro *test* prácticos de heterogeneidad en las unidades litológicas implicadas en el plan *budget* para el quinquenio (2015-2019); y un conjunto de análisis químicos que permiten integrar todos los resultados y desarrollar conclusiones significativas.

En función del análisis de los resultados obtenidos (constantes de muestreo, error fundamental, cantidad de muestra idónea, etc.), se concluye sobre la validez del protocolo actual de toma y preparación de muestras de la operación, se resalta la importancia económica del muestreo e identifican posibles pérdidas económicas al efectuar un procedimiento de muestreo incorrecto.

## 1. INTRODUCCIÓN

Todo proyecto minero tiene como necesidad primaria y fundamental la óptima caracterización de las propiedades del depósito a explotar. Para ello se requiere conocer las menas de interés y el tipo de rocas en las cuales se aloja la mineralización. Sin embargo, y dado que no es posible someter todo el yacimiento en su conjunto a un estudio de sus atributos, se hace prioritario obtener un conjunto de muestras que represente a cabalidad las particularidades del depósito, las que a su vez permitan extrapolar dichos atributos a todo el yacimiento. Esta extrapolación de caracteres adquiere una importancia significativa en materia económica, dado que bajo ella se sustentan la mayoría de las decisiones de un proyecto minero desde la etapa de exploración hasta el cierre de la mina, lo que sin lugar a dudas, repercute de manera significativa en la viabilidad técnico-económica del mismo.

El área de estudio de este trabajo corresponde a la División Minera Los Bronces (Lámina I, Figuras A-G), propiedad de la Compañía Anglo American Chile S.A., situada aproximadamente a 65 km al noreste de la ciudad de Santiago, sobre la cordillera principal andina entre los 3.000 y 4.800 m s.n.m. Sector que corresponde al Distrito Minero Río Blanco-Los Bronces.

Este depósito, se caracteriza por la extracción de cobre y molibdeno de un conjunto de rocas asociadas al emplazamiento de un sistema complejo de brechas desarrollado durante el Mioceno temprano al Plioceno tardío (Toro *et al.*, 2012). Este conjunto de rocas son afectadas en forma disímil por diversas alteraciones sobreimpuestas (potásica, fílica, propilítica, argílica, etc.) y comprende un amplio número de brechas hidrotermales y, en menor medida, brechas ígneas e intrusiones porfídicas de diferentes composiciones (Waarnars *et al.*, 1985; Contreras, 2003; Toro *et al.*, 2012, entre otros). Otro aspecto importante a destacar es la distribución desigual de las litologías a lo largo del yacimiento.

Considerando lo señalado, el yacimiento posee un conjunto de características que le otorgan un carácter bastante heterogéneo, es que sumado a la necesidad de que la operación minera deba realizar predicciones precisas a partir de las muestras recolectadas, son motivos por los cuales la Superintendencia de Geología de Los Bronces, haya solicitado realizar un estudio y análisis de

la heterogeneidad para las unidades litológicas del yacimiento, con el fin de evaluar, validar y, de ser necesario, optimizar el protocolo actual de toma y preparación de muestras del depósito.

Para efecto de lo anterior, esta investigación desglosa en forma detallada cada uno los antecedentes, equipos, procedimientos y etapas para la elaboración de cuatro estudios prácticos de heterogeneidad en cada una de las unidades litológicas abarcadas, con la finalidad de obtener conclusiones precisas que permitan validar y asegurar la calidad del actual protocolo de toma y preparación de muestras y de los resultados analíticos posteriores.

## **1.1. OBJETIVOS**

### **1.1.1. OBJETIVO GENERAL**

Caracterizar la heterogeneidad de las unidades litológicas de la División Minera Los Bronces, con el fin de validar el protocolo actual de toma y preparación de muestras.

### **1.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Aplicar test prácticos de heterogeneidad
- Validar los diferentes protocolos de muestreo actuales.
- Determinar mecanismos de evaluación de la heterogeneidad para las unidades litológicas de la operación minera.
- Determinar de forma cuantitativa la constante de muestreo y error fundamental.
- Establecer procedimientos que minimicen el error fundamental.
- Determinar la cantidad de muestra idónea.
- Desarrollar la capacidad de trabajo efectivo y coordinado con equipos interdisciplinarios en diferentes áreas de la Geología.

## **1.2. ALCANCES Y RESTRICCIONES DEL ESTUDIO**

A partir de la litología altamente variable de la operación, se ha tomado como base bibliográfica la descripción litológica establecida principalmente por Waarnars *et al.* (1985) y el informe interno de la división realizado por Contreras (2003), ya que coinciden fielmente con lo

descrito macroscópicamente en testigos de sondaje y/o lo detallado microscópicamente en secciones pulido-transparente (Anexo II).

No obstante, de los numerosos cuerpos de brecha y unidades intrusivas descritas en el tercer capítulo denominado Marco Geológico Local, la Superintendencia de Geología determinó, que el estudio se debe ejecutar sólo sobre las siguientes unidades litológicas: Unidad Cuarzomonzonita, Brecha Donoso, Brecha Central, Brecha Infiernillo, Brecha Occidental, Brecha Fantasma y Brecha Anhidrita. Lo anterior, en función de la distribución, exposición, volumen, características principales y cantidad de material disponible de cada unidad litológica (testigos de sondaje), en conjunto con la evaluación del plan *Budget* de la división para los próximos cinco años, la viabilidad práctica del estudio considerando la cantidad de tiempo disponible (seis meses), el costo económico que significará para la compañía y las líneas generales planteadas por la Superintendencia de Geología de Los Bronces.

En términos de la cantidad de test prácticos de heterogeneidad a ejecutar, la Superintendencia de Geología manifestó desde un comienzo que factores como: el alto costo económico de cada uno; la factibilidad de efectuar la investigación en el tiempo asignado para el estudio; y la amplia variedad litológica del yacimiento, impiden la aplicación de un test práctico de heterogeneidad para cada una de las unidades geológicas nombradas en el párrafo anterior. Por lo cual, solicita fijar el énfasis en el plan operacional del quinquenio (2015-2019), es decir, considerar la distribución, volumen y características de cada una de las unidades en torno al plan operacional.

En consecuencia, la Superintendencia de Geología pide hacer dos agrupaciones de las unidades litológicas. La primera agrupación contempla las unidades Brecha Infiernillo, Brecha Fantasma y Brecha de Anhidrita en el sector sur del depósito, denominando a este grupo “brechas sur”. La segunda a las unidades Brecha Central y Brecha Occidente en el sector centro del depósito, denominando a este grupo “brechas centro”. Cabe destacar que la justificación de la agrupación de los diferentes cuerpos de brecha se detalla en el capítulo cinco, pero en términos simples, se lleva a cabo sobre la base de su distribución, características y comportamiento.

Otro aspecto significativo a indicar es el descarte por medio de este estudio de la obtención de muestras a partir de frentes de tronadura con fines de caracterizar la heterogeneidad de una unidad litológica de este depósito en particular. Lo anterior se establece producto de las características intrínsecas del yacimiento, que impiden un muestreo equiprobable, sin sesgos, que admita analizar de forma válida el error fundamental. Lo mencionado se desglosa en forma acabada en el sexto capítulo.

Otra restricción, recae en la disponibilidad de testigos de sondaje de la Unidad litológica Brecha Donoso para este estudio, dado que solo se tiene la disponibilidad de un sondaje del sector norte del cuerpo de roca, el cual, logra completar los 300 kg necesarios para la aplicación del test, pero sin lugar dudas impacta en la representatividad de la unidad completa. Considerando lo señalado, se restringe la caracterización de la unidad a sólo la zona aledaña a este sondaje, con el fin de aportar los primeros antecedentes de la misma, lo que a su vez, impulse a nuevas investigaciones a futuro.

Por otro lado, y en función de preservar la privacidad y confidencialidad de datos, la Operación Minera Los Bronces emplea un sistema coordinado local de referencia geográfica para ubicar cualquier punto o plano dentro de la División.

### **1.3. UBICACIÓN Y ACCESOS**

La Operación Los Bronces, concierne al depósito Río Blanco-Los Bronces, situado sobre la Cordillera de los Andes, a 65 km al noreste de la ciudad de Santiago, Región Metropolitana, Chile. Sus coordenadas geográficas son: 33°08' Lat. S y 70°15' Long. O, equivalente a sus coordenadas UTM: 6.330.000 N - 6.334.000 N y 381.000 E - 383.000 E, pertenecientes al Huso 19 H del *Datum* PSAD 56, a una altura variable entre los 3.000 a los 4.800 m s.n.m. en el Valle de San Francisco (Lámina I, Figuras A-G).

Desde el centro de la ciudad de Santiago, se accede a la Operación Minera Los Bronces dirigiéndose al este, a la autopista denominada Costanera Norte, una vez en ella, se debe continuar hacia el oriente, manteniendo la misma dirección por la Avenida Las Condes. Esta ruta conduce al “camino a Farellones”, que dirige al Centro Invernal Farellones. Las vías mencionadas,

corresponden a caminos pavimentados y/o asfaltados, en buen estado, comprendiendo aproximadamente 34 km hasta la localidad de Corral Quemado (Figura 1.1.).

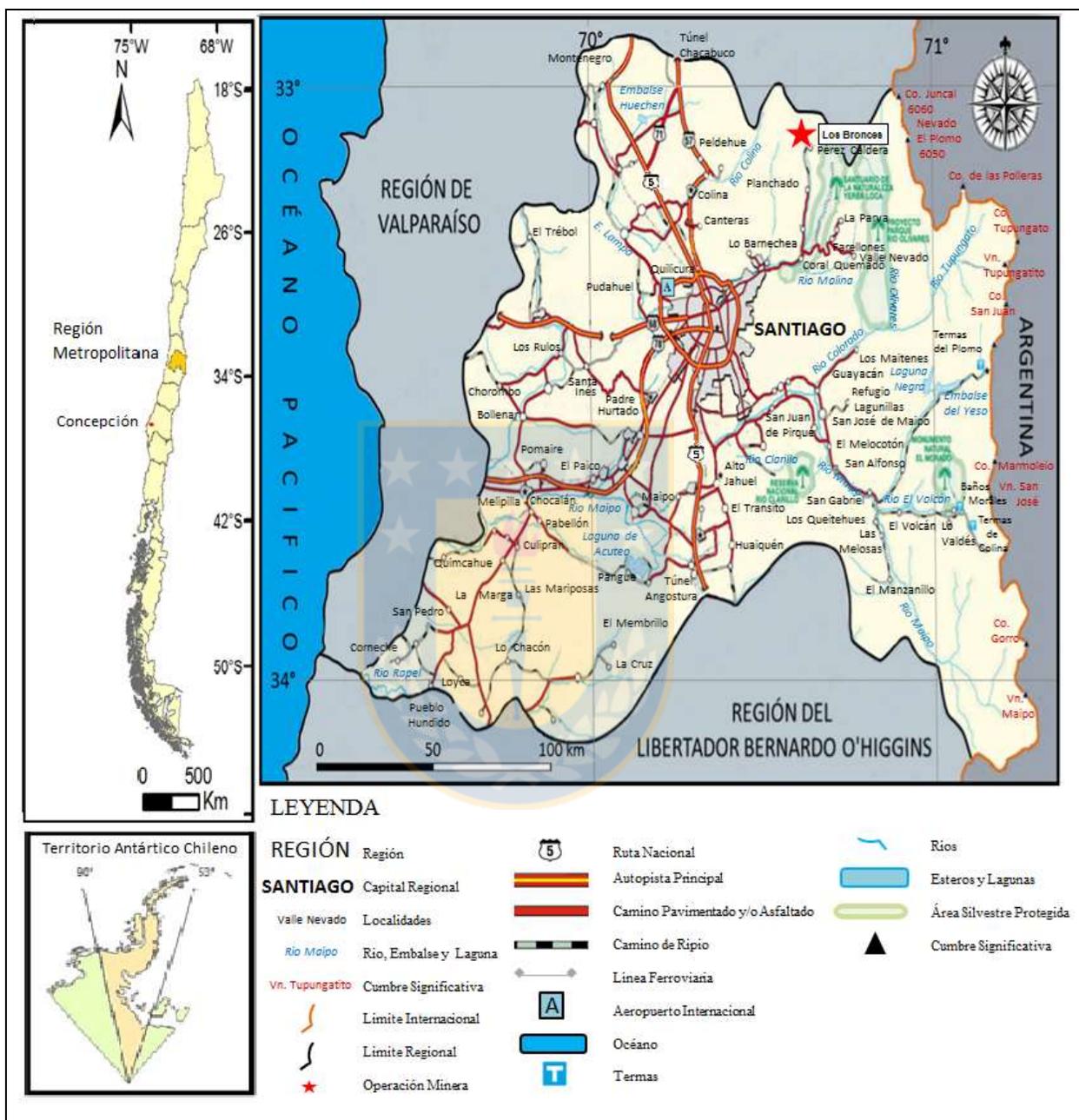


Figura 1.1. Mapa de ubicación y accesos la División los Bronces.

Una vez en la localidad de Corral Quemado, se debe proseguir por el camino que se dirige hacia el norte por alrededor de 33 km siguiendo la Quebrada San Francisco. El camino es tanto asfaltado, como ripiado y conduce hasta las instalaciones de la Mina Los Bronces (Figura

1.1.). Este último tramo se encuentra en buen estado y es transitable todo el año, salvo en condiciones climáticas adversas.

#### 1.4. CLIMA

En términos generales la Región Metropolitana corresponde a un clima templado del tipo mediterráneo, de estación seca prolongada y un invierno lluvioso. La temperatura media anual es de 13,9°C, en tanto que el mes más cálido corresponde al mes de enero, alcanzando una temperatura promedio 22,1°C, y el mes más frío corresponde al mes de julio con 7,7°C promedio. El sello característico lo constituyen las lluvias, cuyas variaciones permiten alcanzar un promedio anual de 356,2 mm de agua caída. Las precipitaciones decrecen desde la costa hacia la depresión intermedia, para aumentar nuevamente en la Cordillera de los Andes; originándose de esta manera líneas bioclimáticas generales de la región y de la zona central de Chile.

Específicamente, en el sector de Colina y, en menor grado, en la zona de Santiago, se desarrolla un clima más árido y con mayores fluctuaciones térmicas, que reflejan el avance del clima de estepa, fenómeno que se debe a la presencia de la Cordillera de Costa relativamente alta que actúa como pared, dificultando el progreso de las condiciones climáticas marítimas.

Dentro de la cuenca de Santiago existen diferencias climáticas locales producidas por el efecto del relieve. Por ejemplo, al pie oriental de la Cordillera de la Costa y, debido al rol de biombo climático, se desarrollan áreas de mayor sequedad, e incluso con características semiáridas. En cambio, el clima frío de altura, situado en la Cordillera de los Andes por sobre los 3.000 m s.n.m., se identifica por bajas temperaturas y precipitaciones sólidas, lo que permite la acumulación de nieve y campos de hielo de tipo permanentes en cumbres y quebradas de la alta cordillera.

Localmente, el clima en el área de la Mina Los Bronces, ha sido definido por Vargas (1985), como “Tundra de Alta Montaña”, típico de alta cordillera, caracterizándose por las precipitaciones principalmente nivales entre los meses de abril a octubre con temperaturas medias ambientales muy bajas en otoño e invierno y moderadas a bajas en primavera y verano (-10°C como mínimo promedio a 20°C como máximo promedio), conformando una temperatura media anual de 6,4° C, con un promedio de humedad del aire inferior al 50%.

La flora, se caracteriza hasta los 3.000 m s.n.m. por una asociación de champas y hierbas perennes, las que se mezclan con arbustos que crecen a ras de suelo por la acción del viento. Por sobre los 3.000 m s.n.m. hasta los 4.000 m s.n.m. sólo es posible encontrar asociaciones de hierbas que crecen en forma de champas, y más arriba de los 4.000 m s.n.m es prácticamente nula la presencia de vegetación (Thiele, 1980).

Asimismo, la fauna en el área de la Mina Los Bronces destacan el Zorro Chilla (*Dusicyon Griseus*) y el Cóndor Andino (*Vultur Griphus*), típicos de la alta montaña Chilena, los que se alimentan de pequeños roedores, liebres y cadáveres de animales de pastura.

## 1.5. GEOMORFOLOGÍA

En el área de estudio, la geomorfología es principalmente abrupta y se desarrolla a consecuencia del solevantamiento de la Cordillera de los Andes, el que ocurre a fines del Paleógeno y durante el Neógeno, trayendo como resultado una importante erosión glacial y fluvioglacial, que origina una intensa denudación a través de toda el área, alcanzando a afectar hasta los 1.300 m s.n.m., en el Valle del Río Blanco y la inscripción de valles profundos con escarpadas cornisas desarrolladas bajo condiciones de erosión muy activas (Brüggen 1950; en Aguirre, 1960).

Asimismo, al observar los valles Río San Francisco y del Río Blanco en forma perpendicular a su desarrollo, se puede distinguir la forma de “U”, típica para valles glaciales, donde la diferencia de cota promedio entre el fondo de éstos y las cumbres, alcanza un máximo de 500 m (Villagrán, 2007). Sumado a esta acción modeladora de los glaciares, queda evidenciada de otras unidades geomorfológicas tales como circos, morrenas, lagunas interglaciares y estrías glaciales, impresas sobre las rocas en las paredes de los valles (Vargas, 1985).

Las mayores alturas del área alcanzadas por su geografía (Figura 1.2.), corresponden a los Cerros: Altar (5.195 m s.n.m.); Negro (4.928 m s.n.m.); y La Paloma (4.910 m s.n.m.).



**Figura 1.2.** Modelo de elevación digital del área Los Bronces-Andina. Vista desde la Sierra San Francisco en la cual se observan los accidentes morfológicos más importantes (imagen tomada y modificada del software Google Earth 2014).

El sistema de drenaje corresponde a la parte superior de la Hoya Hidrográfica del Río Mapocho, que desemboca en el Océano Pacífico, al sur del puerto de San Antonio. Uno de los tributarios importantes de este sistema, es el Río San Francisco (Thiele, 1980). El gran potencial hidrológico de Los Bronces es producto de la nieve acumulada anualmente en el área, la cual, en periodos de deshielo, se canalizan a través de la Hoya Hidrográfica del Río San Francisco, tributario del Río Mapocho. Todo el escurrimiento superficial se ve en vertientes como en los límites de morrenas depositadas aguas abajo o en taludes detríticos donde existen afloramientos rocosos (Vargas, 1985). La formación de extensos rellenos fluviales con fondos de valle planos comienza por lo general, debajo de la cota 1.200 m s.n.m. (Thiele, 1980).

## 1.6. METODOLOGÍA DE TRABAJO

Para responder a los objetivos planteados anteriormente se propone estudiar, analizar y caracterizar mediante *test* prácticos la heterogeneidad en diversas unidades litológicas del yacimiento a considerar, con la finalidad de validar el protocolo actual de toma y preparación de muestras para la operación minera.

Para lograr lo señalado, las principales herramientas de trabajo son: (1) revisión del actual protocolo de toma y preparación de muestras; (2) descripción macroscópica y microscópica de rocas pertenecientes a las unidades Cuarzomonzonita, Brecha Donoso, Brecha Central, Brecha Occidente, Brecha Infiernillo, Brecha Anhidrita y Brecha Fantasma; (3) y realización de diferentes *test* prácticos de heterogeneidad. Todo lo anterior, con el propósito de obtener las constantes de muestreo y elaborar los nomogramas, que permitan definir por medio del error fundamental la muestra idónea para cada unidad litológica y la compatibilidad de los resultados con el existente protocolo. Sobre la base de lo expuesto, se consideraran cuatro etapas.

#### 1.6.1. ETAPA N° 1: RECOPIACIÓN BIBLIOGRÁFICA

La primera etapa denominada recopilación bibliográfica considera la revisión y estudio analítico de memorias, libros, informes internos de la empresa y publicaciones científicas relacionadas al tema de investigación y al área de estudio, con el fin de sintetizar la información significativa entregada por ellos.

#### 1.6.2. ETAPA N° 2: TEST DE HETEROGENEIDAD

##### 1.6.2.1. Definición de las unidades litológicas a muestrear

Considerando la gran diversidad litológica que existen en el yacimiento y diversos factores relevantes expuestos en detalle en el capítulo cinco de este estudio, se debe hacer énfasis en ciertas unidades litológicas yacimiento en función de: su volumen, grado de importancia para el plan *Budget* del quinquenio (2015-2019), comportamiento estadístico de las unidades, la cantidad de testigos de sondaje disponibles para la realización de los *test* prácticos de heterogeneidad y el costo económico de los mismos, entre otros aspectos.

Por lo cual, para definir las unidades litológicas a caracterizar en función de su heterogeneidad, se emplea principalmente la bibliografía disponible y *software* como *Datamine* y *Minesight*, en diversas versiones.

### **1.6.2.2. Análisis de las propiedades litológicas de las unidades**

Una vez definidas las unidades litológicas que abarca esta investigación, se ejecuta una revisión bibliográfica, sumada a descripciones macroscópicas en testigos de sondaje y microscópicas en pulidos y secciones transparentes de la litología de las unidades. Los principales resultados son indicados a lo largo de la Memoria y en los Anexos (Anexo II y III).

### **1.6.2.3. Definición de los elementos químicos a estudiar**

Para la determinación de los elementos químicos de interés para este estudio, se hace tanto una revisión tanto bibliográfica, como la descripción macroscópica y microscópica de las unidades litológicas involucradas, donde se obtiene una amplia gama de minerales que componen las diferentes muestras (Anexo II). De aquel conjunto de minerales, se identifican los elementos relevantes como menas del proceso minero y los posibles contaminantes que estén penalizados por la actual legislación minera de nuestro país.

Asimismo, se procede a consultar con los expertos del área de la metalurgia sobre elementos problemáticos y de interés relevantes para encausar de mejor forma este estudio.

### **1.6.2.4. Revisión del protocolo de toma y preparación de muestras**

Mediante visitas a terreno, se revisa y documenta el protocolo actual de toma y preparación de muestras tanto para pozos de tronadura, como sondajes diamantinos, tipo *in fill* y de aire reverso (Anexo IV), con el fin de verificar que se están utilizando los equipos recomendados por la teoría de muestreo, en la forma y tiempos adecuados, conservando las muestras de la forma más íntegra posible. Lo señalado, se efectúa con la finalidad de minimizar el error de muestreo (error de segregación y agrupamiento, error de delimitación, error de extracción y error de preparación).

### **1.6.2.5. Seleccionar la técnica de muestreo para test prácticos**

A partir de los pasos anteriores, se encontró la forma de representar las unidades litológicas para realizar los diferentes test prácticos. Los factores, aspectos y metodologías planteadas y ejecutadas son descritos en detalle a lo largo del capítulo seis.

#### **1.6.2.6. Determinación de la cantidad de muestra inicial del compósito**

Una vez definido el método de recolección de las muestras para las diferentes unidades, es importante determinar la cantidad de muestra necesaria para cada test de heterogeneidad. Para ello, se determina con el apoyo de la consultora externa (CMS asociados), la cantidad de muestra a coleccionar por unidad o grupo, en función de la experiencia y datos bibliográficos.

#### **1.6.2.7. Ejecución del proceso de muestreo**

Sobre la base de lo mencionado, se ejecuta el proceso de muestreo que se consideró óptimo para representar a las diferentes unidades litológicas. Para ello, en primer lugar, se ubican las muestras disponibles para el estudio en el *software Minesight*, con fin de relacionarlas al modelo de roca vigente de la operación. En segundo lugar, se agrupan las muestras según la unidad litológica a la cual deberían estar relacionadas. Una vez hecho lo expuesto, se revisan y analizan macroscópicamente las diferentes muestras disponibles, con el fin de verificar y otorgar a cada muestra su unidad litológica correspondiente y su ley estimada de cobre (Anexo II y III). Sobre la base de lo anterior, se construye una base de datos para los sondeos disponibles, que permite seleccionar de forma aleatoria las muestras entorno a sus leyes de cobre, de manera de ser lo más representativas de la misma, buscando abarcar todo el umbral de ley disponible de la unidad.

#### **1.6.2.8. Envío y preparación de muestras**

Una vez seleccionadas las muestras para la elaboración de los diferentes compósitos, estas son procesadas para su respectivo control de peso, envasado y rotulado, para su posterior preparación y análisis químico a cargo de un laboratorio externo especializado en el área (Lámina II, Figuras A-G).

Durante esta etapa, se verifica que el trabajo efectuado por el laboratorio (chancado, tamizaje, controles de peso, selección de fragmentos, análisis químico, etc.), cumpla con los procedimientos establecidos, para la obtención de resultados confiables que permitan precisar conclusiones fidedignas para esta investigación (Láminas II a XIV).

### 1.6.2.9. Recepción de resultados

Al momento de recibir los resultados, se analizan las diferentes variables y se construyen los nomogramas para determinar las principales conclusiones a partir de las hipótesis iniciales de este estudio.

A modo de resumen de la etapa N° 2, se indica la Figura 1.3.

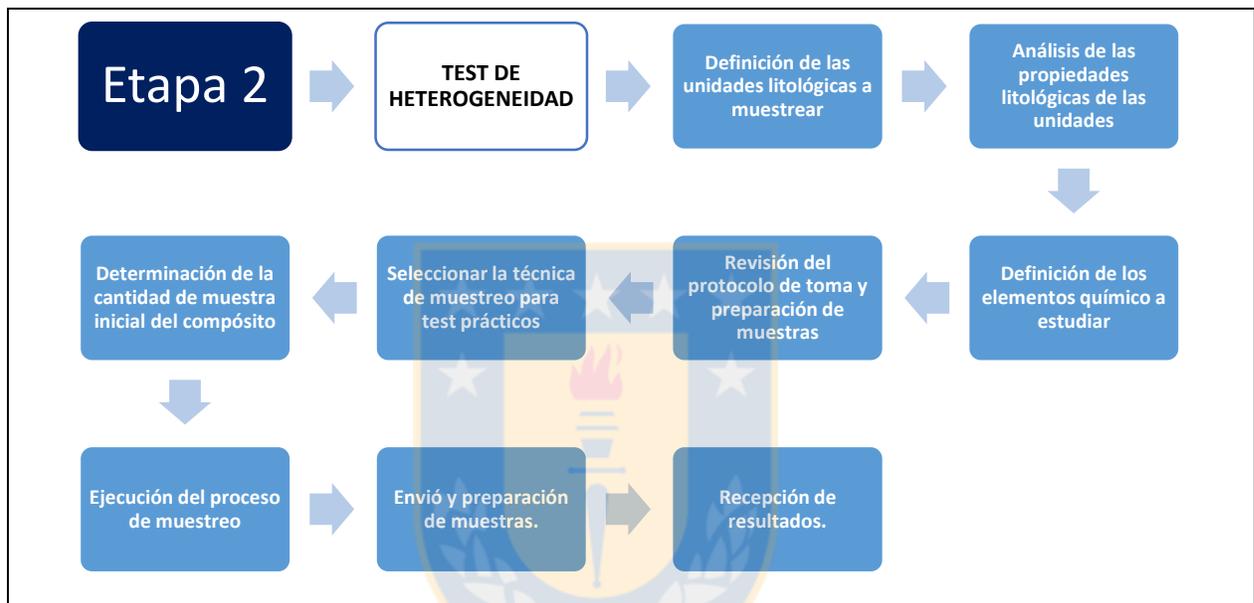


Figura 1.3. Diagrama de flujo resumen de las etapa 2.

### 1.6.3. ETAPA N° 3: VALIDACIÓN DEL PROTOCOLO DE MUESTREO

A partir de la revisión del protocolo de muestreo actual, la recolección de muestras, la realización de los diferentes *test* de heterogeneidad, la construcción de nomogramas y los resultados obtenidos, se examina y se proponen las principales conclusiones del trabajo, considerando los objetivos e hipótesis iniciales. Además, de validar en terreno y de ser necesario proponer modificaciones al actual protocolo de muestreo.

### 1.6.4. ETAPA N° 4: REDACCIÓN Y PRESENTACIÓN DE AVANCES

Constituye la etapa final de gabinete, que se hizo en paralelo a las etapas anteriores y consiste en la redacción de los diferentes capítulos de esta investigación. Además, de la elaboraron diferentes presentaciones que busquen aclarar dudas e indicar avances, tanto para la

Superintendencia de Geología, como al Profesor Patrocinante, Dr. Marcos Pincheira del instituto de Geología Aplicada de la Universidad de Concepción.

### 1.7. TRABAJOS ANTERIORES

ALFARO (1969), BARASSI (1978), BLONDEL (1980), CEPEDA (1974 Y 1976), CONTRERAS (2003), DAVIDSON *et al.* (2005), HOLMGREN *et al.* (1988), PICHOTT (1996), SERRANO *et al.* (1996), SKEWES y STERN (1994), SKEWES *et al.* (1994 y 2003), STAMBUK *et al.* (1982) y TORO *et al.* (2012) ejecutan estudios geológicos en el Yacimiento Los Bronces con el fin de explicar los procesos de alteración, el origen hidrotermal de las brechas, y los pórfidos tardíos que intruyen al Batolito San Francisco. Para ello efectúan descripción detalla de muestras de las unidades litológicas, análisis de inclusiones fluidas y/o modelamientos geológicos,

BARROS (2007), BARASSI *et al.* (1984), GREZ y SPRÖHNLE (2003), MCCRACKEN (2006), STAMBUK *et al.* (1994), VARGAS (1985) y VARGAS *et al.* (1999) relacionan un análisis temporal y estructural de las brechas, litología de las rocas encajadoras y la evolución de las vetillas de la roca de caja como de fragmentos de brechas en el Yacimiento Los Bronces.

BECCAR *et al.* (1986), DECKART *et al.* (2005, 2013 y 2014), LÓPEZ Y VERGARA (1982) y SKEWES y HOLMGREN (1993) efectúan la cronología de los eventos magmáticos e hidrotermales para el deposito Rio Blanco, mediante la utilización del métodos datación radiométrica.

CHARRIER *et al.* (2009) hace mención a la evolución tectónica, paleogeografica y metalogenética durante el Cenozoico para los Andes de Chile Norte y Central.

COOKE *et al.* (2005) estudian las características, distribución y la tectónica relacionadas a los depósitos gigantes de pórfidos cupríferos. Asociando los grandes pórfidos cupríferos del pacífico a la subducción de dorsales asísmicas, cadenas montañosas submarinas y plateau oceánico bajo islas oceánicas y arcos continentales.

FRIKKEN *et al.* (2005) identifican una zonación mineral e isotópica en el depósito de Cu-Mo Río Blanco-Los Bronces, en el sector de la Mina Andina.

HOLLINGS *et al.* (2005) trabajan la geoquímica regional de las rocas ígneas de la zona central de Chile y sus implicancias en el ambiente geodinámico de los pórfidos cupríferos gigantes y mineralización epítermal de oro.

JARA (2005) estudia la distribución y composición de la bornita, en relación con la génesis de Los Bronces.

JARA y CHARRIER (2014) entregan nuevos antecedentes estratigráficos y geocronológicos para el Meso-Cenozoico de la Cordillera Principal de Chile entre los 32° y 32°30' Lat. S. Los antecedentes que se relacionan con implicancias estructurales y paleogeográficas.

KAY *et al.* (1999) publica sobre el magmatismo neógeno, tectonismo y depósitos minerales de Los Andes centrales entre los 22° y 33° Lat. Sur, pertenecientes al intervalo temporal entre el Oligoceno tardío al Reciente. Su trabajo evidencia el cambio en el ángulo de subducción de la placa de Nazca y el engrosamiento del manto litosférico y corteza sobreyacente.

MAKSAEV *et al.* (2009) publica sobre termocronología mediante trazas de fisión de plutones neógenos en la Cordillera Principal Andina de Chile central (33-35° Lat. S): Implicancias para la evolución tectónica y mineralización de pórfidos de Cu-Mo.

MUÑOZ *et al.* (2006) estudian la estratigrafía, edades y geoquímica de las rocas volcánicas pertenecientes a la Formación Abanico Este.

RIVANO *et al.* (1990) propone la redefinición de la Formación Farellones entre los 30 y 33° Lat. S, utilizando el perfil expuesto en los faldeos septentrionales del cerro La Gloria, al norte del valle del río Aconcagua, como nueva sección estratigráfica de referencia.

STERN y SKEWES (2004) atribuyen el origen de los depósitos gigantes de Cu-Mo del Mioceno y Plioceno en Chile Central (Pelambres, Río Blanco-Los Bronces y El Teniente) a factores como: el rol que cumple la dorsal de Juan Fernández al ser subductada, la disminución del ángulo de subducción, el engrosamiento cortical, al tamaño de los batolitos y un sistema abierto de cámaras magmáticas.

THOMAS (1953) efectúa un reconocimiento geológico en el alta Cordillera de los Andes, entre los ríos Aconcagua y Colorado, asignando al Mesozoico y parte del Cenozoico a las rocas de la Formación Farellones y Abanico. Además propone que las rocas de las chimeneas de brechas subvolcánicas formarían parte de un filón dacítico de extensión continua.

VELA (2005) realiza un modelo geológico y geostatístico para la distribución somera del arsénico en el Yacimiento Los Bronces.

VERDUGO (2002) estudia la mineralización de arsénico en Don Luis Subterráneo, en el yacimiento Río Blanco, en donde la especie mineralógica predominante portadora de arsénico es la tennantita y en forma secundaria la enargita.

WARNAARS *et al.* (1985) proponen que el complejo de brechas enmascara un sistema de pórfidos cupríferos aún más antiguos con un control estructural NE, además de presentar un conjunto de dataciones radiométricas que son la base cronológica de la descripción de los eventos geológicos y de mineralización- alteración. En el distrito, definen y otorga temporalidad a siete tipos de brechas hidrotermales; éstas son: Brecha Central, Brecha Occidente, Brecha Infiernillo, Brecha de Anhidrita, Brecha Fantasma, Brecha Gris Fina y Brecha Donoso.

## 1.8. AGRADECIMIENTOS

Quiero reconocer de forma personal el apoyo, preocupación y confianza a mí profesor patrocinante, Sr. Marcos Pincheira, a mi profesor guía, Sr. Rafael Arellano, al equipo técnico-profesional de Superintendencia de Geología del yacimiento Los Bronces, en especial a: Ricardo Cretier, Rodrigo Rojas, Miguel Ubilla, María Magdalena Díaz, Cesar Montenegro, Mauricio Carranza, Manuel Díaz, Cesar Ulloa, Marcelo Rocha y Claudia Castillo.

Del mismo modo, quiero agradecer a los docentes, en especial a: Sonia Helle, Sylvia Palma-Heldt, Abraham González, Arturo Quinzio y Verónica Pineda. A los funcionarios: Pedro Bravo, Gerardo Flores, Raúl Núñez, Iván Orellana y Luis Vásquez.

Agradezco el apoyo absoluto y la educación brindada por mis padres, Ruth y Edgardo. Su trabajo, sumado a las experiencias adquiridas han edificado los principios, valores, y herramientas que me permiten afrontar este y otros desafíos.

Asimismo, mis reconocimientos especiales a mi abuelo Jorge, por su ejemplo, preocupación, apoyo y fundamentalmente por inculcar con sus historias mi vocación por la carrera de geología.

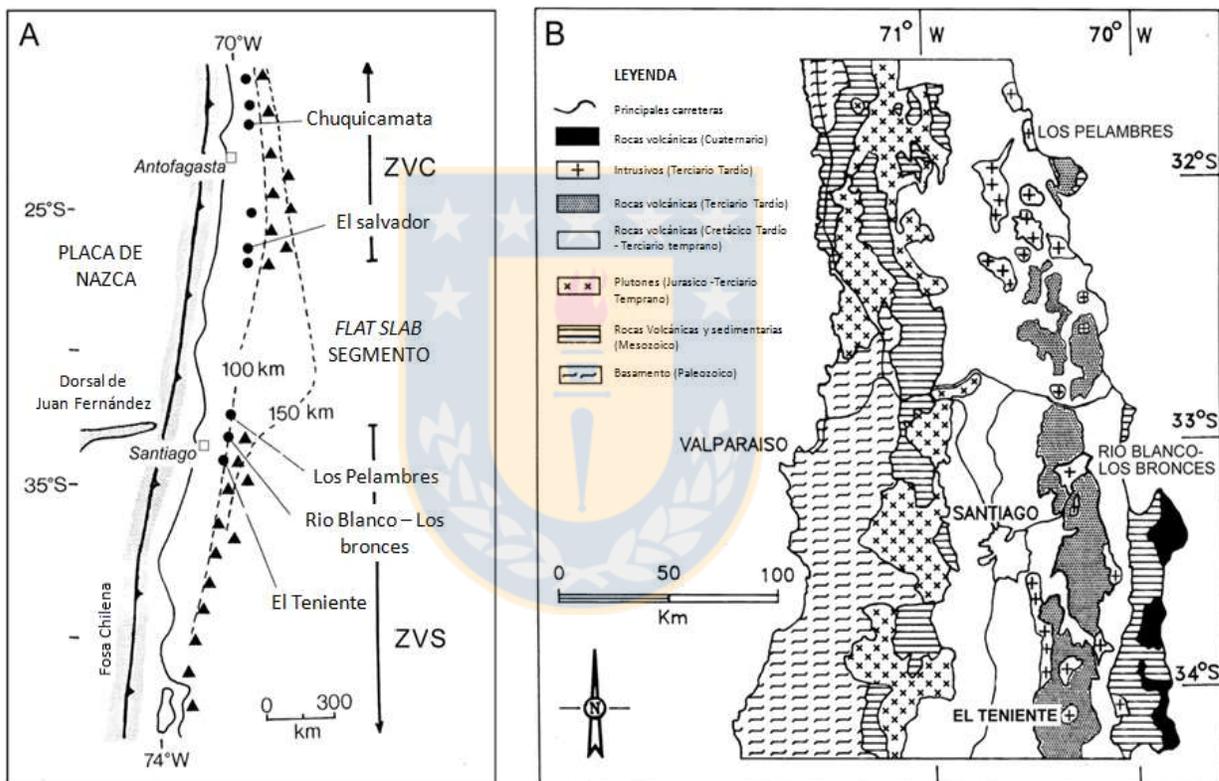
Sumo mis agradecimientos de forma distintiva a mis hermanas, Paula y Claudia, quienes me ayudaron y aconsejaron especialmente en mi etapa universitaria.

También, familiares cercanos, amigos y amigas, compañeros y compañeras, por su preocupación, apoyo, consejos, enseñanzas y colaboración.

## 2. MARCO GEOLÓGICO REGIONAL

### 2.1. GENERALIDADES

El mega-yacimiento Río Blanco-Los Bronces se encuentra localizado sobre la Cordillera de los Andes, en Chile Central, a unos 65 km al noreste de la ciudad de Santiago. Este depósito, junto a los mega-yacimientos Los Pelambres y El Teniente, conforman parte de la franja de pórfidos cupríferos de edad Mioceno temprano – Plioceno tardío, entre los 31°30' – 34°30' Lat. S (Figura 2.1.).



**Figura 2.1. Mapas representativo y geológico relacionados al área de estudio.** A. Mapa representativo de los rasgos principales del proceso de subducción de Chile Central y la localización de los depósitos Los Pelambres, Río Blanco-Los Bronces y El Teniente (Modificado de Serrano *et al.* 1996). ZVC: Zona Volcánica Central de los Andes; ZVS: Zona Volcánica Sur de los Andes B. Mapa geológico que muestra la franja del Mioceno-Plioceno (Modificado de Serrano *et al.* 1996).

La historia geológica relacionada al depósito, comienza durante el Eoceno tardío al Mioceno temprano (36 a 20 Ma aproximadamente), con el desarrollo de un volcanismo de carácter continental toleítico a calcoalcalino (Formación Los Pelambres, Abanico y Coya Machalí de norte a sur respectivamente), que acumula sus productos en forma elongada en la dirección N-S dentro

de un cuenca extensional de intrarco (Jara y Charrier, 2014; Toro *et al.*, 2012). La evolución magmática posterior (Mioceno-Plioceno) es señalada y agrupada por Toro *et al.* (2012), a partir de estudios anteriores (Sillitoe y Perelló, 2005; Perelló *et al.*, 2009) en dos posibles etapas: (1) durante el Mioceno temprano a tardío (aproximadamente desde los 18 Ma a edades menores a los 15 Ma, y posiblemente hasta los 6 Ma), las rocas volcánicas de un carácter toleítico a calcoalcalino (basaltos, dacitas y riolitas), son eruptadas desde estratovolcanes y complejos de domo, conformando la Formación Farellones. A su vez, plutones y stock porfíricos mineralizados se emplazan entre los 12 y 8 Ma aproximadamente; y (2) posteriormente, a finales del Mioceno y principios del Plioceno (8,2 a 4,5 Ma aproximadamente) se constituye el depósito Rio Blanco-Los Bronces. En una etapa posterior a la mineralización (4 a 3 Ma), se emplazan los cuerpos filonianos.

La introducción de cobre y molibdeno en los depósitos y/o *clusters* a lo largo de la franja de edad Mioceno-Plioceno, ocurre mediante el emplazamiento de multifases de stocks y diques altamente oxidados, con señales calcoalcalinas de medio a alto contenido de potasio de composición del tipo cuarzomonzonita, cuarzomonzodiorita, granodiorita y cuarzdiorita porfírica que intruyen las rocas ígneas cenozoicas (Skewes *et al.*, 2002; en Toro *et al.*, 2012). Lo dicho, para el caso del depósito estudiado, favorece la conformación del complejo de brecha.

Tectonicamente el depósito se sitúa en la zona de transición entre el segmento de subducción tipo *flat slab* de la placa de Nazca (28 a 33° Lat. S) y una sección del margen andino caracterizada por una subducción de mayor ángulo (25 a 30°) adyacente al sur (Figura 2.1.). En particular, el segmento tipo *flat slab*, se caracteriza por una carencia de actividad volcánica moderna, en relación al segmento adyacente al sur (inicio de la Zona Volcánica Sur de los Andes) (Stern, 1989; Skewes y Stern 1995; en Toro *et al.*, 2012). La reducción del ángulo con el cual ingresa la placa oceánica en este segmento, se relaciona a la progresiva subducción de la Dorsal de Juan Fernández, en la costa central de Chile (Figura 2.1.). A su vez, la subducción plana, ha sido interpretada como precursora del plegamiento y sobrescurrimiento hacia el este y diversas zona de fractura de orientación N-S y NO-SE, pudiendo estas últimas, ser las zonas de debilidad favorables para el ascenso magma con posterioridad (Warnaars, 1978).

## 2.2. ROCAS ESTRATIFICADAS

Las rocas estratificadas expuestas entorno al yacimiento corresponden a secuencias volcánicas y volcano-sedimentarias de edad Cenozoica pertenecientes a las Formaciones Abanico y Farellones. Sobreyacen a las unidades anteriores, un conjunto de depósitos no consolidados representados por sedimentos aluviales, fluviales, fluvio-glaciales y depósitos morrénicos.

### 2.2.1. CENOZOICO

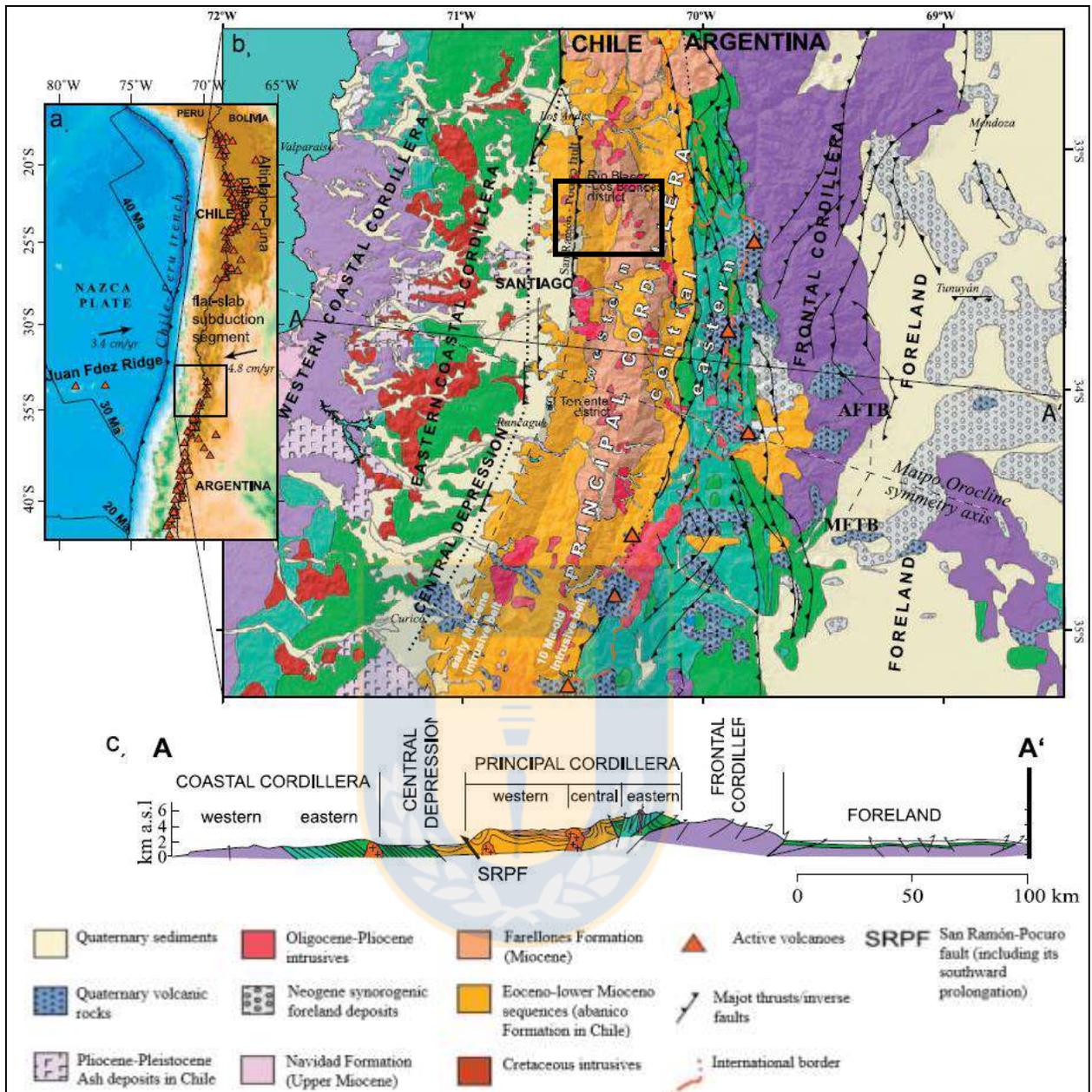
#### 2.2.1.1. Formación abanico

##### A. Definición, distribución y relaciones estratigráficas

El nombre de la Unidad fue propuesto por Muñoz Cristi (1953, en Hoffstter *et al.*, 1957), sin precisar una sección tipo (Thiele, 1980). Posteriormente, fue definida por Aguirre (1960) en la provincia de Aconcagua, al norte de la Hoja de Santiago, correspondía una “secuencia de volcanitas y sedimentitas clásticas terrígenas de color predominantemente gris pardo y purpura rojo-grisáceo”.

La Formación tiene estratos levemente deformados en su flanco oeste, mientras que las unidades más distales hacia Este, en las cercanías y más allá la frontera con Argentina, se encuentran intensamente deformadas por eventos ocurridos, uno entre 21 y 18 Ma, y otro con posterioridad a 18 Ma (Jara y Charrier, 2014). El plegamiento anteriormente descrito, es interpretado por Baeza (1999; en Muñoz *et al.*, 2006), como un conjunto de anticlinales recumbentes de vergencia al oeste entre las localidad del Río Yeso y el valle del Río Volcán, que distribuyen la unidad en dos cordones paralelos de orientación N-S, separados por la Formación Farellones sobreyacente. Cabe destacar, que de forma informal, a cada cordón se les denomina “Formación Abanico Este” y “Formación Abanico Oeste” según su ubicación (Muñoz *et al.*, 2006).

La unidad posee amplia distribución en el sector andino central (Figura 2.2.), presentándose bien desarrollada en la Cordillera Principal, entre los valles Maipo, frente a Santiago, Maule y Talca (Jara y Charrier, 2014). A su vez, los niveles sedimentarios de mejor conservación afloran en la localidades de La Dehesa y El Arrayan, al noreste de Santiago (Thiele, 1980).



**Figura 2.2. Geología regional del área de estudio.** A. Localización de la región de estudio en relación con el *flat slab* de Chile central. B. Mapa geológico de los Andes de Chile central y Argentina. Solamente se muestran las principales fallas activas durante el Neógeno. C. Perfil geológico simplificado a la latitud de Santiago. (Fariás *et al.*, 2008. Basado en Servicio Geológico Minero Argentino 1997, SERNAGEOMIN 2002, Giambiagi *et al.*, 2003 y Fock *et al.*, 2005).

Aguirre (1960) afirma que la formación sobryace en contacto discordante con la Formación Colimapu (Aptiano-Albiano) en la zona del Río Aconcagua. Sin embargo, Thiele (1980) indica para ambas formaciones un contacto concordante en la zona cordillerana al este de Santiago. Además, el mismo autor describe una discordancia angular con la Formación San José

del “Neocomiano”. Asimismo, en el Valle Central, la formación sobreyace discordantemente a las Formaciones Lo Valle y Las Chilcas (Gana y Wall, 1997; Sellés, 2000; Fuentes, 2004 en Abarzua, 2015). Finalmente, Charrier *et al.* (2002), indica un contacto por falla en el margen oriental de la formación con depósitos mesozoicos.

En relación al límite superior, el contacto con la Formación Farellones, ha sido ampliamente debatido al sur de los 33° Lat. S, donde se describe el límite entre ambas formaciones como: “medianamente discordante, pseudoconcordante, concordante o por falla” (Aguirre, 1960; Klohn, 1960; Charrier, 1973, 1981; Thiele 1980; Moscoso *et al.*, 1982; Godoy 1988, 1991; Godoy y Lara, 1994; Godoy *et al.*, 1999; Charrier *et al.*, 2002; en Jara y Charrier, 2014). Sobre la base de lo anterior, Jara y Charrier (2014) proponen que la deformación de la “cuenca de Abanico” trae como consecuencia la producción de depósitos sintectónicos y discordancias progresivas, que no necesariamente afectan a toda la región de manera homogénea, mientras que los procesos de depositación (incluyendo el volcanismo), probablemente continuó durante el periodo contraccional, esto explica la dificultad de separar ambas formaciones.

#### B. Litología y Potencia

La Unidad se encuentra integrada por tobas y brechas volcánicas de color mayoritariamente violáceos a púrpura gris, con intercalación de lavas y rocas sedimentarias. En su sección inferior, predominan brechas y tobas gruesas sobre las lavas y “sedimentitas” volcanoclásticas. Las brechas volcánicas gruesas contienen clastos de composición andesítica porfídica y afanítica de colores grises, verdes y morados, con tamaños entre 5 a 15 cm ocasionalmente (alcanzan los 60 cm), insertos en una matriz lítica arenosa de grano medio. Las lavas por su parte, son de composición andesítica y riolítica, mientras que las “sedimentitas clásticas” están constituidas de areniscas de grano medio a fino; lutitas y limos finamente estratificados, con restos carbonosos y flora fósil. Tanto lavas como areniscas son escasas en relación al conjunto y se desarrollan preferentemente en la parte superior de la secuencia (Thiele, 1980).

Aguirre (1960) indica que el espesor de la Formación es de 3.160 m.

### C. Edad y Correlaciones Estratigráficas

A partir de la relación estratigráfica con la Formación Abanico y la Formación Farellones y correlaciones regionales establecidas, Klohn (1960) le asigna una edad Cretácico Superior (Maastrichtiano) a Terciaria Inferior. Sin embargo, existen dataciones radiométricas mediante el método K/Ar en plagioclasas, efectuadas por Drake *et al.* (1976), y Vergara y Drake (1979), las cuales indican valores de: a)  $40,9 \pm 10$  y  $25,2 \pm 0,1$  Ma para estratos intermedios y superiores de la columna en la localidad de El Arrayán; b)  $62,3 \pm 3$  Ma y  $61,6$  Ma para estratos basales en la localidad El Volcán; y c)  $28,7 \pm 0,7$  Ma para estratos intermedios y superiores en sector del Cordón San Cristóbal, que permiten replantear la edad original. Pero dado que las rocas utilizadas en los estudios antes mencionados se encuentran alteradas, las edades posiblemente estén más relacionadas a la edad de la alteración que su génesis. Sobre la base de lo anterior, Levi (1970; en Thiele, 1980), propone que la alteración regional es relativamente contemporánea con el volcanismo, en razón de la discordancia mineralógica entre las unidades infrayacentes y suprayacentes. Por otra parte, dataciones radiométricas efectuadas mediante la técnica K/Ar en plagioclasas realizada por Drake *et al.* (1976; en Thiele, 1980) y Thiele (1980) a intrusiones frescas que cortan a la formación, indican edades entre los  $19,5 \pm 0,5$  y  $20,0 \pm 0,5$  Ma. En consecuencia, considerando las edades anteriores como mínimas, Thiele (1980), atribuye una edad desde fines del Cretácico al Oligoceno. Sumado a lo anterior y a partir de los estudios realizados por Vergara and Drake (1978) y Drake *et al.* (1982), Warnaars *et al.*, (1985) indica que la Formación Abanico en su flanco este podría exhibir su edad máxima Paleoceno, mientras que para el flanco oeste correspondería a una edad mínima Oligoceno medio a tardío. Finalmente, Jara y Charrier (2014), sobre la base de los estudios realizados en la formación (Aguirre, 1960; Thiele, 1980; Aguirre *et al.*, 2000; Charrier *et al.*, 1996, 2002; Godoy *et al.*, 1996, 1999; Sellés, 1999, 2000; Zurita, 1999; Rivera y Cembrano, 2000; Giambiagi *et al.*, 2002; Giambiagi y Ramos, 2002; Nyström *et al.*, 2003; Fock *et al.*, 2005; Fock *et al.*, 2006a,b; Muñoz *et al.*, 2006; Jara *et al.*, 2009a,b; Maksaev *et al.*, 2003, 2009; Armijo *et al.*, 2009; Farías *et al.*, 2010; Rauld, 2011; en Jara y Charrier, 2014), propone restringir la edad de la formación entre el Paleoceno al Mioceno inferior.

La Formación Abanico se correlaciona con unidades que afloran en la Región de Coquimbo: formaciones Baños del Toro definida por Thiele (1964) y Viñitas definida por Aguirre

y Egert (1965). En el área central de Chile, se correlaciona con la Formación Coya-Machali definida por Klohn (Charrier, 2002).

#### D. Ambiente Depositacional

Jara y Charrier (2014) y Toro *et al.* (2012) han interpretado que las rocas de la Formación Abanico como depósitos al interior de una serie de “cuencas de intrarco”, en un ambiente extensional con volcanismo activo con características geoquímicas no representativas de un arco volcánico típico. También, basándose en una distribución de facies con frecuentes intercalaciones fluviales y lacustres, y la existencia de estratos de crecimiento ubicados en la localidad de Termas del Flaco, atribuyen la formación de la unidad a varios eventos volcánicos, o tal vez, un episodio volcánico continuo durante un largo lapso de tiempo.

#### 2.2.1.2. **Formación Farellones**

##### A. Definición, Distribución y Relaciones Estratigráficas

Fue propuesta por Muñoz Cristi (1953; en Hoffstter *et al.*, 1957). Posteriormente, Klohn (1960) la define formalmente, pero Aguirre (1960 en Rivano *et al.*, 1990) proporciona la primera descripción sistemática de ella, y la caracteriza como “una secuencia de volcanitas y sedimentitas clásticas terrígenas”. A su vez subdivide la unidad en tres miembros: Tuquito (inferior), Guanaco (medio) y Buitre (superior). En trabajos posteriores (Padilla, 1981; Munizaga y Vicente, 1982; Moscoso *et al.*, 1982; en Rivano *et al.*, 1990), la parte del miembro inferior y afloramientos del miembro medio descritos por Aguirre, fueron incluidos, sobre la base de su litología, relaciones estructurales y dataciones radiométricas (Drake *et al.*, 1976; Vergara y Drake, 1978 en Rivano *et al.*, 1990) dentro de la Formación Abanico.

Más tarde, Thiele (1980) describe la formación como “una secuencia de lavas, tobas e igminbritas, con intercalaciones de brecha”. Junto con detallar la Formación Farellones, el mismo autor acuñó el nombre de Formación Colorado-La Parva para una nueva unidad en la localidad de Farellones (cerros Colorado y La Parva), que se dispone discordante sobre la Formación Farellones. Sin embargo, con posterioridad Beccar *et al.* (1986; en Rivano *et al.*, 1990) demuestra con dataciones K/Ar que los cerros Colorados y La Parva están conformados por rocas miocenas, que

deben ser incluidas dentro de la Formación Farellones. A su vez, el mismo autor, propone dividir la unidad en un miembro inferior “formado, en su mayor parte por tobas líticas, con fragmentos accesorios y epiclasticos, de tamaño generalmente unimodal (92-64 mm) y de color muy variado en matriz cinerítica de colores pardo a verde” y un miembro superior “formado por lavas y lavas brechosas, andesitas, dacitas y basaltos, con una red de filones, filones-manto, andesíticos y basálticos y domos intrusivos riolíticos”. Finalmente, Rivano *et al.*, (1990) redefine la formación utilizando el perfil expuesto en los faldeos septentrionales del Cerro La Gloria al norte del Valle del Río Aconcagua como localidad tipo, subdividiendo la unidad en dos miembros concordantes, el primero de base a techo recibe el nombre de miembro inferior y el segundo denominado miembro superior.

Además, según Rivano *et al.* (1990), los afloramientos se encuentran ubicados principalmente al este de Santiago (Figura 2.2.), específicamente los cerros La Parva y El Pintor (considerados parte de un estratovolcán fuertemente erosionado) y en la localidad de Farellones, se reconoce un centro volcánico andesítico y basáltico, pero sin evidencias de desarrollo de calderas, como ocurre en la región de Aconcagua. También, señala que los depósitos asociados a calderas de la Formación Farellones, se situarían más al sur, entre los ríos Manzanos y Colorado.

Finalmente, los mismos autores, indican que la formación sobreyace en discordancia angular a la Formación Abanico y su techo constituye la superficie de erosión actual. Pero como se describió anteriormente, Charrier y Jara (2007) catalogan el contacto con la Formación Abanico es de carácter transicional y conjuntamente, identifican stocks, lacolitos y filones dacíticos de edad entre los 7 a 4 Ma aproximadamente que intruyen a la formación.

## B. Litología y Potencia

Rivano *et al.*, (1990), indica que el primer miembro de base a techo recibe el nombre de miembro inferior y se constituye por “Tobas e igminbritas muy frescas de composición riolítica-dacítica, con intercalaciones delgadas de volcanitas. Los espesores de cada depósito piroclástico varían entre 5 a 20 m, presentando el conjunto una coloración gris clara a blanquecina”. El miembro superior está compuesto “por lavas andesíticas y basálticas, con intercalaciones de tobas y

aglomerados andesíticos, en algunos casos incluye intercalaciones de rocas dacíticas”. El color representativo de la secuencia es un gris oscuro a pardo oscuro.

Thiele (1980) estima una potencia de 2.500 m para la secuencia. Posteriormente Rivano *et al.*, (1990) le otorga al miembro inferior un espesor desde algunos metros hasta más de 300 m, mientras que al miembro superior le atribuye un espesor no menor a los 1500 m

### C. Edad y Correlaciones Estratigráficas

Klohn (1960), atribuye una edad terciaria inferior, sustentada en la relación estratigráfica con la Formación Abanico, de edad Cretácica Superior para la época. Luego, Aguirre (1960), infiere una edad Cretácico Superior a partir de la correlación estratigráfica con áreas cercanas. Posteriormente, Thiele (1980) le atribuye una edad Miocena, al considerar las dataciones radiométricas mediante el método K/Ar en plagioclasas realizadas por Drake *et al.* (1976) en la localidad tipo ( $18,5 \pm 0,2$  y  $17,9 \pm 0,3$  Ma) y en el sector de Lagunillas ( $17,9 \pm 0,2$  Ma), y las efectuadas por Vergara y Drake (1978) el sector Vuelta del Padre ( $22,9 \pm 0,5$ ;  $22,4 \pm 0,5$  y  $24,1 \pm 1,0$  Ma). Asimismo, en el trabajo realizado por Rivano *et al.* (1990), otorga a la base del miembro inferior edades entre los 15 a 18 Ma y cataloga la edad de la Formación al intervalo de tiempo entre los 20 a 10 Ma. Finalmente, el límite inferior de la formación es corroborado por las dataciones radiométricas U/Pb en circones efectuadas por Deckart *et al.* (2005), las que otorgan un rango de edad entre los  $16,77 \pm 0,25$  Ma y  $17,20 \pm 0,05$  Ma. Sobre la base de lo expuesto, la edad de la formación no ha sido establecida con claridad, pero Toro *et al.*, (2012), estima que corresponde a gran parte del Mioceno, aproximadamente desde los 18 Ma a edades menores a los 15 Ma, y posiblemente hasta los 6 Ma.

La unidad se correlaciona con la Formación Hornitos en la región de Atacama definida por Segerstrom y Parker (1959; en Thiele 1980), y la Formación Malla en la región del Biobío definida por González y Vergara (1962; en Thiele, 1980).

## D. Ambiente Depositacional

Rivano *et al.* (1990) al redefinir la Formación Farellones, interpretaron su génesis en dos eventos, el primero tiene relación con el desarrollo de erupciones tipo caldera (Miembro Inferior), en cambio, el segundo evento, es consecuencia de la interdigitación de lavas y materiales volcanoclasticos provenientes de diferentes estratovolcanes (Miembro Superior).

### 2.2.2. CUATERNARIO

#### 2.2.2.1. Depósitos no consolidados

Los principales depósitos no consolidados que se encuentran en el área, corresponden a sedimentos aluviales, fluviales y fluvioglaciales, compuestos por materiales de variada granulometría como bloques, gravas, arenas, limos y arcillas (Thiele, 1980).

Los sedimentos morrénicos, se encuentran prácticamente en todas las cabeceras de los esteros de las hojas topográficas, aproximadamente por sobre la cota 2.500 m s.n.m. Ellos están constituidos esencialmente por morrenas marginales y acumulaciones de detritos provenientes de procesos de erosión glaciár (Thiele, 1980).

### 2.3. ROCAS INTRUSIVAS

Las rocas intrusivas que afloran en el yacimiento Río Blanco-Los Bronces, corresponden a un gran Batolito asociado a distintos cuerpos plutónicos miocénicos y subvolcánicos porfíricos pliocénicos, que pertenecen a las fases finales del ciclo tectónico andino que se desarrolló en la mayor parte de la Cordillera de los Andes en el territorio Chileno. Los intrusivos miocénicos del Batolito San Francisco intruyen a las rocas estratificadas de la Formación Abanico y Farellones, siendo a su vez cortadas por cuerpos subvolcánicos porfídicos del Mioceno superior al Plioceno.

#### 2.3.1. INTRUSIVOS MIOCÉNICOS

Esta unidad es representada por el Batolito San Francisco, el que corresponde a cuerpos de mayor extensión (200 km<sup>2</sup> aproximadamente) que intruye a la Formación Farellones (Figura 2.2.). Según Serrano *et al.* (1996) sus tipos litológicos principales son diorita cuarcífera,

granodiorita, monzonita cuarcifera (cuarzomonzonita), monzodiorita cuarcifera (cuarzomonzodiorita) y en menor grado granitos y sienitas. Con texturas variables de porfídica a fanerítica, en ocasiones brechosa.

Esta intrusión es fuertemente peraluminosa y con una composición calcoalcalina con afinidad alcalina cálcica (Warnaars *et al.*, 1985).

Dataciones radiométricas medidas mediante el método K/Ar realizadas por Aguirre *et al.* (1974; en Thiele, 1980), Vergara y Drake (1979; en Thiele 1980), Serrano *et al.* (1996) y Deckart *et al.* (2005), han indicado una edad Mioceno medio a tardío para estas rocas. Esto otorga una formación contemporánea con la Formación Farellones y los plutones podrían corresponder a las raíces de la cadena volcánica (Thiele, 1980).

### 2.3.2. CUERPOS SUBVOLCÁNICOS MIOCENO TARDÍO AL PLIOCENO

Thiele (1980), define como Unidad Intrusiva II a microdioritas, pórfidos dioríticos, dacíticos, andesíticos y félsicos, que intruyen a la Formación Farellones y a los cuerpos Miocénicos anteriormente descritos (Figura 2.2.). Estos intrusivos del Mioceno tardío a Plioceno poseen una extensión areal restringida (stocks, lacolitos, filones-manto y diques, además de algunas chimeneas de brechas).

Dataciones mediante el método U/Pb indican edades de emplazamiento de  $6,32 \pm 0,09$  Ma para el Pórfido Cuarzomonzonítico,  $5,84 \pm 0,03$  Ma para el Pórfido Feldespático y  $5,23 \pm 0,07$  Ma para el Pórfido Don Luis (Abarzua, 2014).

## 2.4. MARCO METALOGÉNICO

El Distrito porfídico de Cu-Mo Rio Blanco-Los Bronces, se ubica en la parte sur de la franja metalogénica cuprífera del Mioceno al Plioceno, la que se extiende de manera semicontinua por aproximadamente 6.000 km a lo largo de la cordillera desde el suroeste de Colombia hasta la parte central de Chile y Argentina. Regionalmente el Distrito se encuentra dentro de la Sub-franja de Chile Central la que se extiende por aproximadamente 400 km a lo largo de la Cordillera Principal, entre las latitudes  $32^\circ$  y  $35^\circ$ S (Sillitoe y Perelló, 2005) (Figura 2.1.). Aproximadamente

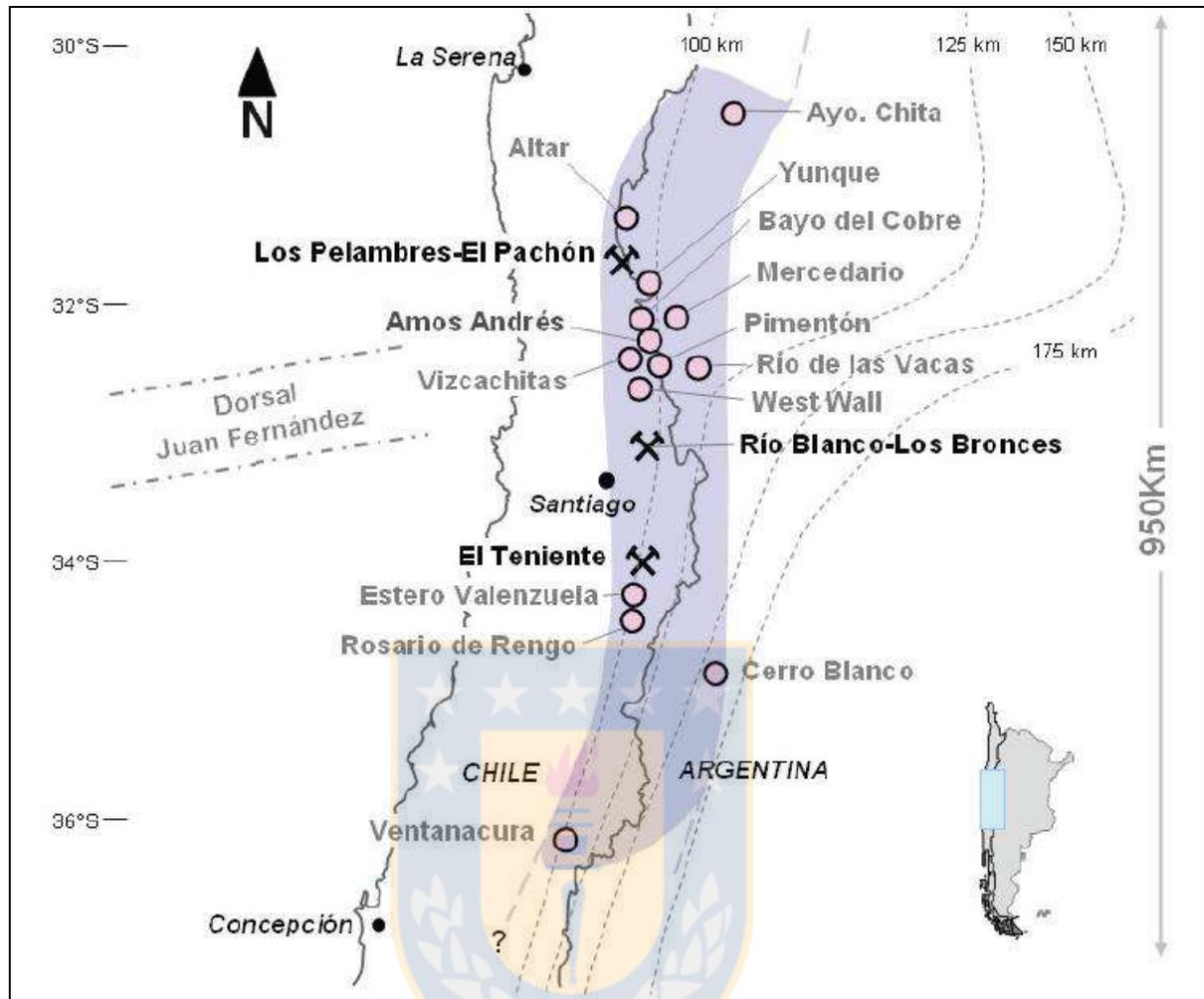
a los 33° Lat. S. se sitúa el límite entre el segmento con subducción tipo *flat slab* y el segmento contiguo al sur caracterizado por una subducción normal (25 a 30°) y el desarrollo de la Zona Volcánica Sur (ZVS), donde afloran grandes yacimientos de cobre (Río Blanco-Los Bronces, El Teniente, Los Pelambres).

La disminución progresiva en el ángulo de subducción en el segmento de subducción tipo *flat slab* coincide con la migración hacia el sur de la subducción de la Dorsal de Juan Fernández (Yáñez *et al.*, 2002). El desplazamiento de la dorsal se produce entre los 6 y 3 Ma, período durante el cual se produjo la actividad magmático-hidrotermal y la rápida exhumación de los pórfidos de cobre-molibdeno Río Blanco-Los Bronces y El Teniente, además del desarrollo tardío de complejos de diatremas en ambos sistemas (Maksaev *et al.*, 2009).

La Sub-franja de Chile Central incluye los mega-yacimientos de clase mundial como Los Pelambres, con un recurso estimado de 31 Mt de Cu fino contenido (Perelló *et al.*, 2009) y El Teniente, con un recurso estimado mayor a las 90 Mt de Cu fino contenido (Vry *et al.*, 2009), ambos en actual producción. Entre ambos mega-yacimientos afloran una serie de sistemas porfídicos de menor envergadura con leyes medias de cobre menores a 0,7% Cu, entre los que se destacan los prospectos Rosario de Rengo, Estero Valenzuela, Altar, Yunque, West Wall, Vizcachitas, Pimentón y Novicio, a los que se debería agregar los sistemas de Arpa, Leiva, Valle Hermoso y Río de las Vacas (Figura 2.3.).

Estos sistemas porfídicos se formaron entre los 15 y 9 Ma (Toro *et al.*, 2009). No obstante, se debe notar que el sistema porfídico Río-Blanco Los Bronces es más joven con un rango de edad entre 8,2 y 4,5 Ma (Deckart *et al.*, 2005).

Los recursos estimados totales de cobre en la franja alcanzan los 300 Mt de Cu fino contenido. Lo anterior, se debe a los nuevos descubrimientos de clase mundial realizados en el Distrito de Río-Blanco-Los Bronces en la localidad de Los Sulfatos (4.500 Mt con 0,9% Cu) y San Enrique Monolito (3.700 Mt con 0,7% Cu). Estos hallazgos, permiten estimar recursos de más de 200 Mt de cobre fino contenido para este Distrito, convirtiéndolo en el Distrito cuprífero más grande del mundo (Toro *et al.*, 2012).

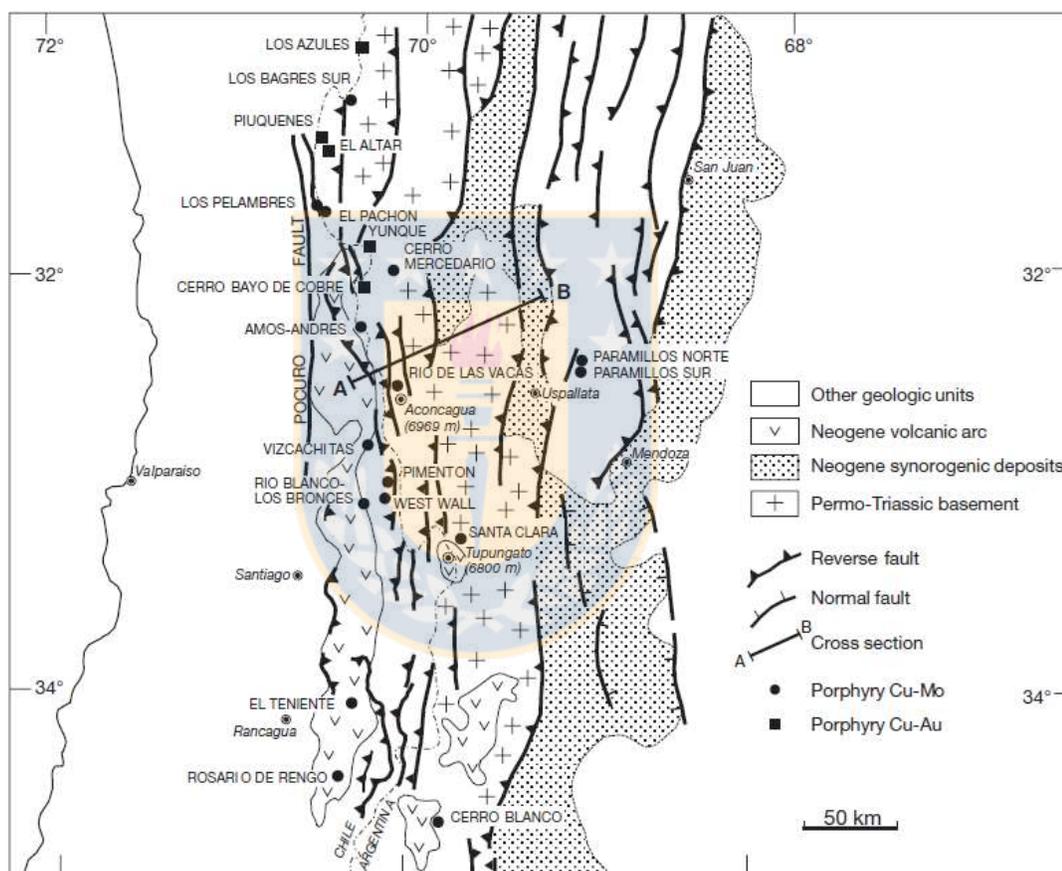


**Figura 2.3.** Sub- Franja Metalogénica Neógena de Chile Central. (Cortés, 2011. Basado en Gígola, 2004 y Yáñez *et al.*, 2002).

## 2.5. TECTÓNICA REGIONAL

Como se expuso anteriormente, el depósito se sitúa en la intersección en el límite entre el segmento tectónico andino de bajo ángulo o *Flat Slab* y el inicio de la Zona Volcánica Sur (ZVS), lugar donde el ángulo de subducción aumenta y la actividad volcánica moderna es significativa (Pilger, 1984). La subducción de Dorsal de Juan Fernández, causó progresivamente una disminución del ángulo de subducción y pone fin a la ZVS, dando inicio a la migración volcánica hacia el este, como así también la deformación y engrosamiento cortical, levantamiento y posterior erosión, que expone a niveles superficiales del depósito Río Blanco-Los Bronces (Skewes y Holgrem, 1993).

Diversos autores (Warnaars, 1978; Blondel, 1980; Stambuk y Serrano, 1980 y Tidy, 1983) destacan los megalineamientos relacionados al yacimiento, que influenciaron en las orientaciones de las unidades geológicas que lo conforman. En un contexto regional, Warnaars (1978) menciona la existencia de rasgos estructurales a gran escala, que habrían afectado el desarrollo de centros de mineralización cuprífera a lo largo de un eje de dirección aproximadamente N-S (Figura 2.4.), eje que puede constituir una zona de debilidad estructural de la corteza, donde habrían ascendido los magmas que dan origen a estas mineralizaciones.



**Figura 2.4. Patrón estructural de la franja cuprífera del Mioceno a Plioceno temprano (Sillitoe y Perrelló, 2005).**

### 3. MARCO GEOLÓGICO LOCAL

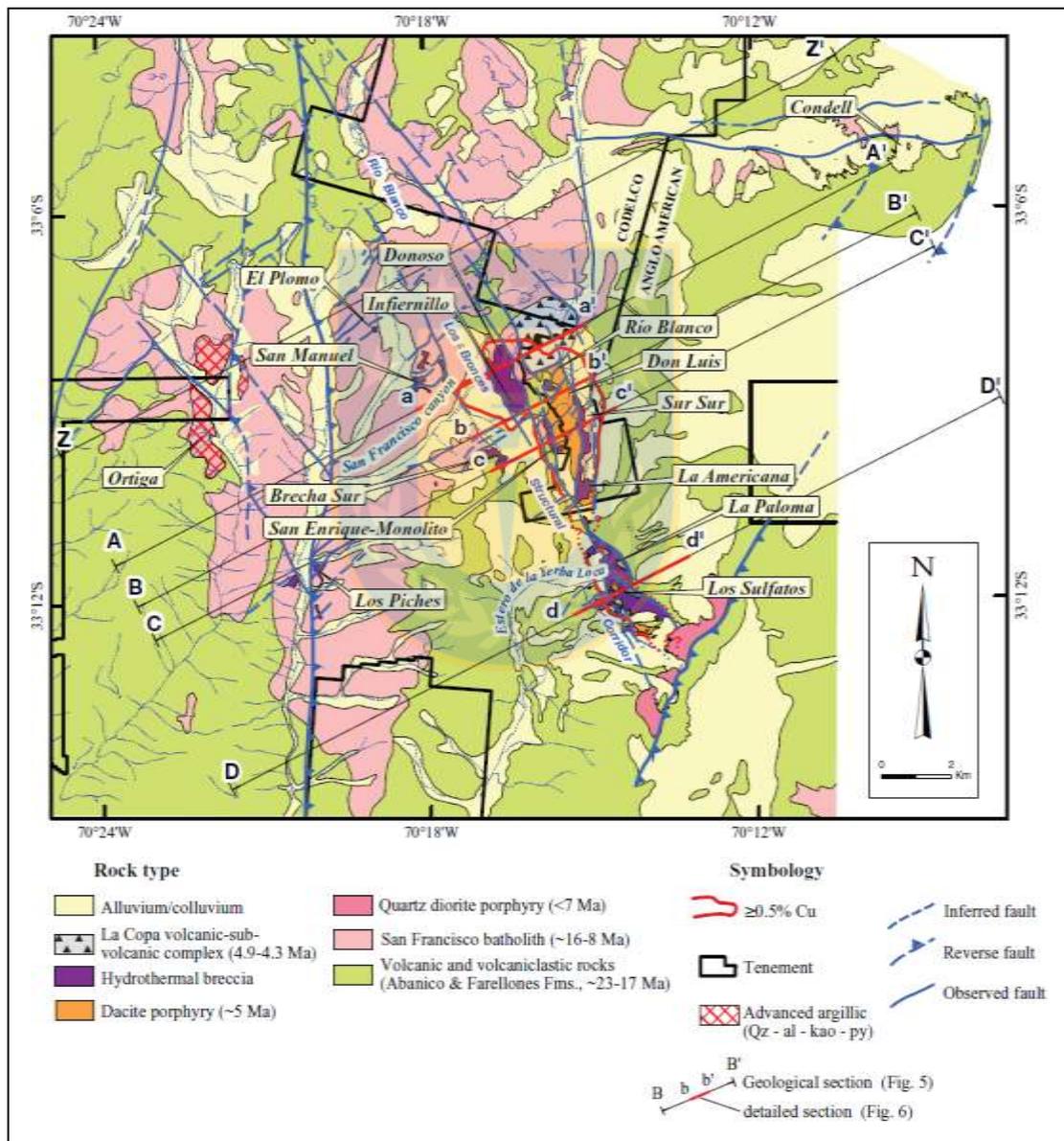
#### 3.1. GENERALIDADES

El mega-yacimiento Río Blanco-Los Bronces corresponde a uno de los más grandes sistemas porfídicos conocidos. Situado en la cordillera principal a lo largo de la cadena montañosa Andina, a 65 km al noreste de la ciudad de Santiago, aflorando por cerca de 5 km en la dirección NNO-SSE, desde Río Blanco y Los Bronces al norte, pasando por las localidades de Don Luis, Sur-Sur y Los Sulfatos hacia el sur (Deckart *et al.*, 2013).

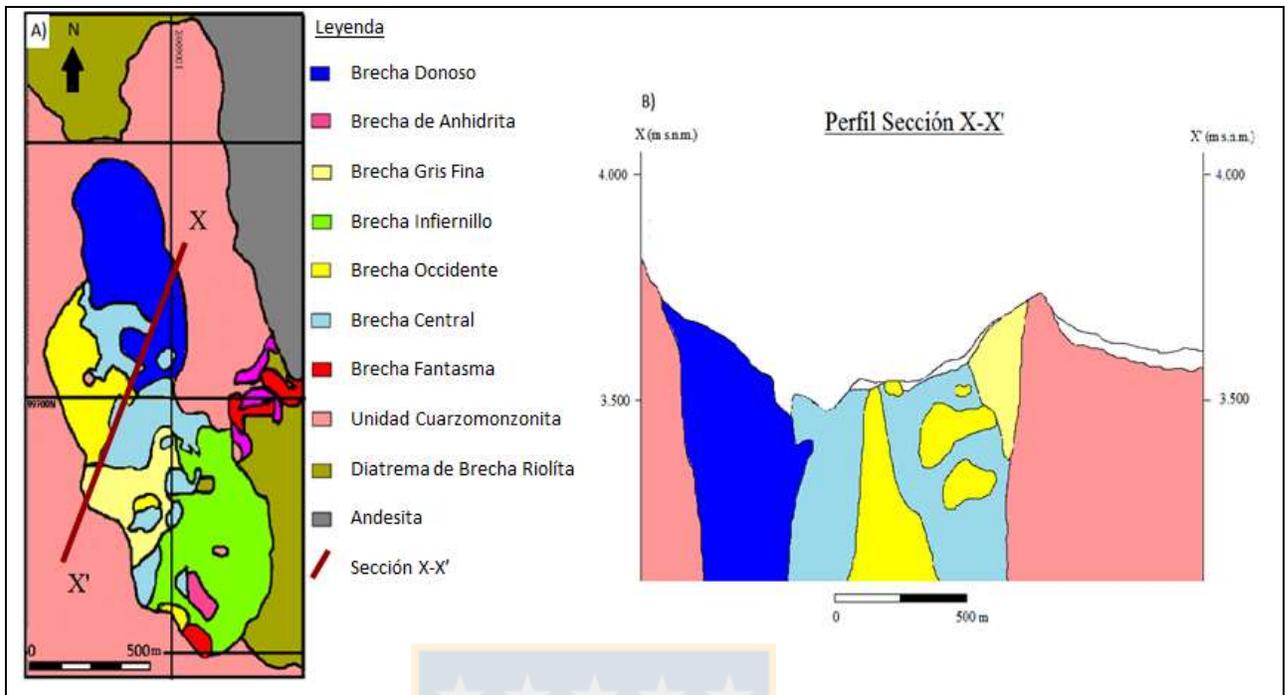
El depósito se hospeda en el flanco oriental del Batolito San Francisco, cuerpo ígneo que intruye entre los 20,1 y 7,4 Ma a la Formación Farellones de edad Mioceno (21-11 Ma). Más tarde, ambas litologías se vieron afectados por el emplazamiento de plutones miocénicos tardíos, el desarrollo de un complejo de brechas hidrotermales y rocas subvolcánicas del Plioceno (5,2-3,9 Ma) (Serrano *et al.*, 1996).

Warnaars *et al.*, (1985), indica que la mineralización, alteración y desarrollo de brechas de turmalina portadoras de cobre aconteció entre los 7,4 y 4,9 Ma. Asimismo, Toro *et al.* (2012) evidencia un carácter sintectónico entre el magmatismo y la actividad hidrotermal por medio de la foliación registrada en fenocristales de plagioclasa y biotita hidrotermal, y el desarrollo de vetas de cuarzo subparalelas y sigmoidales en el sistema. Por su parte, Deckart *et al.* (2013), afirma que el desarrollo de vetillas portadoras de molibdeno para el sector centro-sur y oriental del distrito, ocurre a lo menos entre los 5,94 y los 4,50 Ma. Sin embargo, estudios más recientes han reportado una edad más antigua para la molibdenita cristalizada en el cemento de brecha del sector de San Manuel ( $8,36 \pm 0,06$  Ma) (Deckart *et al.*, 2014). A razón de lo expuesto, diversos autores (Warnaars *et al.*, 1985; Skewes y Stern, 1995; Serrano *et al.*, 1996; Toro *et al.*, 2012), han afirmado que la mineralización de interés económico de cobre y molibdeno concentrada en la matriz de múltiples cuerpos de brecha mineralizada, o bien, diseminada en los clastos y la roca caja alrededor de estos cuerpos de brecha, se encuentra asociada al emplazamiento de diversos stocks y diques de composición cuarzomonzonita, cuarzomonzodiorita, granodiorita y pórfido cuarzodiorita, como al desarrollo del complejo de brechas y alteraciones posteriores.

Por su parte, el emplazamiento de enjambres de diques, junto al desarrollo de brechas, y mineralización asociada para el depósito, tiene relación con un conjunto de estructuras N-S a NO-NE, extendidas por sobre los 10 km, definiendo un “corredor mineralizado” de 2 km de ancho (Figura 3.1.) (Silva *et al.*, 2009; en Toro *et al.*, 2012). Lo anterior, le confiere una morfología semejante a un embudo al sistema principal de brechas, con contactos nítidos con la roca hospedante en la parte superior de la columna, y transicionales en profundidad (Figura 3.2.).



**Figura 3.1.** Mapa geológico simplificado del distrito. Se definen tres dominios geológicos en base a tipos de roca, quiebres estructurales y determinación de edades. Bloque Los Piches-Ortiga al oeste, San Manuel-El Plomo al centro y Río Blanco-Los Bronces-Los Sulfatos al este. (Toro *et al.*, 2012)

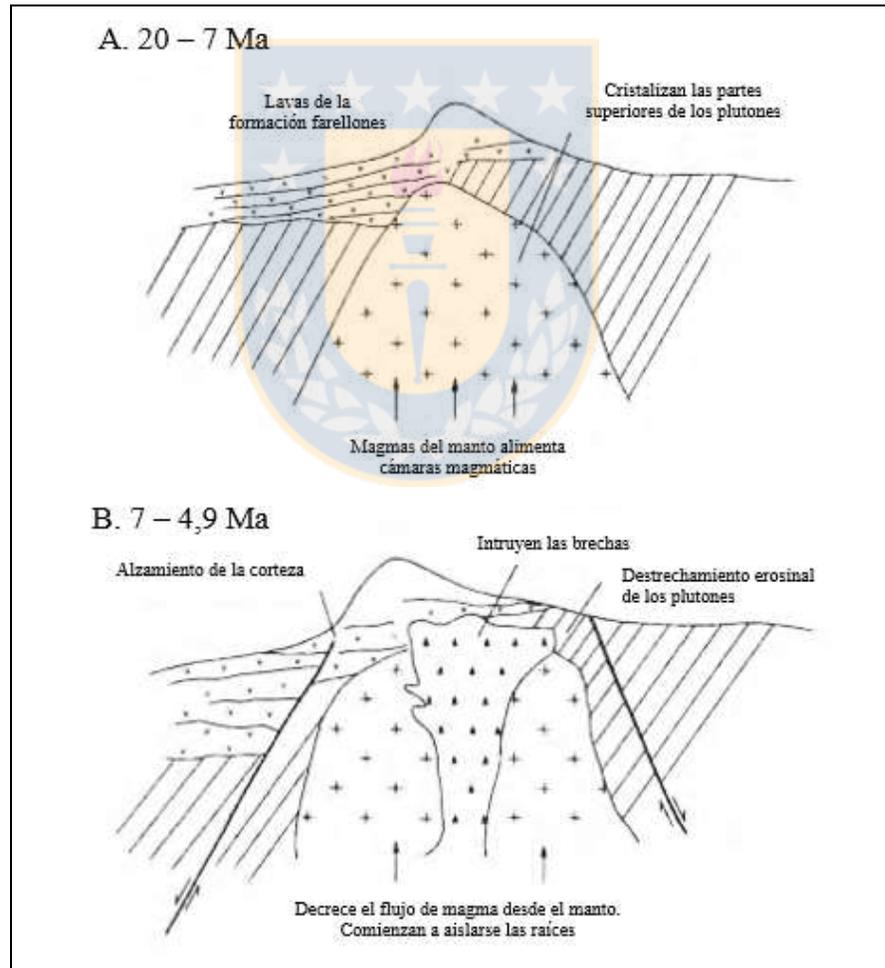


**Figura 3.2.** Mapa y perfil esquemático de la Geología de Operación Los Bronces. A. Mapa esquemático de la Geología de Operación Los Bronces. (Modificado de Barros, 2007) B. Sección X-X'. que muestra la relación en profundidad de las diferentes litologías (Modificado de Barros, 2007)

Además, cabe mencionar, que el sistema porfídico Río Blanco-Los Bronces previo al proceso de brechización según lo señalado por Warnars *et al.* (1985), fue afectado por diversos tipo de alteraciones (propilítica, sericítica, silícica y potásica), que da paso a una característica única otorgada por el reemplazo de los minerales máficos por especularita y/o turmalina dentro de la zona propilítica. No obstante, Stambuk *et al.* (1982) indica que las alteraciones asociadas a las mayores concentraciones de mineralización de cobre-molibdeno, corresponden a una total o parcial alteración cuarzo-sericita y biotización en la roca fragmentada y en roca maciza a una fuerte alteración propilitica marcada por la presencia de clorita y un fuerte magnetismo.

Entorno a la génesis del depósito, Skewes y Holmgren (1993), indican por medio del estudio de inclusiones fluidas que el complejo de brechas Río Blanco-Los Bronces tuvo su origen debido en parte importante a la remoción de una significativa columna de roca por medio de un proceso de erosión (calculan una velocidad promedio de erosión de 260 m/Ma entre los 11,3 a 4,9 Ma, periodo donde ocurre el emplazamiento del complejo de brechas).

Diagrama tectónico esquemático creado por los mismos autores antes mencionados (Figura 3.3.), indican que: “entre 20 y 7 Ma las lavas de la Formación Farellones cubren la paleosuperficie premiocena. Magmas silíceos a intermedios se forman en cámaras magmáticas en la corteza media a superior. Desde el Mioceno medio la corteza aumenta su espesor y la erosión comienza a actuar en la paleosuperficie. Los plutones intruyen a las lavas de las formaciones Farellones y Abanico. Las partes superiores de estos plutones, a medida que la erosión actúa se acercan a la superficie, acelerando su enfriamiento. El flujo magmático, desde el manto hacia la base del sistema, comienza a disminuir. Como consecuencia de la descompresión por erosión en la parte superior y la disminución del flujo del magma en la base del sistema, los volátiles son liberados, generando las brechas entre 7,4 Y 4,9 Ma”.



**Figura 3.3.** Diagrama tectónico esquemático en el área de Los Bronces a partir del Mioceno inferior (Modificado de Skewes y Holmgren, 1993)

Complementario a lo anterior, Barros (2007) señala: “la pérdida de este volumen de roca aceleró la velocidad de enfriamiento y disminuyó la presión de las fases fluida del sistema magmático infrayacente, lo que generó la liberación rápida de los volátiles causando fracturamiento de la roca de caja siguiendo fracturas preexistentes, lo que posteriormente derivó en el emplazamiento de los distintos cuerpos de brechas hidrotermales”.

Burnham (1985, en Barros, 2007) indica la ebullición retrógrada desde cámaras magmáticas hidratadas de la corteza superior y subsecuente descompresión de ellas, por la erosión de la cobertura litostática debido a su alzamiento predominante en la época, serían las responsables la liberación de fluidos magmáticos hidrotermales, que origina el complejo de brechas.

Por último, Sillitoe (1985) postula que las diatremas freatomagmáticas fueron productos de la interacción de magma con fuentes externas de agua que provoca múltiples explosiones cada una de las cuales involucra expansión, fragmentación y fluidización de partículas de magma.

A escala local, para el sector Los Bronces, se han reconocido y descrito diversos cuerpos de brecha, siendo los principales solo nueve brechas del tipo hidrotermal (Brecha de Biotita, Biotita y Magnetita, Fantasma, Central, Occidente, Infiernillo, Anhidrita, Gris fina y Donoso) y una brecha del tipo ígnea homónima, las cuales en su conjunto se diferencian y distinguen esencialmente por su composición, propiedades de la matriz y el tipo de alteración observable en sus clastos (Figura 3.2.). Además, Toro *et al.* (2012), sostiene que los contenidos de cobre hipógeno incrementan progresivamente desde la más antigua a la más joven de las fases de brecha del depósito. En detalle, para las brechas más antiguas (Fantasma, Central y Occidente) indica un contenido de cobre por sobre el 0,2%. Para el caso de las brechas Infiernillo, Anhidrita y Gris fina, otorga valores superiores a 0,6 % de cobre. Y finalmente, el mayor contenido de cobre hipógeno corresponde a la brecha Donoso, concediendo un valor cercano o superiores al 1%. A su vez, el mismo autor, indica que la relación de corte entre los diferentes cuerpos intrusivos, sugiere que el colapso del sistema hidrotermal coincide con el emplazamiento de diversos cuerpos subvolcánicos y el inicio del desarrollo de una diatrema, que representa la última actividad volcánica de la zona.

### 3.2. ROCAS VOLCÁNICAS ESTRATIFICADAS

Los estratos volcánicos y volcano-sedimentarios descritos para el área de estudio, corresponden a la Formación Farellones, que aflora con una potencia estimada de 560 m (Stambuk *et al.*, 1982). A su vez, la formación constituye la roca caja donde se emplazaron diferentes cuerpos plutónicos, los que ocasionaron el desarrollo de estructuras del tipo “*roof pendant*” en la parte superior de sistema, y por lo tanto la roca caja se puede observar en forma de clasto dentro de la mayoría de las brechas definidas en el yacimiento.

Abarzua (2014), indica que la roca de caja del sector, principalmente andesitas se reconocen como una roca de color gris oscuro y su textura porfídica con fenocristales inmersos en una masa fundamental afanítica, fuertemente biotitizada, sericitizada y magnetizada. Los fenocristales observados corresponden a cristales de plagioclasa con moderada sericitización dispuestos según una textura seriada y en ocasiones con escasos cristales apreciables de anfíbola. Además, describe cloritización en biotitas y en ocasiones una alteración potásica.

### 3.3. ROCAS INTRUSIVAS

Este conjunto litológico está representado por familias composicionales y texturales de rocas ígneas pertenecientes al Batolito San Francisco, y a un conjunto de cuerpos filonianos posteriores que cortan a las rocas preexistentes (Contreras, 2003). Estas rocas en su conjunto se distribuyen espacialmente en los bordes del yacimiento e intruyen a la Formación Farellones.

#### 3.3.1. BATOLITO SAN FRANCISCO

Intrusivo de edad Mioceno temprano al Mioceno tardío, que aflora en un área de 200 km<sup>2</sup>, con una mayor extensión en la dirección N-S de aproximadamente 20 km y 10 km en la dirección E-O (Warnaars *et al.*, 1985). Las rocas que componen esta unidad intrusiva, son consideradas de carácter polifásico, dado que se ha constituido de múltiples plutones con textura y composición variable, que petrológicamente incluyen rocas de composición cuarzomonzonita y cuarzomonzodiorita (Figura 3.4.), además de dioritas cuarcíferas, granodioritas, y ocasionalmente granito y sienita (Stambuk *et al.*, 1982). El tamaño de grano fluctúa desde fino a grueso y las texturas varían desde equigranular a porfírica (Warnaars *et al.*, 1985).

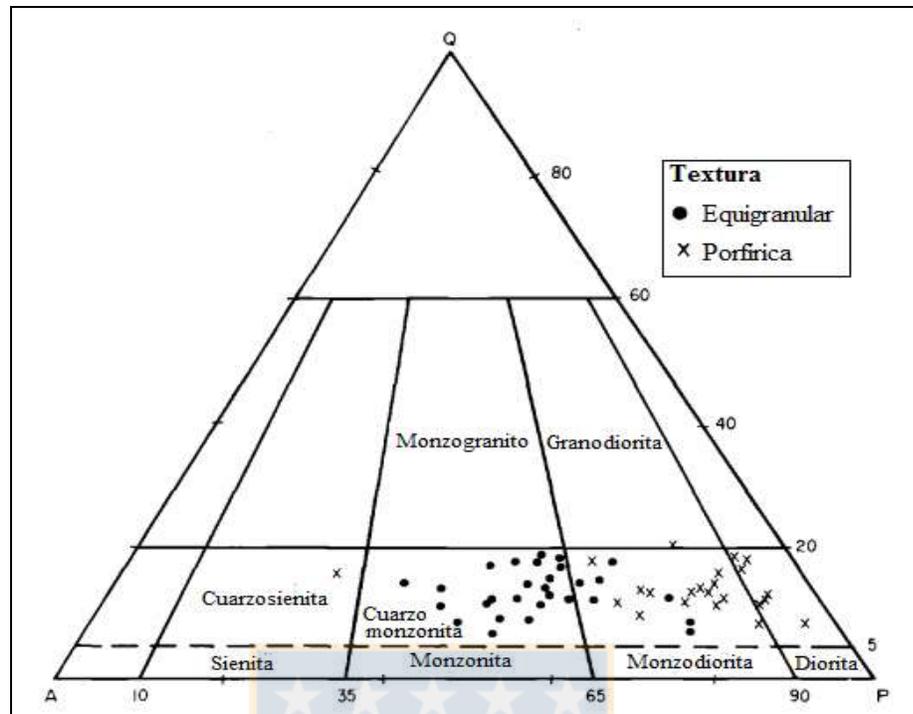


Figura 3.4. Diagrama QAP de Streckeisen (1979) para el Batolito San Francisco (Modificado de Warnaars *et al.*, 1985).

Según Shand (1927), la razón  $Al_2O_3/CaO + K_2O$  de las rocas del batolito varían entre 1,37 y 1,57, lo que sugiere un “*trend*” marcadamente peraluminico, sin embargo estudios posteriores (Oyarzún, 1971, Blondel, 1980, López y Vergara, 1982) sobre la razón  $K_2O/SiO_2$  entregan valores cercanos a 2,0 lo que indican un “*trend*” calcoalcalino. Finalmente, Warnaars *et al.* (1985), indica que la intrusión es fuertemente peraluminosa y una composición calcoalcalina con una afinidad alcalinocálcica.

### 3.3.1.1. Unidad Cuarzomonzonita (QM)

Esta unidad aflora en la parte superior del Valle del Río San Francisco y petrológicamente corresponde a granitos, granodioritas, cuarzomonzonita y cuarzomonzodioritas de textura hipidiomorfa inequigranular de grano medio a grueso y color gris rozado (Figura 3.4.) (Thiele, 1980).

Referente a las alteraciones, la unidad posee una alteración principalmente potásica moderada a débil, caracterizada por la presencia de biotita secundaria y anhidrita, con desarrollo de vetillas tipo A de cuarzo, biotita y pirita. A esta modificación de la mineralogía original, se

sobreimpone una alteración propilítica penetrativa, con ocurrencia de clorita, biotita secundaria y carbonatos. Finalmente y de manera poco desarrollada, se describe una alteración fílica asociada a halos de vetillas tipo B y D compuesta de cuarzo-sericita y una argílica intermedia asociada a vetillas tipo D (Contreras, 2003).

Las rocas de esta unidad son temporalmente posteriores a la Formación Farellones, dado que intruyen a estas últimas. Sin embargo, son anteriores a la Unidad Cuarzomonzodiorita, las unidades porfídicas y el complejo de brechas, proporcionado por la relación de corte expuesta. La edad de la unidad fue determinada por Aguirre *et al.* (1974) mediante dataciones radiométricas realizadas a biotitas utilizando el método K/Ar, obteniendo valores cercanos a los 10 Ma.

### **3.3.1.2. Unidad Cuarzomonzodiorita (QMD)**

Corresponde petrológicamente a cuarzomonzodioritas, dioritas, tonalitas a granodioritas de color gris a gris verdoso, con textura hipidiomórfica inequigranular de grano fino (Figura 3.4.). Además, La unidad es afectada por todas las etapas de alteración reconocidas en el yacimiento, no obstante, la ocurrencia de estas varían notablemente, ya que forma núcleos de alteración que generalmente se superponen entre sí (Contreras, 2003).

Esta unidad intruye a la Formación Farellones y a la Unidad Cuarzomonzonita, y a su vez, es cortada por rocas plutónicas menores más jóvenes de carácter filoniano.

## **3.3.2. CUERPOS INTRUSIVOS MENORES**

### **3.3.2.1. Pórfido Cuarzomonzodiorítico (PQMD)**

Cuerpo intrusivo filoniano que ostenta una textura porfídica de grano medio y una coloración gris clara a blanca (Warnaars *et al.*, 1985). Los fenocristales constituyen alrededor del 25% del volumen de la roca y está compuesta por plagioclasa, cuarzo, feldespatos potásico y máficos. La masa fundamental corresponde al 75% de volumen restante de la roca, y se caracteriza por un agregado de cuarzo, anhidrita, feldespatos potásico, sericita, clorita, calcita y yeso. La mineralogía de mena primaria ocurre en forma diseminada y en vetillas de pirita-calcopirita, en cambio la mineralización supérgena se constituye de calcosina-covelina.

Según Contreras (2003), las rocas manifiestan una alteración potásica remanente e intensa de biotita, feldespato potásico y en menor grado anhidrita y magnetita. Se superpone a la anterior, una alteración fílica moderada a fuerte compuesta por sericita, cuarzo y pirita. La alteración propilítica (periférica) se encuentra en forma moderada y está compuesta por clorita, montmorillonita, calcita y epidota. Además, el mismo autor indica que como resultado de los procesos de alteración, esta unidad tiene una textura moteada gruesa, la cual la distingue de las otras litologías.

Esta unidad se presenta como filón e intruye a las unidades Cuarzomonzonita (QM) y cuarzomonzodiorita (QMD), produciendo halos de alteración y en algunos casos conforma parte de la matriz de la Brecha Ígnea con clastos de la roca encajadora. A su vez, la unidad presenta un contacto gradacional con el pórfido Cuarzodiorítico (Barros, 2007).

### **3.3.2.2. Pórfido Cuarzodiorítico (PQD)**

Cuerpo intrusivo filoniano de composición cuarzodiorítica a tonalítica, con textura porfídica de grano fino a medio y color gris oscuro (Warnaars *et al.*, 1985). Los fenocristales corresponden a un 30% del volumen de la roca y se componen de plagioclasa, biotita-anfíbol y como accesorio magnetita. La masa fundamental equivalente al 70% restante del volumen de la roca, presenta una textura afieltrada, y se compone de plagioclasa, cuarzo, feldespato potásico y clorita (Thiele, 1980). Los minerales de mena se describen en forma diseminada (calcopirita) y en vetillas tipo A escasas (calcopirita y bornita), y la razón pirita/(calcopirita+bornita) es de 0,4 (Barros, 2007).

Relativo a la modificación de la mineralogía original, las rocas poseen una alteración potásica remanente e intensa de biotita secundaria, albita, anhidrita, feldespato potásico y desarrollo de vetillas tipo A. Superpuesta a esta alteración, se desarrolla una alteración fílica débil caracterizada por parches de sericita, cuarzo secundario y andalucita, y una alteración propilítica moderada definida por clorita, biotita secundaria y montmorillonita (Contreras, 2003).

Esta unidad intruye a las unidades Cuarzomonzonita (QM) y Cuarzomonzodiorita (QMD) y se encuentra en contacto gradacional con el Pórfido Cuarzomonzodiorítico (PQMD), pero ostenta un margen de contacto bien definido con las unidades más antiguas (Abarzua, 2014)

### 3.4. COMPLEJO DE BRECHAS

El complejo de brechas se define y clasifica según el tipo de matriz y/o cemento, naturaleza y forma de sus clastos, y por último, tipos y grados de alteración por Warnars *et al.* (1985) como un grupo de siete brechas hidrotermales, las cuales denominó y ordenó cronológicamente de la más antigua a la más joven, de la siguiente forma: Brechas Fantasma, Brecha Central, Brecha Occidente, Brecha Infiernillo, Brecha Anhidrita, Brecha Gris-Fina y Brecha Donoso. Posteriormente, Contreras (2003) añade a esta lista, dos brechas hidrotermales (Brecha de Magnetita y Biotita, y Brecha de Biotita) y una brecha ígnea denominada de forma homónima.

Este complejo de brechas, cubre un área aproximada de 2 km de largo por 0,7 km de ancho, con una orientación NO-SE (Figura 3.2.). Además, por medio de testigos de sondajes, el complejo ha sido reconocido entre los 4.150 y 3.450 m s.n.m., desarrollando una forma de cono invertido, cuyo eje se inclina con un ángulo cercano a 80°, hacia el este (Figura 3.2.).

El complejo de brechas posee contactos abruptos con la roca intrusiva y extrusivas adyacente. Internamente, los contactos de las brechas son localmente bien definidos, pero en otros lugares se unen, interdigitan o muestran un contacto gradacional. Las brechas en la localidad de Los Bronces, son interpretadas como un emplazamiento explosivo, seguido del colapso producto de la despresurización violenta de los fluidos hidrotermales (Warnars *et al.*, 1985)

En cuanto al relleno de las brechas, este incluye polvo de roca, turmalina, biotita, clorita, especularita y magnetita. Además, su cemento grada en forma vertical desde cuarzo, turmalina, especularita, sericita, caolinita, piritita y calcopirita en niveles superficiales a cuarzo, biotita, feldespato potásico, magnetita, calcopirita y bornita en niveles profundos (Vargas *et al.*, 1999; en Toro *et al.*, 2012).

### 3.4.1. BRECHA ÍGNEA (BXIG)

Brecha monomítica, donde tanto matriz y como clastos poseen una composición cuarzomonzodiorítica (Contreras, 2003). La matriz de textura de grano fino a porfídica, que engloba a clastos redondeados de textura hipidiomórfica inequigranular. Su origen ha sido interpretado a sucesivo emplazamiento de los intrusivos de composición cuarzomonzodiorita (QMD) que cortan a la Unidad Cuarzomonzonita (QM).

### 3.4.2. BRECHA DE BIOTITA-MAGNETITA (BXBM)

“Brecha polimítica formada principalmente por clastos de intrusivos de composición tonalítica, cuarzodiorítica y diorítica. La matriz está compuesta por biotita secundaria, magnetita, clorita, cuarzo, anhidrita, sericita y los sulfuros predominantes son pirita-calcopirita y ocasionalmente bornita” (Contreras, 2003). Los clastos presentan una alteración potásica de intensidad variable y vetillas de tipo A caracterizada por la presencia de biotita secundaria, feldespato potásico y anhidrita.

Debido a la alteración potásica el contacto de esta brecha con los intrusivos adyacentes es gradual, pasando de una roca con alteración potásica intensa a clastos con igual alteración y matriz de brecha compuesta principalmente por minerales de alteración de la etapa potásica. Se observar como clasto dentro de brechas más jóvenes.

### 3.4.3. BRECHA DE BIOTITA (BXB)

Brecha polimítica formada por clastos principalmente de intrusivos profundos de composición tonalítica, cuarzodiorítica y diorita (Contreras, 2013). La matriz está compuesta de biotita secundaria, sericita, feldespato potásico, cuarzo y de manera subordinada turmalina y clorita. Los sulfuros predominantes son pirita y calcopirita y ocasionalmente bornita y molibdenita. Los clastos desarrollan una alteración potásica caracterizada por biotita secundaria con una menor cantidad de cuarzo y feldespato potásico.

El contacto de esta brecha con los intrusivos profundos y la brecha de biotita-magnetita son graduales.

#### 3.4.4. BRECHA FANTASMA (BXF)

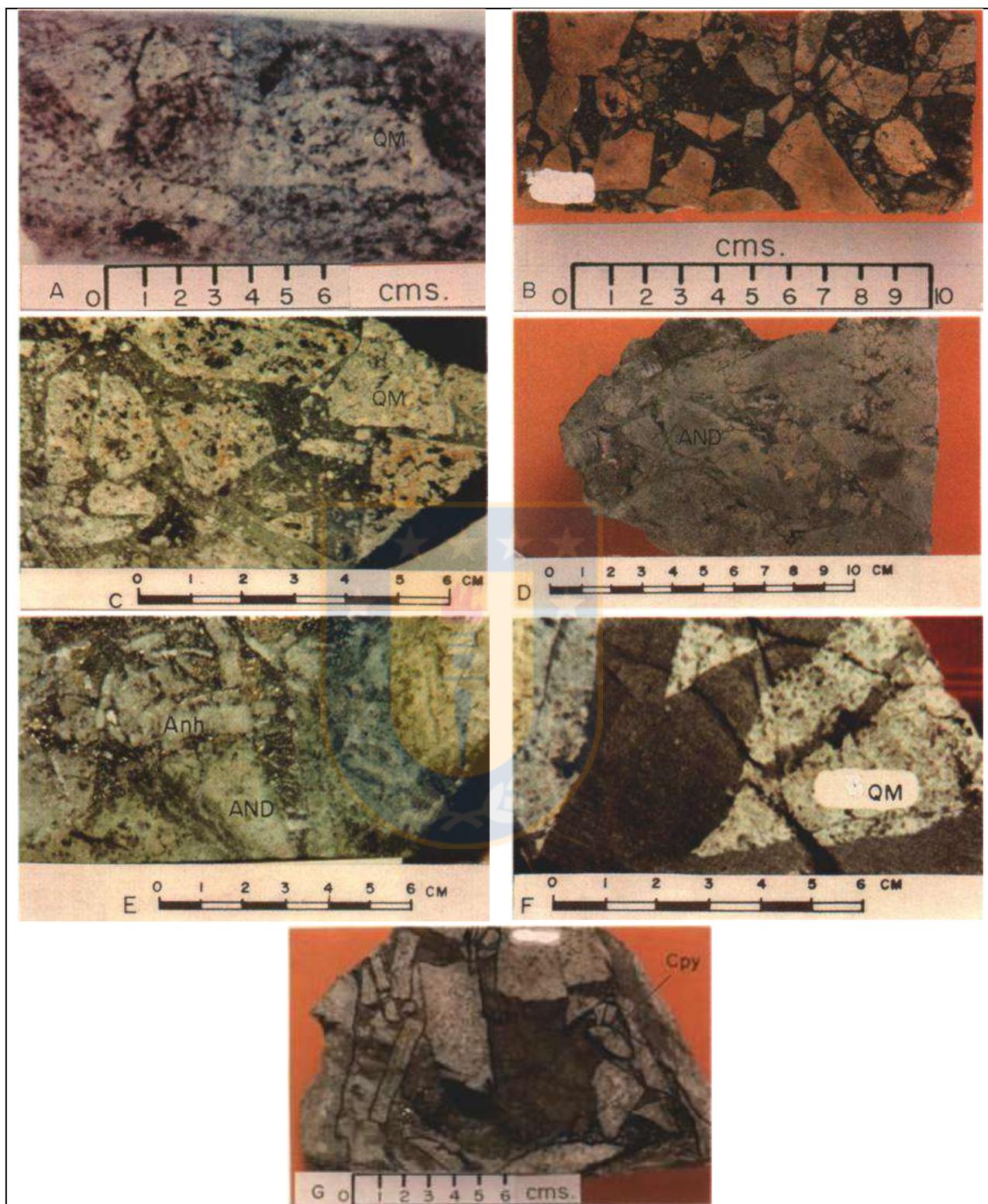
Warnaars *et al.* (1985) describe la Brecha Fantasma como una brecha hidrotermal, en la cual es bastante difícil diferenciar clastos y matriz, ya que ambos se exteriorizan bastante homogéneos, producto de su alteración cuarzo-sericita moderada a fuerte (Figura 3.5.A.).

Otra característica importante radica en que su matriz varía desde 5 a un 30% del volumen total, y está formada por un agregado de cuarzo, turmalina, sericita y especularita con una importante proporción de polvo de roca. El cemento, es escaso, y está constituido por especularita, cuarzo, sulfuros de cobre y hierro, y esporádicamente turmalina. La proporción de clastos predomina ampliamente sobre la matriz, presentando tamaños fino a grueso, pero menores que 20 cm y que composicionalmente corresponden a cuarzomonzonita y en algunos sectores a andesita. Los sulfuros que se desarrollan en esta unidad son pirita, calcopirita, calcosina y molibdenita. La mineralización ocurre diseminada y ocasionalmente asociada a stockworks.

Esta brecha no se expone de buena forma, dado que constituye una brecha remanente en la periferia del complejo Los Bronces. Y sus clastos han sido descritos dentro de las otras brechas como fragmentos remanentes.

#### 3.4.5. BRECHA CENTRAL (BXC)

Brecha de matriz gris oscura a negra (15-90% del volumen de total de la roca), compuesta de cristales de grano fino de turmalina con cantidades menores de cuarzo, especularita, sericita, sulfuros y ocasionalmente anhídrita y polvo de roca (Figura 3.5.B.). Los clastos son en su mayoría subangulares y subredondeados (más redondeados que cualquier otro cuerpo de brecha), con tamaños cercanos a 5 cm (Warnaars *et al.* 1985). La composición de los clastos corresponde principalmente de cuarzomonzonita, excepto en el lado sur donde se encuentran clastos de latitas y andesitas. Además, ostenta una alteración de cuarzo-sericítica, acompañada de una silificación y argilización. El cemento está constituido principalmente por turmalina y subordinadamente por especularita, sulfuros de cobre y hierro. Los sulfuros en esta unidad son: pirita, calcopirita, calcosina, molibdenita y ocasionalmente bornita, las cuales se encuentran diseminados, sin embargo, la calcopirita también puede ocurrir en vetillas.



**Figura 3.5.** Tipos de Brechas, descritas por Warnars *et al.* (1985). A. Brecha Fantasma. B. Brecha Central. C. Brecha Occidente. D. Brecha Infiernillo. E. Brecha de Anhidrita. F. Brecha Gris Fina. G. Brecha Donoso. (Tomado de Warnars *et al.*, 1985).

Según el mismo autor, la Brecha Central se desarrolla posterior a la Brecha Fantasma y es cortada por todas las demás brechas.

#### 3.4.6. BRECHA OCCIDENTE (BXO)

Unidad de color gris verdoso, donde la matriz alcanza el 10 a 30% del volumen de roca total y está compuesta de polvo de roca, clorita, turmalina, sericita, especularita y sulfuros como pirita y calcopirita (diseminado). Las cavidades son raras de encontrar y la fracción clástica predomina ampliamente sobre la matriz (70 a 90% del volumen total de la roca) y se conforma por fragmentos subangulares a angulares de tamaños variables entre 2 y 15 cm, de composición cuarzomonzonita y en menor medida por andesita (Figura 3.5.C.). Además, esta brecha se encuentra fuertemente alterada a clorita, presentando reemplazo de minerales máficos por clorita, especularita y/o turmalina y en menor grado, rutilo (leucoxeno), calcita y esporádicamente epidota. También, se describe una alteración leve cuarzo-sericitica en plagioclasas (Warnaars *et al.* 1985).

El cemento se constituye por clorita, turmalina y especularita subordinada y esporádicamente molibdenita (Cuadra, 1980). Finalmente, la brecha se dispone en contacto gradacional con la Brecha Central.

#### 3.4.7. BRECHA INFIERNILLO (BXI)

Brecha hidrotermal cuyos clastos angulares a subangulares, corresponden composicionalmente a andesitas con cantidades menores de cuarzomonzonita y pórfido cuarzo-latita (Warnaars *et al.* 1985). Sus tamaños varían desde unos centímetros hasta mayores de 1 m (Figura 3.5.D.). Por otro lado, la matriz representa desde un 2 a un 15% del volumen total de la roca y se compone por cuarzo, clorita, turmalina, especularita y sulfuros (pirita, calcopirita, calcosina, molibdeno y en menor cantidad bornita).

La alteración no es homogénea para la unidad, debido a que existen sectores en que predominan clastos frescos, y otros en los que ocurren parcialmente alterados. Pero, en términos generales posee una fuerte alteración a clorita, una silicificación moderada a fuerte y una alteración cuarzo-sericita débil. La paragénesis de alteración más común corresponde a clorita, cuarzo, sericita y ocasionalmente epidota.

La brecha se distingue por el intenso color verde que afecta tanto a los clastos como a la matriz. Esta brecha contiene clastos de Brecha Central, y en profundidad cambia a Brecha Occidente.

#### 3.4.8. BRECHA ANHIDRITA (BXA)

Brecha hidrotermal cuya matriz constituye entre un 5 a 60% del volumen de roca total, compuesta por anhidrita, turmalina, especularita, cuarzo y sulfuros (pirita, calcopirita y molibdenita). Los clastos son angulares a subangulares con tamaños menores a 20 cm, y corresponden a andesitas y en menor medida a cuarzomonzonita (Figura 3.5.E.). Ambas composiciones, lucen alteradas fuertemente a clorita y moderadamente silicificados. En algunos afloramientos la anhidrita se encuentra hidratada pasando a formar yeso (Warnaars *et al.* 1985).

Según algunos autores esta brecha constituye una diferenciación local de la Brecha Infiernillo, caracterizada solamente por la presencia de anhidrita como principal constituyente del cemento y conformando un cuello de anhidrita (Cuadra, 1980).

A su vez Warnaars *et al.* (1985) indica que la Brecha Anhidrita se emplaza dentro de la Brecha Infiernillo. Siendo común encontrar clastos de la brechas Infiernillo y Central en sus constituyentes, demostrando con esto un emplazamiento posterior a ambas.

#### 3.4.9. BRECHA GRIS FINA (BXG)

Recibe su nombre dada la naturaleza de su matriz, de un característico color gris y textura microcristalina. Warnaars *et al.* (1985) indica que la matriz corresponde del 10 a 40% del volumen total de la roca y se compone por: cuarzo, polvo de roca, finos granos de turmalina, sericita y cuarzo. Los clastos tienen formas subangulares de composición cuarzomonzonita, pórfido cuarzolático y andesitas, con tamaños inferiores a los 5 cm (Figura 3.5.F.). A su vez, los clastos se encuentran alterados a cuarzo-sericita y silicificados en forma moderada. Por su parte, la mineralización, se desarrolla en forma diseminada tanto en la matriz como en los clastos, pero en estos últimos, también se posee vetillas.

Los contactos de esta brecha son irregulares, con abundantes apófisis proyectados hacia los cuerpos de brecha adyacentes. Además, la Brecha Gris Fina corta y posee clastos de las brechas Central, Infiernillo y Occidente, indicado su relación temporal posterior.

#### 3.4.10. BRECHA DONOSO (BXD)

Brecha monomictica, en la cual la matriz alcanza valores entre los 5 y 25% del volumen de la roca total, constituida por turmalina negra, cuarzo, specularita y sulfuros de cobre y hierro (pirita, calcopirita y ocasionalmente bornita). Los clastos son principalmente fragmentos angulosos a subangulosos de composición cuarzomonzonita, cuarzomonzodiorita y raramente andesita, con tamaños entre 5-15 cm (Figura 3.5.G.). Además, es común encontrar cavidades en esta brecha y raro localizar polvo de roca (Warnaars *et al.* 1985).

La alteración asociada a esta unidad, es el tipo cuarzo-sericita, que afecta a los clastos con una intensidad moderada hasta obliterar la textura original. Los clastos menores se encuentran altamente silicificados, los de tamaño intermedio presentan halos concéntricos con un núcleo cuarzo-sericitico y un borde silicificado, y los mayores o megaclastos, en general conservan gran parte de su textura original. Otra alteración importante es la cloritización que afecta principalmente a la matriz, pero también a los clastos (Cuadra, 1980).

El contenido de cobre primario es más alto que en las otras brechas, exceptuando para algunas zonas de la Brecha Infiernillo.

En planta este cuerpo de brecha posee una forma elipsoide con su eje mayor NO-SE, buzando al norte en los contactos oeste y sur, mientras que su contacto este es casi vertical. El contacto con la roca encajante (Cuarzomonzonita) es especialmente agudo, al igual que el contacto con las brechas Central y Occidente. Sin embargo, esta brecha contiene clastos de Brecha Fantasma y Central, que indican su temporalidad posterior.

### 3.5. CHIMENEA DE BRECHA RIOLÍTICA (RIO)

Este cuerpo corresponde a una chimenea de brecha subvolcánica de composición riolítica que constituye una unidad dentro del Miembro La Copa del Complejo Subvolcánico Río Blanco y

descrito por Latorre (1981), que en su parte superior está compuesta por flujos de brechas tobáceas soldadas riolíticas y pórfido riolítico. Con respecto a las relaciones de contacto, esta unidad se relaciona en discordancia con la Formación Farellones. Toro *et al.* (2012) agrega que este último evento volcánico del sector, está asociado a una fallamiento extensional de orientación NE-SO.

### 3.6. ALTERACIÓN HIDROTHERMAL Y MINERALIZACIÓN

El depósito Río Blanco-Los Bronces incluye mineralización de sulfuros de cobre-molibdeno en forma diseminada y en *stockworks* asociados con una zona de alteración potásica caracterizada por una intensa biotitización. Esta zona es temporal, espacial y genéticamente relacionada al emplazamiento de brechas mineralizadas de biotita  $\pm$  turmalina  $\pm$  anhidrita  $\pm$  especlarita y a la intrusión de un pórfido cuarzomonzonítico dentro del Batolito San Francisco y sus sobreyacentes rocas volcánicas.

Los minerales hidrotermales clorita  $\pm$  epidota y/o parches de alteración sericítica ocurren alrededor de la zona de alteración potásica. Del mismo modo, la alteración sericítica también ocurre dentro y en los márgenes de intrusiones de pórfidos tardíos, como también en los clastos dentro de las brechas mineralizadas de turmalina (Serrano *et al.*, 1996).

#### 3.6.1. ALTERACIÓN TEMPRANA

Asociación de alta temperatura, rica en hierro y pobre en sulfuros (Serrano *et al.*, 1996), afecta principalmente al Batolito San Francisco y es obliterada por todos los procesos posteriores de alteración, en especial la biotitización proveniente de la alteración potásica. La paragénesis característica de esta alteración corresponde a actinolita hidrotermal diseminada, magnetita, esfeno y plagioclasa, vetillas de actinolita-magnetita con halos de actinolita secundaria, magnetita, clinopiroxeno, esfeno y plagioclasa. La matriz de las brechas está rellena con magnetita, clinopiroxeno, actinolita y plagioclasa.

#### 3.6.2. ALTERACIÓN POTÁSICA

Esta alteración tiene una amplia distribución en el yacimiento, y afecta tanto a rocas extrusivas como intrusivas en forma intensa y de ocurrencia pervasiva. Se describe como un

remanente para la Unidad Cuarzomonzonita, intrusivos más jóvenes y en clastos de algunas brechas. Kusakabe *et al.* (1984; en Serrano *et al.*, 1996), indica que esta alteración se produjo a temperaturas superiores a los 460°C, a partir de fluidos de origen magmático altamente salinos, los cuales alcanzaron su punto de ebullición a profundidades entre 1 y 3 km bajo la paleosuperficie. Posteriormente, Serrano *et al.* (1996), afirma que el emplazamiento de las brechas mineralizadas está cronológicamente relacionado con el evento que produjo la alteración potásica, hecho sustentado por estudios realizados en inclusiones fluidas del sistema. Luego, Contreras (2003), reconoce y describe tres diferentes asociaciones minerales: biotita-magnetita; biotita-feldespatos potásico; y cuarzo-feldespatos potásico.

La asociación biotita-magnetita se caracteriza por la abundante presencia de biotita secundaria de grano fino, la cual reemplaza a los minerales máficos originales y oblitera la textura original del intrusivo y lavas andesíticas. Asociada a esta biotita existe magnetita, cuarzo secundario, anhidrita intersticial y en ocasiones epidota. Junto a esta alteración, se reconocen vetillas de cuarzo, biotita secundaria y clorita, y como núcleo de alteración la presencia de brechas de biotita-magnetita. La mineralización se presenta de manera diseminada como cristales aislados y está constituida por pirita, calcopirita y/o bornita subordinada como sutura en vetillas tipo A.

La segunda asociación mineralógica de la alteración potásica (biotita-feldespatos potásico) se caracteriza por la presencia de feldespatos potásico tanto intercrystalino como en vetillas. La biotita secundaria se presenta de manera similar a la alteración anterior, no obstante, se desconoce la cantidad de biotita heredada. La mineralización se compone de pirita, calcopirita, bornita y molibdenita, situándose en vetillas tipo A y en la matriz de la brecha. Además, es característico de esta zona la generación de las siguientes vetillas: a) vetilla con centro y halos de biotita secundaria, feldespatos potásico y anhidrita; b) vetillas con bandas irregulares de cuarzo y plagioclasa sódica; y c) vetillas de feldespatos potásico con sutura de pirita, calcopirita y molibdenita.

Finalmente, la asociación cuarzo-feldespatos potásico se reconoce por ser una alteración pervasiva, con intensidad moderada a fuerte cuyo hábito principal es el entrecrecimiento intercrystalino de cuarzo y plagioclasa original. A su vez, se describen bandas y vetillas de cuarzo-

feldespato potásico irregulares con halos de igual mineralogía con intensidad decreciente hacia la roca de caja. La mineralización hipógena reside principalmente en la asociación pirita y calcopirita.

### 3.6.3. ALTERACIÓN FÍLICA

La zona de alteración fílica es la que se preserva de mejor forma en superficie y posee una estrecha relación espacial y temporal con la formación del Complejo de Brechas en Los Bronces (Contreras, 2003). La asociación mineralógica de esta alteración se compone de cuarzo, sericita y pirita, y en menor proporción turmalina, especularita y clorita. También, la alteración se expresa en vetillas tipo B con centro de sulfuros, cuarzo, turmalina, especularita y sericita. Sus halos están bien desarrollados y se encuentran formados por cuarzo, sericita, clorita, especularita y turmalina. Además, esta alteración según lo indicado por Barros (2007) podría estar asociada a la recristalización de cuarzo con textura criptocristalina.

La zona de alteración fílica se distribuye principalmente en el intrusivo cuarzomonzodiorita (QMD) y el pórfido cuarzomonzodiorita (PQMD), observándose una coexistencia de esta zona con la zona potásica y un control relacionado con los bordes del complejo de brechas. Esta alteración está superimpuesta a las alteraciones anteriores y oblitera a la mayoría de las asociaciones mineralógicas de las etapas de alteración anteriores.

### 3.6.4. ALTERACIÓN PROPILÍTICA

Según Serrano *et al.* (1996), se restringe a la parte superior del yacimiento, donde reemplaza progresivamente a la alteración potásica. Está se caracteriza por la ocurrencia de clorita, epidota, calcita, especularita, pirita y siderita. Además, Camus (2003) determina la relación temporal de la alteración propilítica como la pre-etapa hidrotermal principal y posterior a la alteración potásica.

### 3.6.5. ALTERACIÓN ARGÍLICA INTERMEDIA

Contreras (2003) a partir del estudio de cortes petrográficos y la determinación de arcillas de alteración, reconoce el desarrollo de caolín, esmectita y en forma subordinada illita y haloisita, las cuales se encuentran sobreimpuestos a la alteración fílica, alterando tanto a los minerales

originales como a los minerales de alteración. Además, el caolín, esmética, illita y haloisita, se desarrollan como relleno de espacios en especial en el caso de las brechas.

### 3.6.6. ALTERACIÓN ARGÍLICA AVANZADA INCIPIENTE

Se encuentra sobreimpuesta en forma restringida a las alteraciones fílica y argílica intermedia en el sector sur del yacimiento. Compuesta principalmente de cuarzo, illita, caolinita, y trazas de alunita. Además, luce una asociación típica de este tipo alteración en un ambiente epitermal de alta sulfuración, caracterizada por la presencia de pirita, calcopirita, calcosina, hipógena, enargita, melnicovita, bornita, tennantita y tetraedrita (Hedenquist *et al.*, 2000; Sillitoe, 1999 en Contreras, 2003).

### 3.6.7. ALTERACIÓN Y MINERALIZACIÓN SUPÉRGENA

Los procesos de lixiviación y enriquecimiento secundario se mantienen en la actualidad, desde que el sistema se exhuma. La edad de la exhumación se puede estimar tentativamente como posterior al emplazamiento del miembro La Copa, es decir, a partir de los 3 Ma (Camus, 2003).

## 3.7. ESTRUCTURAS

La evolución tectono-magmática del Distrito de Río Blanco-Los Bronces involucra la interacción de diferentes factores a lo largo del tiempo, como: la herencia estructural pre-Mesozoica, la extensión Oligo-Miocena, el acortamiento orogénico y la respectiva inversión tectónica Mio-Pliocena asociada al alzamiento andino (Charrier *et al.*, 2002; Carrizo *et al.*, 2012).

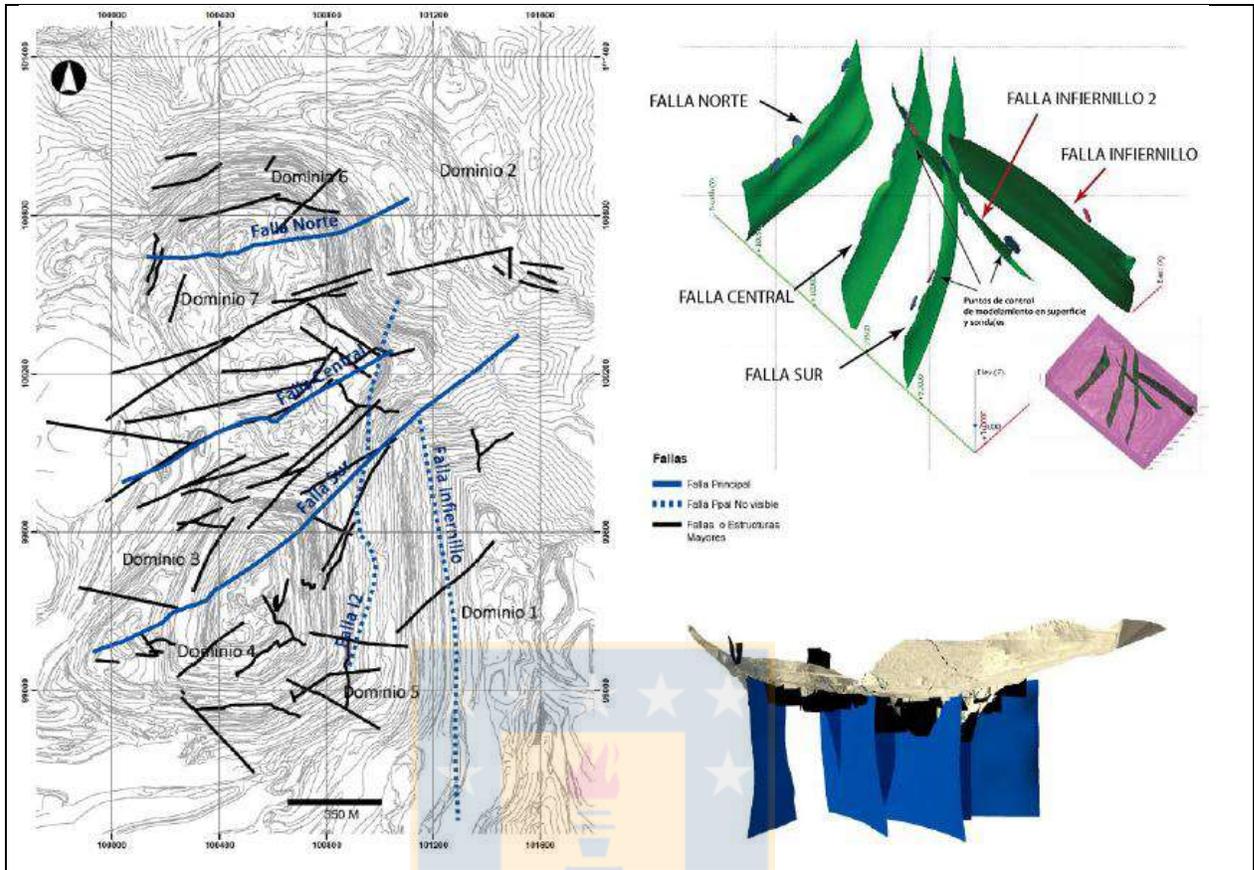
Localmente, Serrano *et al.* (1996) proponen dos sistemas estructurales de importancia, uno N10°-30°O definido por el alineamiento de ambas brechas mineralizadas, los centros porfídicos tardíos y diques, y otro sistema N40°-60°E determinado tanto para fracturas mineralizadas como por las no mineralizadas, fracturas menores, vetas y diques de guijarros, y la falla mayor denominada la “Falla Escondida”. Posteriormente, Piquer y Skarmeta (2012), sugieren que la evolución tectónica del área es fuertemente controlada por un sistema de fallas oblicuas pre-mineral de orientación NO-SE a NNO-SSE y NE-SO que fueron originadas como fallas normales. Estas fallas controlan la separación de la cuenca de Abanico en dos sub-cuencas individuales con

características de facies volcano-sedimentarias y engrosamiento. Además, estos sistemas son reactivados selectivamente durante la posterior compresión. Ejemplo de lo anterior, el sistema NO-SE a NNO-SSE muestra un movimiento inverso-sinistral, mientras que el sistema NE-SO muestra un movimiento principalmente dextral. Esta reactivación ocurre al mismo tiempo en que la Formación Farellones es depositada y el Batolito San Francisco, junto a la serie de pórfidos asociados al sistema Rio Blanco-Los Bronces, son emplazados.

La abundancia de minerales hidrotermales como: epidota, clorita, turmalina, cuarzo, calcita y sulfuros de cobre-hierro, relleno de espacios con evidencias sintectónicas confirma que la inversión Mio-Pliocena ocurre bajo condiciones de altas presión de fluido. Además, dado el alto ángulo de fallamiento ( $60^{\circ}$ - $70^{\circ}$ ), el régimen tectónico compresivo y la presencia de fluidos hidrotermales durante el fallamiento, se concluye que las condiciones necesarias para la reactivación de múltiples fallas desorientadas se cumple (Piquer y Skarmeta, 2012).

En específico, una de las orientaciones predominantes en el depósito Rio Blanco-Los Bronces es la dirección NNO-SSE, ya que un importante porcentaje de las estructuras posee un rumbo que fluctúa entre  $N10^{\circ}O$  y  $N30^{\circ}O$  (Figura 3.6.), esta tendencia está asociada a la disposición de diques, vetas y pórfidos tardíos mineralizados, que afectan a todas las litologías del sector. Las estructuras menores, se reconocen indistintamente afectando todas las unidades litológicas del área, aunque su número disminuye proporcionalmente cada vez que se relacionan con las unidades más jóvenes. De esta manera, la andesita representa la unidad más fracturada, en cambio la riolita constituye la unidad con menor fracturamiento.

A escala local, en Los Bronces se reconocen cinco fallas principales: Falla Norte (E-O), Falla Central ( $N60^{\circ}E$ ), Falla Sur ( $N60$ - $65^{\circ}E$ ), Falla Infiernillo (N-S) y Falla Infiernillo 2 (N-S), todas han sido interpretadas como fallas sub-verticales. Además se reconoce una serie de estructuras mayores (Figura 3.6.) (Carrizo *et al.*, 2013).



**Figura 3.6.** Esquema general de las estructuras principales (azul) y mayores (negro) del sector Los Bronces. (Tomado de Carrizo *et al.*, 2013)

Entorno a la definición de dominios estructurales para el yacimiento, Vargas (1985), considera 6 dominios estructurales basándose en la distribución espacial de los sistemas de fracturamiento con los sistemas secundarios. Posteriormente, Villagrán (2007) determina 6 dominios sobre la base de la geometría de las discontinuidades macizo rocoso, las diferentes litologías aflorantes y las propiedades geotécnicas indirectas de ellas mismas. Más tarde, McCracken (2006) clasifica los dominios estructurales en 8 tipos, cuyos límites corresponden a estructuras mayores. Finalmente Carrizo *et al.* (2013), asigna 7 dominios estructurales considerando parámetros como la litología, estructuras mayores y menores (Figura 3.7.).

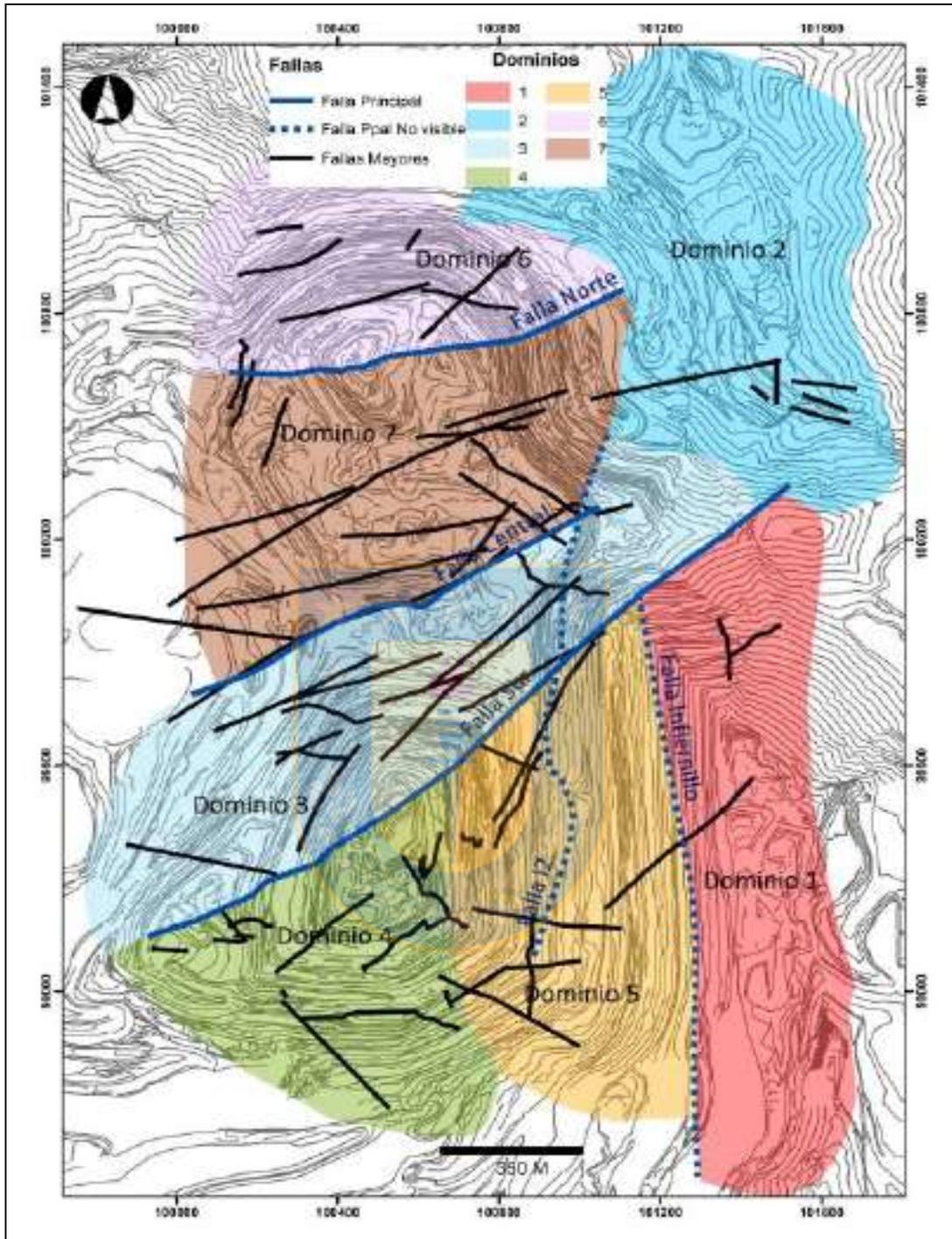


Figura 3.7. Dominios estructurales descritos por Carrizo (Tomado de Carrizo *et al.*, 2013).

## **4. MARCO TEÓRICO**

### **4.1. INTRODUCCIÓN AL MUESTREO MINERO**

Muestra, se define como la parte o porción extraída de una población por métodos que permitan considerarla representativa de la misma, con el objeto de extrapolar, estudiar y comprender las propiedades del conjunto. Además, si se considera que el caso particular de una muestra para análisis químico, ésta se constituye solo de algunos gramos y representa en muchos casos una población compuesta por gran cantidad de toneladas, por lo que se hace necesario que la muestra sea equiprobable, es decir, que cada uno de los fragmentos del lote tengan la misma posibilidad de ser elegidos para formar parte del ejemplar y que se obtenga del lugar de interés, en la cantidad adecuada y con los procesos apropiados de reducción y análisis (Gy, 1982) .

Lo que determina la forma de extracción y la cantidad de muestra a obtener es el protocolo de toma y preparación de muestras establecido. Este procedimiento se lleva a cabo para los diferentes tipos de yacimientos a lo largo de cualquier proyecto minero. Asimismo, al analizar los diferentes factores que interactúan durante la formación de un depósito mineral, se concluye que las características intrínsecas son muy específicas para cada yacimiento, dado que dependen del tipo de roca, estructuras, ambiente tectónico, entre otras variables. Lo anterior, le otorga una naturaleza heterogénea a la mineralización presente en la mayoría de los yacimientos, lo que dificulta la estandarización de un protocolo de muestreo global. Al no poseer un protocolo estándar, es necesario estudiar, recopilar y analizar las características específicas de un depósito particular, para poder confeccionar el protocolo de muestreo adecuado, que no impacte en la confiabilidad de los resultados analíticos obtenidos de las muestras provenientes de las diferentes unidades litológicas del yacimiento.

Otra característica relevante del muestreo minero es su diferencia respecto del muestro estadístico, ya que para el primero, la población o lote está compuesto por elementos de diferente peso (heterogéneo), a diferencia del segundo, donde cada elemento de la población o lote posee igual peso (homogéneo). Producto de esta heterogeneidad presente en sus componentes, el muestro minero se ve afectado en su representatividad por factores como: gran variedad de constituyentes minerales tanto de mena como de ganga; distribución desigual de elementos para cada fragmento;

distribución disímil de la variación granulométrica; y presencia de diferentes rangos de dureza y densidad en la población.

Para resolver el problema de representatividad de las muestras, es necesario analizar los posibles errores involucrados a lo largo del proceso de toma y preparación de las mismas, para ello se debe realizar un seguimiento al protocolo, verificando que cumpla con los estándares y requerimientos apropiados. A su vez, se deben hacer estudios que determinen la heterogeneidad, por ejemplo *Test* prácticos que permitan definir por medio de la obtención de las constantes de muestreo, el error fundamental del protocolo con el fin validarlo o modificarlo. Asimismo, la construcción de nomogramas que permitan determinar la cantidad idónea necesaria de muestra para la población a representar.

## 4.2. DEFINICIONES BÁSICAS

A continuación, se entrega un glosario de términos para comprender el proceso de muestreo en su totalidad.

### 4.2.1. POBLACIÓN

Conjunto completo de observaciones que se desea estudiar. O bien, el total de material con límites definidos desde donde se obtienen los incrementos y/o las muestras.

### 4.2.2. INCREMENTO

Grupo de partículas extraídas de un lote en una sola operación del instrumento de muestreo empleado para la elaboración de una muestra. Los incrementos son obtenidos según un lapso de tiempo determinado o bien una cierta cantidad de masa.

### 4.2.3. MUESTRA

Parte o porción extraída de un conjunto por uno o más incrementos con métodos que permiten considerarla como representativa del mismo, donde todos sus fragmentos tienen la misma posibilidad de ser elegidos para la constitución de la muestra y cumple con las reglas establecidas por la teoría de muestreo. También, puede considerarse como muestra a un grupo de observaciones

o medidas tomadas de una población, que son estudiadas con la finalidad de obtener información sobre las características de todo el conjunto.

#### **4.2.3.1. Muestra Inicial o Primaria**

Cantidad inicial de masa extraída de un lote con la cual se busca representar una población en particular. Por lo general se compone de varios incrementos y a partir de ella se obtienen submuestras de menor peso que busquen representar al lote por medio de procesos de reducción de masa. Para esta investigación la muestra primaria también se denomina compósito.

#### **4.2.3.2. Submuestra o Muestra Secundaria**

Porción extraída de una muestra inicial en etapas de un muestreo polietápico. Generalmente es el resultado de diferentes procesos (chancado, molienda, cuarteo, tamizaje, etc.), que afectan a la muestra primaria, con el fin de reducirla para el análisis de sus propiedades.

#### **4.2.3.3. Muestra Compuesta**

Muestra constituida a partir de la homogenización de varias submuestras.

#### **4.2.3.4. Muestra para Análisis Químico**

Muestra o submuestra seleccionada luego de aplicar diversos métodos establecidos de forma preliminar para su preparación y reducción a partir de la muestra inicial y sobre la cual se llevan a cabo los análisis químicos requeridos para medir uno o varios atributos específicos.

#### **4.2.3.5. Muestra para Análisis Granulométrico**

Muestra o submuestra seleccionada luego de aplicar diversos métodos establecidos de forma preliminar para su preparación y reducción a partir de la muestra inicial y sobre la cual se lleva a cabo los análisis granulométricos requeridos para medir uno o varios atributos específicos.

#### **4.2.3.6. Muestra para Análisis Mineralógico**

Muestra o submuestra seleccionada luego de aplicar diversos métodos establecidos de forma preliminar para su preparación y reducción a partir de la muestra inicial y sobre la cual se lleva a cabo un análisis mineralógico requerido para medir uno o varios atributos específicos.

#### **4.2.3.7. Duplicado**

Muestra o submuestra que contiene teóricamente las mismas características y/o propiedades de otra muestra o submuestra.

#### **4.2.3.8. Estándar**

Muestra o submuestra de la cual se conocen de antemano las características y/o propiedades a evaluar en un posterior análisis.

#### **4.2.4. ESPÉCIMEN**

Se define en forma similar al concepto muestra, teniendo la salvedad que los fragmentos que constituyen la parte o porción extraída del conjunto, no cumplen con la reglas establecidas por la teoría de muestreo o bien no tienen la misma posibilidad de ser elegidos para constituir la muestra (equiprobabilidad). Cabe destacar, que un espécimen nunca debe ser usado en términos cuantitativos y debe ser rotulado como tal.

#### **4.2.5. MUESTREO**

Corresponde a la acción o método de recoger o recolectar muestras representativas de la calidad o condiciones medias de un todo, o bien, a la técnica empleada en la selección de una pequeña parte estadísticamente determinada para inferir el valor de una o varias propiedades del conjunto.

Además, todo muestreo siempre se debe tener establecido: a) objetivo a muestrear, b) población a muestrear, c) información a recopilar, d) metodología a emplear, y e) grado de precisión.

Los tipos de muestreos se pueden clasificar en términos probabilísticos en dos tipos: a) muestreo probabilístico; y b) muestreo no probabilístico. No obstante, ambos se subdividen en diferentes metodologías específicas.

#### **4.2.5.1. Muestreo Probabilístico**

Los métodos de muestreo probabilísticos son aquellos que se basan en el principio de equiprobabilidad. Es decir, aquellos en los que todos los individuos tienen la misma probabilidad de ser elegidos para formar parte de una muestra y, consiguientemente, todas las posibles muestras de tamaño “n” tienen la misma probabilidad de ser seleccionadas.

Además, esta clasificación se subdivide en cuatro técnicas (muestreo aleatorio simple, muestreo aleatorio sistemático, muestreo aleatorio estratificado y muestreo aleatorio por conglomerados).

##### **A. Muestreo Aleatorio Simple**

Consiste en la selección de “n” fragmentos del lote “M<sub>L</sub>” de modo que todas las muestras posibles de tamaño “n” tengan la misma probabilidad de ser elegidas. Además, las muestras son tomadas en intervalos de tiempo y/o espacio variables, con distribución al azar.

##### **B. Muestreo aleatorio Sistemático**

En este caso las extracciones de las muestras es determinada según una regla fija (ejemplo: Tomar muestras de canaletas en una galería cada dos metros). Además, las muestras son seleccionadas en intervalos de tiempo y espacio regulares, de la forma de selección depende del número de elementos incluidos en la población y el tamaño de la muestra.

##### **C. Muestreo Aleatorio Estratificado**

Procedimiento de muestreo relacionado a los dos anteriores. En primer lugar la población se divide en grupos, denominados estratos. Estos últimos corresponden a un intervalo de tiempo o tamaño constante para la colección de muestras, que son más homogéneos que la población en su conjunto. Las muestras son seleccionadas en forma aleatoria dentro de estratos definidos para la

población “ $M_L$ ”. En términos generales, se utiliza cuando se infiere que un lote no es homogéneo, y se aconseja dividirlo en secciones formadas de manera más o menos homogénea, tomando muestras aleatorias en cada uno de ellos.

D. Muestreo aleatorio de conglomerados

Se utiliza cuando la población se encuentra dividida de manera natural en grupos que se supone que contienen toda la variabilidad de la población, es decir, que representan fielmente o las características a elegir. Pueden seleccionarse sólo algunos de estos grupos o conglomerados para la realización del estudio. Dentro de los grupos seleccionados se ubicarán las unidades elementales, por ejemplo, las personas a encuestar, y podría aplicársele el instrumento de medición a todas las unidades, es decir, los miembros del grupo, o sólo se les podría aplicar a algunos de ellos, seleccionados al azar.

**4.2.5.2. Muestreo No Probabilístico**

Los métodos no probabilísticos, son aquellos que no sirven para realizar generalizaciones (estimaciones inferenciales sobre la población), pues no se tiene certeza de que la muestra extraída sea representativa, ya que no todos los sujetos de la población tienen la misma probabilidad de ser elegidos. En general, se seleccionan a los sujetos siguiendo determinados criterios procurando, en la medida de lo posible, que la muestra sea representativa, dado que este tipo de muestreo no es tratado en esta investigación, no se profundizará.

**4.2.6. PROTOCOLO DE MUESTREO**

Protocolo de muestreo o también denomino protocolo de toma y preparación de muestras, consiste en una serie de procedimientos y operaciones claramente establecidas que conciernen al tratamiento de las muestras, desde su extracción a su análisis de propiedades o atributos de interés. Considera, además, un peso inicial “Q” (de varios kilos) hasta la muestra de laboratorio “q” (de algunos gramos).

#### 4.2.7. RECHAZO

Porción de la muestra inicial que mediante el proceso de preparación y reducción no es considerada para el análisis posterior de uno o varios atributos específicos.

#### 4.2.8. TAMAÑO DE FRAGMENTOS (D)

Corresponde al tamaño promedio en un incremento  $\alpha$ . Es distinto del tamaño nominal del fragmento.

#### 4.2.9. TAMAÑO NOMINAL DE FRAGMENTOS ( $D_{95}$ )

Corresponde al tamaño máximo de fragmentos en un lote y se define como la malla que retiene no más del 5% del material sobre ese tamaño. Se mide en centímetros.

#### 4.2.10. COMPONENTE CRITICO ( $A_L$ O $A_S$ )

Constituyente del lote ( $a_L$ ) o muestra ( $a_S$ ) que se busca cuantificar (leyes, litología, mineralogía de mena y ganga, calidad geomecánica del material, dureza, etc.).

#### 4.2.11. VARIABLES

En el estricto sentido de la palabra, es la propiedad que tiene un elemento de diferenciarse de otro del mismo conjunto, lote o muestra. Las variables pueden clasificarse en dos grupos que son cualitativas (aquellas que se refieren a atributos no medibles tales como el color, textura, olor, etc.) y cuantitativas (aquellas cuyos diferentes estados pueden ser expresados de una manera numérica, como longitud, peso, contenido de mineral en una muestra, etc.). Estas últimas, a su vez, pueden dividirse en discretas y continuas. Las discretas son aquellas que se caracterizan por saltos o interrupciones en los valores que estas pueden tener. Estos saltos indican la ausencia de valores intermedios entre los valores particulares; en cambio, las variables continuas son las que se caracterizan por alcanzar (teóricamente) un número infinito de valores entre dos puntos cualesquiera.

#### 4.2.12. REPETIBILIDAD Y REPRODUCTIBILIDAD

Generalmente, en todo ensayo existe una dispersión de los resultados debido al propio ensayo o análisis, y a la influencia que puede tener el operador sobre aquél. Aparecen, pues, los conceptos de repetibilidad y reproductibilidad de los resultados obtenidos en cada uno de los ensayos.

El método de ensayo será tanto mejor desde el punto de vista del control y, por tanto, más fiable cuando exista repetibilidad (el ensayo ofrece poca dispersión de los resultados al repetirlo el mismo operador) y reproductibilidad (el ensayo ofrece poca variación de los resultados obtenidos al realizarlo en otro laboratorio y con distinto operador).

#### 4.2.13. EXACTITUD Y PRECISIÓN

En términos estadísticos la exactitud y precisión corresponden respectivamente a la media, la cual debe ser insesgada (exactitud) y a la varianza del error, la cual debe ser pequeña (precisión).

#### 4.2.14. SEGREGACIÓN

Las partículas de mineral tienden a segregarse, por ejemplo las más pesadas tienen tendencia a localizarse en el fondo. El caso homogéneo es muy difícil de encontrar en la práctica (algunos autores afirman que este caso es inexistente). Sin embargo, el fenómeno de segregación es más complejo y depende además de las granulometrías, formas y pesos de las partículas. Para disminuir el efecto de la segregación es recomendable considerar la toma de la muestra mediante la recolección de varios incrementos, es decir tomar cierto número de sub-muestras para constituir una muestra primaria.

#### 4.2.15. HETEROGENEIDAD

Corresponde a la variabilidad encontrada dentro de una población estadística. Para el caso de muestreo de minerales es de características heterogéneas, ya que las muestras están compuestas por partículas de tamaños y composiciones diversas, es decir, que junto a una partícula de composición dada pueden ocurrir otras de composición o tamaño completamente distintos,

produciéndose un cambio brusco de composición y tamaño al pasar de una partícula a otra. La heterogeneidad se divide según constitución (Heterogeneidad de Constitución) y distribución (Heterogeneidad de Distribución).

#### **4.2.15.1. Heterogeneidad de Constitución (HC)**

Dado que cada elemento del lote tiene un contenido diferente del elemento crítico, es decir, si se selecciona al azar un grupo de fragmentos de una población, se tendrán variaciones de análisis entre uno y otro grupo debido a una distribución no uniforme del componente crítico de un fragmento a otro. Para una muestra constituida de varias partículas de diferentes tamaños, las variaciones entre muestras tienden a disminuir a medida que aumenta el tamaño de la misma.

Asimismo, mientras más diferente sea la composición de los fragmentos, mayor será la heterogeneidad de constitución. Esta heterogeneidad también puede llamarse heterogeneidad de composición, ya que depende de la composición de los fragmentos (Pitard, 1993). Finalmente, este tipo de heterogeneidad es la que da origen al error fundamental de muestreo.

#### **4.2.15.2. Heterogeneidad de Distribución (HD)**

Consiste en las diferencias observadas entre un grupo de fragmentos y otro grupo, que forman parte del mismo conjunto. Se produce porque la distribución de fragmentos de material no es al azar sino que existe segregación. Para que la distribución sea al azar es necesario que la posición espacial de cualquier fragmento sea independiente de sus características de tamaño, forma y densidad. Este tipo de heterogeneidad se debe tratar de evitar en la práctica, ya que produce un enorme aumento del error de muestreo. Una posible solución es mediante el proceso de mezclado que se practica al material previo al muestreo, que tiene por objeto eliminar este tipo de heterogeneidad y obtener una distribución al azar.

Según Pitard (2003), si la heterogeneidad de constitución es alta, existe una mayor probabilidad que la heterogeneidad de distribución sea alta. También, si la diferencia de densidad entre las partículas es alta la heterogeneidad de distribución tiende a ser mayor.

#### 4.2.16. SESGO

Además, el sesgo se puede producir cuando: una muestra de roca se encuentra alterada en forma superficial; pérdida selectiva de elementos móviles (granulometría más fina); contaminación; mala recuperación; y falla humana.

#### 4.2.17. ERROR DE MUESTREO

Debe quedar claro que un muestreo exacto de un material heterogéneo es imposible, siempre existirá un error asociado al muestreo, entendiéndose por error la diferencia entre el valor medido (muestra) y el valor verdadero (Lote). La estimación de un valor de interés, estará generalmente sujeta a una variación entre una muestra y otra, y se entiende como la desviación de una muestra seleccionada de las verdaderas características, rasgos, comportamientos, cualidades o propiedades de la población en estudio. Estas variaciones en las posibles muestras de una estadística pueden, teóricamente, ser expresadas como errores muestrales, sin embargo, normalmente, en la práctica el error exacto es desconocido.

La teoría de muestreo de Pierre Gy identifica tipos de errores derivados del muestreo a pequeña y gran escala de variabilidad. Para los primeros se identifica el error fundamental (EF), el error de agrupamiento y segregación (GE), el error de delimitación de incremento (DE), el error de extracción de incremento (EE), el error de preparación (PE) y el error analítico. Para los segundos, indica el error de interpolación, el error de ponderación y el error periódico.

##### 4.2.17.1. Error Fundamental (EF)

Corresponde al mínimo error de muestreo que se tendrá si se seleccionara cada fragmento o partícula aleatoriamente, uno a la vez, es decir, la diferencia entre el valor exacto de la característica de un lote y su valor estimado a partir de una muestra. A pequeña escala, la heterogeneidad de constitución es responsable del error fundamental, pero cabe destacar que no produce sesgo sistemático solo variabilidad entorno al valor real. Este error depende del peso de la muestra, del tamaño máximo de fragmentos individuales para un determinado estado de conminación, del contenido promedio del elemento en el lote del cual se recogieron las muestras,

del grado de liberación de los minerales del elemento de interés, de la mineralogía y densidad de los fragmentos.

#### **4.2.17.2. Error de Agrupación y Segregación (GE)**

Corresponde a un error adicional debido a que en la práctica las muestras no se colectan tomando un fragmento a la vez, de manera aleatoria. A pequeña escala, la heterogeneidad de distribución es responsable del error de segregación, debido a la distribución no al azar de partículas, usualmente por efectos de la gravedad. La forma de minimizar este error es mediante la optimización del peso de la muestra, aumentar el número de incrementos y/o homogenizar el material antes de retirar la muestra.

#### **4.2.17.3. Error de delimitación de incremento (DE)**

Tipo de error que ocurre por desviaciones de un módulo isótropo de observación que asegure una probabilidad constante de muestreo en todas las direcciones relevantes del lote (principio de equiprobabilidad), es decir, que la forma del volumen de material a partir del cual se toma el incremento no es la adecuada. Por lo tanto el error de delimitación de incremento ocurre si el módulo observación difiere de: una esfera en el caso de lotes tridimensionales; un cilindro en el caso de lotes bidimensionales; una tajada en el caso de lotes unidimensionales; y un conjunto completo en el caso de lotes de dimensión cero.

#### **4.2.17.4. Error de extracción de incrementos (EE)**

Se produce por desviaciones de la regla del centro de gravedad, que dice: si el centro de gravedad de la partícula está dentro del volumen teórico de delimitación, este fragmento pertenece al incremento. De lo contrario, pertenece al rechazo.

#### **4.2.17.5. Error de preparación (PE)**

Error relacionado con la integridad de la muestra y considera los siguientes errores:

A. Error por contaminación

Muestra es contaminada por algún polvo y/o material presente en el circuito de muestreo.

B. Error por pérdida

Muestra pierde material, como por ejemplo: fino por el viento, material que queda en el circuito de muestreo, pérdida accidental de una porción de la muestra.

C. Error por alteración

Muestra altera su composición química, mineralógica y/o física posterior a la extracción.

D. Error humano

Muestra es afectada por mal entrenamiento del ejecutor de la tarea de muestreo, mala mantenimiento y/o limpieza de equipos.

E. Fraude y sabotaje

Error intencional que puede ocurrir en el muestreo comercial.

**4.2.17.6. Error Analítico**

Error que se comete al analizar la muestra, que depende del método de análisis utilizado.

**4.2.17.7. Error de Interpolación**

Error de gran escala de variabilidad que se produce al asumir que la muestra o un conjunto de muestras representan una zona. Este error es cuantificable a través de la crono-estadística.

**4.2.17.8. Error de Ponderación**

Error de gran escala de variabilidad que se produce cuando la muestra obtenida no ocurre en los intervalos de tiempo y de cantidad de masa establecidas con anterioridad.

**4.2.17.9. Error Periódico**

Error de gran escala de carácter sistemático que se produce por sobre estimar o subestimar una propiedad o atributo a lo largo del tiempo.

### 4.3. ECUACIÓN DE PIERRE GY

Toda operación de muestreo posee un error fundamental o mínimo originado por una propiedad intrínseca del material, denominada heterogeneidad de constitución, que no puede ser eliminado por procedimientos de mezcla y homogenización de las muestras, pero si puede ser minimizado, al aumentar la probabilidad de que la muestra exhiba un valor más cercano a la propiedad de estudio del lote del cual proviene.

Para reducir este error mínimo es necesario emplear la teoría de muestreo de materiales de Pierre Gy, y en específico las ecuaciones elaboradas por el mismo autor (ecuación A y B), que en el caso de material quebrado, determina la varianza relativa del error fundamental del muestreo para una muestra de masa determinada ( $M_S$ ) y su constante de muestreo ( $C_\alpha$ ).

$$\sigma_{FE}^2 = \left( \frac{1}{M_S} - \frac{1}{M_L} \right) C_\alpha * d^3 \quad \text{(Ecuación A)}$$

$$C_\alpha = f_\alpha * g_\alpha * l_\alpha * c_\alpha \quad \text{(Ecuación B)}$$

Cada término de la ecuación A significa:

$\sigma^2$ : varianza del error fundamental (adimensional).

$M_S$ : masa de la muestra en gramos.

$M_L$ : masa del lote en gramos.

$C_\alpha$ : constante de muestreo ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ ). Depende a su vez de cuatro factores (ecuación B).

$d$ : diámetro máximo de partículas en cm, también se denomina diámetro nominal. En la práctica se utiliza el valor  $d_{95}$  correspondiente al diámetro que verifica que el 95% de los diámetros son menor que  $d_{95}$ .

Cada término de la ecuación B significa:

$f_\alpha$ : factor de forma de las partículas (adimensional).

$g_\alpha$ : factor granulométrico (adimensional).

$l_\alpha$ : factor de liberación que varía entre 0 y 1 (adimensional).

$c_\alpha$ : factor de composición mineralógica ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ ).

El autor deduce la ecuación a partir de una serie de suposiciones y simplificaciones. Respecto a estas últimas, propone utilizar valores fijos para el factor de forma ( $f_{\alpha} = 0,5$ ) y el factor granulométrico ( $g_{\alpha} = 0,25$ ). Estos valores, junto con la ecuación son indicadas por Vallebuona y Niedbalski (2005), como bastante útiles para el diseño de protocolos de muestreo, pero requieren modificaciones para que su uso sea extensivo a minerales que no están bien representados por estos valores, como por ejemplo, minerales aciculares que deberían poseer un factor de forma mayor a uno.

Para simplificar la ecuación A, se debe considerar como suposición inicial que la masa del lote es mucho mayor que la de la muestra, situación que es usual en la industria minera. Por lo tanto la ecuación de Pierre Gy queda definida de la siguiente forma:

$$\sigma_{FE}^2 = \left( \frac{1}{M_S} - \frac{1}{M_L} \right) C_{\alpha} d^3 = \frac{C_{\alpha} d^3}{M_S} \quad (\text{Ecuación C})$$

Al considerar la ecuación B en la ecuación C, se resume a lo siguiente:

$$\sigma_{FE}^2 = \frac{C_{\alpha} d^3}{M_S} = \frac{(f_{\alpha} * g_{\alpha} * l_{\alpha} * c_{\alpha}) * d^3}{M_S} \quad (\text{Ecuación D})$$

Finalmente y por fines prácticos, el detalle matemático que prosigue de la ecuación D no será profundizado en este estudio, pero si retomado más adelante, ya que la forma obtener el error fundamental y las constantes de muestreo para esta investigación se realiza bajo un método experimental denominado *test* de heterogeneidad.

#### 4.3.1. FACTORES DE LA CONSTANTE DE MUESTREO

A continuación se describe cada uno de los cuatro parámetros a obtener para calcular la constante de muestreo  $C_{\alpha}$ .

#### 4.3.1.1. Factor de Forma ( $f_\alpha$ )

Medida de desviación de un fragmento de la forma cubica perfecta, que no es más que la razón entre el volumen medio de los fragmentos y el volumen de un cubo circunscrito (ecuación E).

$$f_\alpha = \frac{V_\alpha}{d_\alpha^3} \quad (\text{Ecuación E})$$

Dónde:

$V_\alpha$ : volumen de la partícula ( $\text{cm}^3$ )

$d_\alpha$ : diámetro de la partícula (cm)

De la ecuación anterior, se desprende que para un cubo, el factor de forma será 1, mientras que para una esfera perfecta, éste está dado por el volumen que ocupa inscrita en un cubo, que equivale a 0,523. Para el caso de una roca común, éstas se consideran de tendencia esférica, por lo que el factor debería adquirir un valor cercano a 0,5.

El factor de forma es adimensional y se determina experimentalmente, con la mayoría de su valores cercanos a 0,5, existiendo excepciones notables, como minerales escamosos como micas, con  $f \sim 0,1$ ; pepitas de oro (solidos blandos),  $f \sim 0,2$ ; minerales aciculares, con  $f > 1$  y hasta  $f \sim 10$ .

En el caso de este estudio, este valor es calculado de forma experimental por medio de los parámetros obtenidos al realizar los test prácticos de heterogeneidad.

#### 4.3.1.2. Factor Granulométrico ( $g_\alpha$ )

Se define como una medida de las variaciones o rango de los tamaños de fragmentos de la muestra. Junto con el tamaño nominal del fragmento  $d_{95}$ , el factor granulométrico se utiliza para considerar la distribución granulométrica de las partículas.

Para el caso de materiales no calibrados (productos de trituración) es aproximadamente 0,25. Para materiales calibrados (entre dos mallas), es cerca de 0,55. Para materiales naturalmente calibrados (cereales o porotos) es de 0,75.

#### 4.3.1.3. Factor de Constitución Mineralógica ( $c_\alpha$ )

Factor que se define al maximizar la heterogeneidad de constitución de una clase granulométrica, es decir, cuando el factor de liberación tiene valor 1 (mineral liberado). Lo anterior, conduce a que la expresión matemática que define la heterogeneidad de constitución, quede representada por dos fases, una mineral y otra de ganga (ecuación F)

$$c_\alpha = \lambda_M * \frac{(1 - a_L)^2}{a_L} + \lambda_g * (1 - a_L) \quad \text{(Ecuación F)}$$

Dónde:

$\lambda_M$ : densidad de la especie mineral ( $\text{g/cm}^3$ )

$\lambda_g$ : densidad de la ganga ( $\text{g/cm}^3$ )

$a_L$ : ley media del lote

Es importante mencionar que esta fórmula considera especies monominerales, es decir una fase mineral, ejemplo Calcopirita y una fase de ganga, dejando fuera del análisis a minerales que presenten más de una especie de interés, por ejemplo, minerales de cobre compuesto de calcosina-covelina, y ganga.

Por lo cual, existen dos situaciones particulares: la primera, cuando la ley del componente crítico del lote es muy alta (concentrados) y la segunda cuando el componente crítico se presenta en pequeñas cantidades (ley inferior al 5%, por ejemplo, voladuras, residuos, etc.). Para estas situaciones, la ecuación F se simplifica. Para el primer caso, la expresión utilizada es la ecuación F.1 y para el segundo caso es la ecuación F.2

$$c_\alpha = (1 - a_L)\lambda_g \quad \text{Ecuación F.1}$$

$$c_\alpha = \frac{\lambda_M}{a_L} \quad \text{Ecuación F.2}$$

Para el primer caso el factor  $c_\alpha$  varía en forma decreciente con el aumento de la ley, lo que concuerda con el concepto de heterogeneidad de constitución. Por otro lado, el factor es creciente con el aumento de densidad de la ganga

#### 4.3.1.4. Factor de Liberación ( $l_\alpha$ )

El factor de liberación es un número entre 0 y 1 que varía con el tamaño de los fragmentos ( $d$ ), y depende también del tamaño nominal de las partículas de metal puro, o tamaño de liberación ( $d_l$ ), y de características geoestadísticas del mineral a escala microscópica (correlaciones espaciales adentro de los fragmentos). A pesar de la simplificación que se indica en la ecuación G, es el factor más complicado de determinar.

$$l_\alpha = \left(\frac{d_l}{d}\right)^b$$

(Ecuación G)

Dónde:

$d_l$ : diámetro de liberación de la especie de interés.

$d$ : diámetro de los fragmentos

$b$ : parámetro por determinar que depende del mineral

Cabe destacar que el parámetro  $b$  posee generalmente un valor de 0,5, pero la obtención del diámetro de liberación de la especie de interés es muy complejo de lograr, ya que se comporta de manera distinta para diferentes minerales. De igual modo, el factor de liberación es una cantidad muy variable y a veces excesivamente pequeña.

La constante de constitución mineralógica ( $c_\alpha$ ) es usualmente bien aproximada por la razón entre la densidad del mineral puro por la ley del lote (ecuación F2).

El diámetro de liberación de la especie de interés ( $d_l$ ), es el tamaño nominal que los fragmentos deben alcanzar para que los granos de mineral se encuentren completamente liberados de su ganga, es decir, que cada fragmento sea o puro mineral o pura ganga.

Naturalmente, la liberación completa queda a menudo en un concepto ideal, por lo que François-Bongarçon y Gy (1999) proponen que: “es útil sustituirla con un tamaño de liberación práctico: el tamaño nominal para el cual la gran mayoría de estos fragmentos suficientemente largos para tener una contribución significativa a la varianza de muestreo han sido liberados. Aunque no siempre sea exactamente igual al tamaño nominal de los granos de mineral dentro de la roca, este tamaño práctico nunca se aleja mucho de este, y siempre se queda de la misma orden de magnitud. Resulta que el tamaño de liberación a menudo se toma igual al tamaño máximo de los granos, o a su 95% pasando”.

Finalmente, François-Bongarçon y Gy (1999) también indican que la inclusión del parámetro b (ecuación G), permite de obtener nomogramas de muestreo realistas y utilizables.

#### 4.3.2. TEST DE HETEROGENEIDAD

Al extraer una muestra a partir de un lote, surgen diversas interrogantes, como por ejemplo: cuál es el tamaño o cantidad de muestra requerida para asegurar la representatividad del lote, o bien, cuál es la manera correcta de ejecutar la acción de muestreo que confiera validez y confiabilidad a los resultados posteriormente obtenidos. Para resolver esta y otras interrogantes, y considerando la complejidad para obtener el factor de liberación, se recomienda emplear la teoría de muestreo de Pierre Gy, con las ecuaciones anteriormente descritas en procedimientos experimentales para determinar la constante de muestreo, como por ejemplo, los *test* de heterogeneidad, herramienta alternativa que permite mediante procedimientos experimentales o empíricos (fracturamiento, selección, separación en fracciones, etc.), obtener la constante de muestreo ( $C_\alpha$ ) para un conjunto de muestras que representan un material particulado específico. La fórmula inicial es la siguiente:

$$\sigma_{FE}^2 = \frac{S_{ai}^2}{\bar{a}_i^2} \quad (\text{Ecuación H})$$

Dónde:

$S_{ai}^2$ : varianza ponderada de las n muestras empleadas.

$\bar{a}_i^2$ : ley media al cuadrado de las n muestras empleadas.

A partir de la ecuación anterior y la separación de las muestras en fracciones granulométricas (ejemplo, fracción A, B, C, D, E y F), se plantea como hipótesis inicial, que la ley del elemento crítico varía en cada fracción granulométrica, pero acumulando una mayor concentración en las fracciones más finas. Sobre la base de lo señalado, un requerimiento básico para la validez de un *test* práctico de heterogeneidad, es que la razón entre la mayor ley (fracción más fina) y la menor ley (fracción más gruesa), sea inferior a 10.

Asimismo, para la elaboración de un *test* de heterogeneidad es necesario recolectar un número importante de muestras de una fracción granulométrica específica (ejemplo, 100 muestras de la fracción B, que corresponde al rango granulométrico entre -1/2" y +1/4"). Además, estas muestras tienen la particularidad de contener un número de fragmentos constante (ejemplo, 40 fragmentos de la fracción B), elegidos de forma aleatoria.

Sobre la base de lo señalado, la masa de una muestra  $M_s$  se define como:

$$M_s = p_\alpha * f_\alpha * \lambda_\alpha * d_\alpha^3 \quad (\text{Ecuación I})$$

Dónde:

$p_\alpha$ : número de fragmentos de la muestra

$f_\alpha$ : factor de forma

$\lambda_\alpha$ : densidad

$d_\alpha^3$ : tamaño nominal

Por lo tanto, la masa del lote  $M_L$  queda definida como:

$$M_L = \frac{M_s * n_\alpha}{p_\alpha} = \frac{(p_\alpha * f_\alpha * \lambda_\alpha * d_\alpha^3) * n_\alpha}{p_\alpha} \quad (\text{Ecuación J})$$

Dónde:

$n_\alpha$ : número total de fragmentos del lote

Al reemplazar las ecuaciones B, I y J en la ecuación A, se obtiene lo siguiente:

$$\begin{aligned}\sigma_{FE}^2 &= \left( \frac{1}{M_s} - \frac{1}{M_L} \right) C_\alpha \\ \sigma_{FE}^2 &= \left( \frac{1}{p_\alpha * f_\alpha * \lambda_\alpha * d_\alpha^3} - \frac{p_\alpha}{p_\alpha * f_\alpha * \lambda_\alpha * d_\alpha^3 * n_\alpha} \right) * f_\alpha * g_\alpha * l_\alpha * c_\alpha \\ \sigma_{FE}^2 &= \left( \frac{1}{p_\alpha * n_\alpha} - \frac{p_\alpha}{p_\alpha * \lambda_\alpha * n_\alpha} \right) * g_\alpha * l_\alpha * c_\alpha \\ \sigma_{FE}^2 &= \left( \frac{1}{p_\alpha} - \frac{1}{n_\alpha} \right) * \frac{(g_\alpha * l_\alpha * c_\alpha)}{\lambda_\alpha}\end{aligned}\quad \text{(Ecuación K)}$$

Si ahora igualamos la ecuación H a la ecuación K, se obtiene:

$$\begin{aligned}\left( \frac{1}{p_\alpha} - \frac{1}{n_\alpha} \right) * \frac{(g_\alpha * l_\alpha * c_\alpha)}{\lambda_\alpha} &= \frac{s_{ai}^2}{\bar{a}_i^2} \\ (g_\alpha * l_\alpha * c_\alpha) &= \frac{s_{ai}^2}{\bar{a}_i^2} * \frac{\lambda_\alpha}{\left( \frac{1}{p_\alpha} - \frac{1}{n_\alpha} \right)}\end{aligned}\quad \text{(Ecuación L)}$$

Al considerar la ecuación B y reemplazar aquellos que elementos se encuentran en asociados a la ecuación L, se obtiene la ecuación que permite experimentalmente obtener la constante de muestreo.

$$\begin{aligned}C_\alpha &= f_\alpha * g_\alpha * l_\alpha * c_\alpha \\ C_\alpha &= f_\alpha * (g_\alpha * l_\alpha * c_\alpha) \\ C_\alpha &= f_\alpha * \left( \frac{s_{ai}^2}{\bar{a}_i^2} * \frac{\lambda_\alpha}{\left( \frac{1}{p_\alpha} - \frac{1}{n_\alpha} \right)} \right) \\ C_\alpha &= \frac{s_{ai}^2}{\bar{a}_i^2} * \frac{p_\alpha * n_\alpha}{(n_\alpha - p_\alpha)} * \lambda_\alpha * f_\alpha \\ C_\alpha &= \frac{s_{ai}^2}{\bar{a}_i^2} * \frac{n_\alpha}{(n_\alpha - p_\alpha)} * p_\alpha * \lambda_\alpha * f_\alpha\end{aligned}\quad \text{(Ecuación M)}$$

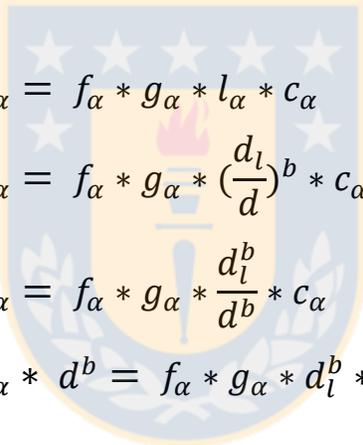
Al prestar atención con detenimiento la ecuación M, y considerar que el número de fragmentos de la muestra es pequeño en relación al número de fragmento del lote.

$$\frac{n_\alpha}{(n_\alpha - p_\alpha)} \approx 1$$

Por lo que la constante de muestreo  $C_\alpha$ , queda definida como:

$$C_\alpha = \frac{s_{ai}^2}{\bar{a}_i^2} * p_\alpha * \lambda_\alpha * f_\alpha \quad (\text{Ecuación N})$$

Para validar el protocolo de toma y preparación de muestras de una operación, es importante dejar la constante de muestreo ( $C_\alpha$ ) en función del diámetro de partículas ( $d$ ), con el fin de obtener el valor de la constante para cada una de las etapas de muestreo. Para lo anterior, se debe retomar la ecuación B y reemplazar el factor de liberación por la ecuación G. Al efectuar lo señalado, y al tener en consideración que los factores  $c_\alpha$ ,  $g_\alpha$  y  $f_\alpha$  no dependen del diámetro nominal de partículas, es posible asumir una nueva constante K (ecuación N), que tampoco depende del diámetro nominal de las partículas ( $d$ ).



$$C_\alpha = f_\alpha * g_\alpha * l_\alpha * c_\alpha$$

$$C_\alpha = f_\alpha * g_\alpha * \left(\frac{d_l}{d}\right)^b * c_\alpha$$

$$C_\alpha = f_\alpha * g_\alpha * \frac{d_l^b}{d^b} * c_\alpha$$

$$C_\alpha * d^b = f_\alpha * g_\alpha * d_l^b * c_\alpha = K$$

Donde:  $K = f_\alpha * g_\alpha * d_l^b * c_\alpha \quad (\text{Ecuación O})$

$$K = C_\alpha * d^b \quad (\text{Ecuación P})$$

Por lo tanto, al obtener el valor de  $C_\alpha$  por medio de la ecuación N, es posible conseguir el valor K en función del diámetro nominal de las partículas en las cuales se hizo el *test* de heterogeneidad (ecuación P). Cabe destacar, que el diámetro nominal de partículas para un *test* de heterogeneidad ( $d$ ), se logra empíricamente a partir de la siguiente ecuación:

$$d = \sqrt[3]{\frac{(d_1^3 + d_2^3)}{2}} \quad (\text{Ecuación Q})$$

Dónde:

$d_1$ : diámetro mayor de la fracción en estudio para el *test* (cm)

$d_2$ : diámetro menor de la fracción en estudio para el *test* (cm)

Una vez adquirido el valor del diámetro nominal ( $d$ ), el factor de forma ( $f$ ) se adquiere al aplicar la ecuación E, donde el volumen de cada fragmento se calcula al dividir la masa promedio de las muestras ( $\bar{M}_s$ ) por el valor obtenido al multiplicar la densidad de la roca ( $\lambda_r$ ) por el número de fragmentos de la muestra (ecuación R).

$$V_a = \frac{\bar{M}_s}{(\lambda_r * p_a)} \quad (\text{Ecuación R})$$

Sobre la base de lo expuesto, y al conocer el valor de la constante K para todo el material particulado analizado, este se puede emplear para calcular el valor de la constante de muestreo ( $C_a$ ) para cada etapa del protocolo de muestreo (Tabla 4.1.).

**Tabla 4.1. Ejemplo de protocolo de preparación de muestras para sondajes *in fill*.**

| Etapa                              | Masa (gr) | Diámetro nominal de fragmento (mm) |
|------------------------------------|-----------|------------------------------------|
| Recepción de muestras              | 50.000    | -                                  |
| Chancado primario bajo ¾" (100%)   | 50.000    | 19                                 |
| Chancado secundario bajo ¼" (100%) | 50.000    | 6,3                                |
| Divisor rotatorio                  | 14.000    | 6,3                                |
| Chancado bajo 10# (70%)            | 14.000    | 1,7                                |
| Divisor rotatorio                  | 600       | 1,7                                |
| Pulverizado bajo 150# (95%)        | 600       | 0,106                              |
| cuarteador                         | 120       | 0,106                              |
| Análisis químico                   | 1         | 0,106                              |

Finalmente el valor de la contante de muestreo ( $C_a$ ) para etapa de muestreo, se establece al multiplicar la constante K del material por la raíz cuadrada del diámetro nominal de la etapa en análisis. La raíz cuadrada se establece al asumir que b tiene un valor 0,5 en la ecuación L.

#### 4.3.2.1. Construcción de Nomogramas

A partir de la ecuación de Pierre Gy y en conjunto con el *test* práctico de heterogeneidad, es posible determinar el error fundamental y relativo para un material particulado específico a lo largo de las diferentes etapas del protocolo de muestreo a analizar.

Para al calcular el error fundamental en cada etapa, se debe tener en consideración el tipo de protocolo de muestreo y el elemento químico a analizar. En la Tabla 4.2. se describe un ejemplo de cálculo estadístico del error fundamental para el elemento de cobre en un sondaje tipo *in fill*.

**Tabla 4.2. Ejemplo de cálculo estadístico del error fundamental para el elemento cobre en sondaje *in fill*.**

| SONDAJE IN FILL (NQ-HQ)   |          |                        |                | K= 10,13          |                |
|---------------------------|----------|------------------------|----------------|-------------------|----------------|
| Proceso                   | Peso (g) | D <sub>95</sub> % (cm) | C <sub>α</sub> | Error fundamental | Error relativo |
| Muestra de Sondaje (5 m)  | 50.000   | 0,63                   | 9,48           | 0,0000474         |                |
| Muestra tomada en Bandeja | 14.000   | 0,63                   | 9,48           | 0,0001694         | 1,3            |
| Chancado bajo 10#         | 14.000   | 0,17                   | 18,26          | 0,0000064         |                |
| Divisor rotatorio         | 600      | 0,17                   | 18,26          | 0,0001495         | 1,2            |
| Pulverizado <150#         | 600      | 0,01                   | 73,12          | 0,0000001         |                |
| Análisis químico          | 1        | 0,01                   | 73,12          | 0,0000871         | 0,9            |
| <b>TOTAL</b>              |          |                        |                | <b>0,0004600</b>  | <b>2,1</b>     |

La Tabla 4.2. describe el proceso de reducción granulométrica desde la muestra de sondaje (5 m, 50 kg) hasta su llegada al laboratorio (0,01 cm, 1 gr). Sumado a lo anterior, para medir el error fundamental y relativo para cada etapa, se debe conocer el valor C<sub>α</sub> por medio de la ecuación P, a partir del valor de la constante K calculado por medio de la ecuación O.

Conocidos los errores relativos y fundamentales, éstos se suman y sus resultados se grafican, con el fin de obtener la cantidad de muestra idónea para cada una de las etapas del procedimiento de toma y preparación de muestras.

La gráfica se denomina nomograma con ambos ejes logarítmicos, donde en el eje de las abscisas se sitúa la masa de la muestra en gramos y en el eje de las ordenadas la variación del error fundamental (Figura 4.1.). Tiene como característica que su eje X corresponde a la masa de la muestra y su eje Y a varianza del muestreo. Esta gráfica permite una mejor visualización del protocolo de muestreo y proponer, de ser necesario, modificaciones.

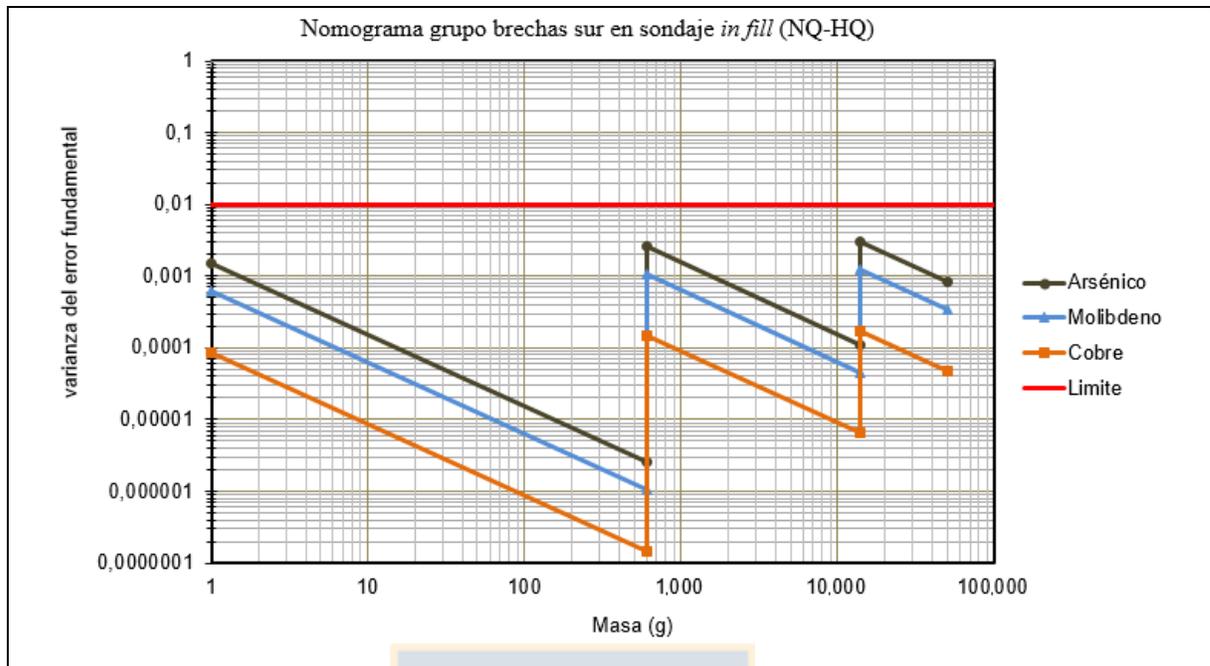


Figura 4.1. Nomograma de Pierre Gy en sondaje *in fill*

La línea roja identifica el 10% de error aceptable, es por ello que se debe trabajar bajo esta zona dentro de la gráfica, es decir, todo el proceso de muestreo debe estar estrictamente bajo esta línea, de manera que su error fundamental sea aceptable.

Las líneas en diagonal de la Figura 4.1. representan la granulometría del lote o muestra extraída. Al analizar con detalle la gráfica se concluye que al mantener un tamaño de partícula fijo “d”, la magnitud del error fundamental es inversamente proporcional a la masa de la muestra.

#### 4.3.2.2. Procesos de Preparación de muestras

Cada *test* práctico de heterogeneidad requiere una rigurosa preparación de muestras, la que consiste en diferentes etapas, de las cuales algunas se repiten para cada rango de granulometría establecido. A continuación se describen brevemente y a grandes rasgos los procedimientos empleados.

##### A. Secado al aire

Proceso que tiene como objetivo determinar la humedad en la muestra, ya que al recepcionar la muestra, ésta es pesada con su contenido de agua. Posteriormente, y de ser estable

térmicamente, se debe secar en una estufa eléctrica con regulador de temperatura (Lámina IV, Figura F y G), a menos que la composición de la muestra lo impida, hasta que el peso sea constante. La diferencia de peso entre la recepción y medida posterior al secado entrega la humedad de la muestra (Anexo III, Tablas 15 a 18). Generalmente se necesita un mínimo de doce horas para secar grandes volúmenes de muestra a 105°C (aproximadamente 300 kg).

## B. Chancado

Operación que consiste en reducción gradual del tamaño de partículas por medio manual o mecánico de las muestras solidas con el objeto de hacer posible su división (Lámina IV, Figura H-J, Lámina V, Figuras A-D y Lámina VIII), conservando la representatividad de la muestra original.

## C. Tamizaje

Proceso probabilístico de separación de las partículas de acuerdo con su tamaño por medio de procedimientos manuales y mecánicos (Lámina V, Figura E-G y Lámina IX), por lo tanto su resultado está sujeto a errores y depende de: la cantidad de partículas alimentadas; la frecuencia de la vibración; y el tiempo de tamizado. Para facilitar la reproducibilidad de los resultados del tamizado, se han establecido normas y estandarizado algunas series de tamices según la Serie Tyler (Tabla 4.3.).

**Tabla 4.3. Sistema de tamices “Serie Tyler” utilizados en esta investigación.**

| Designación Tamiz |          |             | Abertura Tamiz |        |
|-------------------|----------|-------------|----------------|--------|
| Malla Tyler       | Estándar | Alternativa | mm             | Pulg.  |
| 0,742 Pulg.       | 19 mm    | 3/4 Pulg.   | 19             | 0,75   |
| -                 | 12,5 mm  | 1/2 Pulg.   | 12,5           | 0,5    |
| -                 | 6,3 mm   | 1/4 Pulg.   | 6,3            | 0,25   |
| 10 malla          | 1,7 mm   | N°12        | 1,7            | 0,0661 |
| 20 malla          | 850 µm   | N°20        | 0,85           | 0,0331 |
| 65 malla          | 212 µm   | N°70        | 0,212          | 0,0083 |

D. Selección de fragmentos

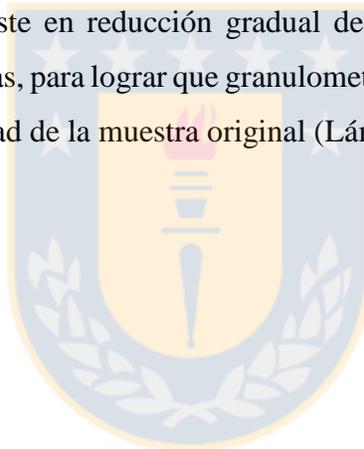
Procedimiento mediante el cual se seleccionan partículas de un lote mediante un muestreo aleatorio o aleatorio estratificado (Lámina X). La selección de fragmentos debe ser realizada al azar, de forma de evitar sesgos sobre las propiedades o atributos que se buscan identificar.

E. Paleofraccionado, reducción másica y cuarteo

Procedimiento que se utiliza para reducir la masa de la muestra por medio de divisiones sucesivas, denominada paleofraccionado (Lámina XII), reducción másica y/o cuarteo (Lámina XII y XIII), asegurando que se mantiene la representatividad de la muestra original.

F. Pulverizado

Operación que consiste en reducción gradual del tamaño de partículas por un medio mecánico de las muestras sólidas, para lograr que granulometría muy pequeña (bajo malla 100#Ty), conservando la representatividad de la muestra original (Lámina XIV).



## 5. UNIDADES LITOLÓGICAS

### 5.1. GENERALIDADES

La Superintendencia de Geología de la División Los Bronces, requiere evaluar si en cada una de las unidades litológicas en explotación, se está obteniendo la cantidad de muestra adecuada según los protocolos actuales en funcionamiento. El tener la cantidad de muestra apropiada permitirá garantizar la extrapolación de los caracteres de la población en forma correcta.

Para lograr determinar que la cantidad de masa de la muestra es idónea, es necesario desde el punto de vista científico realizar un estudio práctico denominado *test* de heterogeneidad en cada una de las unidades litológicas (Unidad Cuarzomonzonita, Brecha Fantasma, Brecha Central, Brecha Occidente, Brecha Infiernillo, Brecha Anhidrita, Brecha Gris Fina y Brecha Donoso). Sin embargo, la misma superintendencia evalúa y es consciente de la nula factibilidad de efectuar ocho test prácticos de heterogeneidad, considerando 300 kg de compósito por cada unidad litológica. Lo anterior se justifica por los siguientes motivos: (a) el alto costo económico de cada test; (b) la ausencia de testigos de sondaje para confeccionar la cantidad de muestra necesaria para dicho test en cada una de las unidades; y (c) la baja posibilidad hacer la investigación en el tiempo asignado para el estudio (seis meses).

Acorde a lo señalado, la superintendencia solicita agrupar las brechas Fantasma, Central, Occidente, Infiernillo, Anhidrita, Gris fina y Donoso, con la finalidad de evitar los tres impedimentos mencionados en el párrafo anterior, reducir de esta forma el número de test de heterogeneidad a la mitad o incluso menos y resolver la problemática inicial sobre las muestras.

En resumen, este capítulo busca analizar la posibilidad de agrupar las brechas por medio de los criterios geológicos y operacionales a disposición. Cabe destacar que dentro de los factores a examinar se encuentran la distribución, exposición, volumen, características principales (ley de cobre, génesis, etc.) y cantidad de material disponible de cada unidad litológicas (testigos de sondaje), en conjunto con la evaluación del plan *budget* de la división para los años 2015 a 2019 y la viabilidad práctica del estudio, considerando la cantidad de tiempo disponible.

## 5.2. CRITERIOS DE AGRUPACIÓN

Para agrupar los cuerpos de brecha es clave analizar diversos criterios que se detallan a continuación. Cabe destacar que esta decisión fue tomada principalmente por el costo económico, la cantidad de muestra necesaria y el tiempo que requiere realizar ocho test de heterogeneidad.

### 5.2.1. GÉNESIS

La génesis de complejo de brecha del sector de estudio es prácticamente el mismo para las siete unidades litológicas. En términos sencillos, según lo indicado por Skewes y Holmgren (1993), desde el Mioceno medio, la corteza aumenta su espesor y un proceso importante de erosión comienza a actuar en la paleosuperficie. Los plutones emplazados en la roca caja, a medida que la erosión ocurre, se acercan a superficie, acelerando su enfriamiento. Sumado a lo anterior, el flujo magmático que alimentaba dicha cámara comienza a disminuir. Como consecuencia de la descompresión por erosión en la parte superior y la disminución del magma en la base del sistema, los volátiles son liberados, produciendo los cuerpos de brecha entre los 7,4 y 4,8 Ma. Los fluidos, una vez separados del magma, siguen estructuras y fallas, utilizando estos últimos como canales.

La exposición, la relación de corte de las brechas y la inclusión de clastos de una brecha en otra, permiten ordenar temporalmente el complejo de brechas, desde la más antigua a la más joven, de la siguiente forma: Brecha Fantasma, Brecha Central, Brecha Occidente, Brecha Infiernillo, Brecha Anhidrita, Brecha Gris Fina y Brecha Donoso. Cabe mencionar que según lo indicado por Toro *et al.* (2012), existe un contacto gradacional entre las brechas Central y Occidente. De igual modo, los mismos autores mencionan que la Brecha Anhidrita, podría corresponder a una diferenciación de la Brecha Infiernillo.

En conclusión, la génesis es similar para todo el complejo, sólo se rescata como argumento para establecer una subdivisión entre las unidades, la relación de contacto existente entre la Brecha Occidente y Brecha Central, como también la relación entre la Brecha Anhidrita e Infiernillo. No obstante, este criterio alimenta la hipótesis de que podría existir un comportamiento similar entre todas las unidades al momento de realizar este estudio, esto debido a que las unidades de roca fueron originadas por el mismo proceso y afectadas por alteraciones similares en menor o

mayor medida como se indica en el Capítulo de Marco Geológico local (alteración fílica, potásica y argílica, entre otras).

### 5.2.2. LEY DE COBRE

El contenido de cobre de las brechas aumenta a medida que éstas son más recientes en su formación. Las tres brechas más antiguas, es decir, la Fantasma, Central y Occidente poseen contenido promedio de cobre de 0,2%. Las Brechas Infiernillo, Anhidrita y Gris Fina, tiene ley de cobre promedio de 0,6%. La Brecha Donoso de un 2,0%.

La Brecha Donoso es la única unidad litológica del conjunto de brechas, que presenta un patrón de comportamiento diferente a las demás, al momento de ser extraída desde el frente de tronadura. En detalle, una vez ocurrida la detonación de la roca en operación minera, se observan con claridad una amplia diversidad de tamaño de los bloques y clastos al momento de fracturar, siendo incluso de dimensiones métricas y donde se constata que la distribución de su mineralogía de valor económico (sulfuros) ocurre principalmente en vetas, dando paso a un efecto pepita importante.

Debido a las condiciones de ley de cobre promedio, el efecto pepita mencionado y su comportamiento al momento de ser fracturada y extraída, se plantea dedicar un estudio de heterogeneidad exclusivo a la Unidad Brecha Donoso.

### 5.2.3. PROCEDENCIA DE LOS CLASTOS

Los clastos de todo el complejo de brechas, contienen mineralización prebrecha que se encuentra diseminada y en vetillas tipo *stockwork*, acompañada de alteración hidrotermal típica de pórfidos cupríferos. Sumando a lo anterior, la geometría de los clasto es de tipo angular a subangular, lo que indica que la roca caja estaba consolidada previo a la formación de las brechas.

En cuanto a la composición de los clastos, es posible diferenciar dos grupos de brechas. En primer lugar las brechas Infiernillo y Anhidrita se caracterizan por poseen un contenido mayor de clastos de composición andesítica, a diferencia de un segundo grupo constituido por las brechas

Central, Occidente, Gris Fina y Fantasma donde predomina la composición de clastos del tipo cuarzomonzonita.

Como los clastos poseen similar densidad y mineralización económica, este criterio pierde consistencia como argumento para agrupar las brechas, de modo, que es solo posible extraer que se mantiene el patrón de conecta a las brechas Fantasma, Gris Fina, Occidente y Central, y las brechas Anhidrita e infiernillo.

#### 5.2.4. CONSTITUCIÓN DE LA MATRIZ

La constitución de la matriz, en términos muy sencillos, se indica en la Tabla 5.1. En ella se pueden distinguir las semejanzas y diferencias existentes entre las unidades litológicas que conforman el complejo de brechas.

**Tabla 5.1. Características principales de las unidades de Brecha del yacimiento.**

| Brecha      | Matriz (%) | Cuarzo | Sericita | Polvo de roca | Turmalina | Especularita | Sulfuros | Anhidrita | Clorita |
|-------------|------------|--------|----------|---------------|-----------|--------------|----------|-----------|---------|
| Fantasma    | 5% a 30%   | √      | √        | √             | √         | √            | √        |           |         |
| Central     | 15% a 90%  | √      | √        | √             | √         | √            | √        | √         |         |
| Occidente   | 10% a 15%  |        | √        | √             | √         | √            | √        |           | √       |
| Infiernillo | 2% a 15%   | √      |          |               | √         | √            | √        |           | √       |
| Anhidrita   | 5% a 60%   | √      |          |               | √         | √            | √        | √         |         |
| Gris Fina   | 10% a 40%  | √      | √        | √             | √         |              | √        |           |         |

Al analizar algún patrón que permita agrupar las brechas, se determina que hay un factor común para las brechas Fantasma, Central, Occidente y Gris fina, producto de la presencia de sericita y polvo de roca en su matriz.

Del mismo modo, se distingue la similitud en la composición de la matriz de las brechas Infiernillo y Anhidrita, donde destaca la ausencia de sericita y polvo de roca.

### 5.2.5. VOLUMEN Y DISTRIBUCIÓN

Al observar con detenimiento el Mapa Geológico (Figura 3.1.) y el Modelo Geológico 3D de la Operación Minera, se aprecia con claridad los cuerpos de mayor importancia, debido a su alto tonelaje, corresponden a las brechas Donoso, Occidente, Central, Infiernillo y Gris Fina.

De igual modo, se explicita la relación espacial observada entre los cuerpos de menor volumen del complejo de brecha, donde destaca la ubicación de carácter aislado de las brechas Anhidrita y Fantasma, sumado a su relación espacial con la Brecha Infiernillo que las aísla de los demás cuerpos de brecha del sector central.

Al considerar lo mencionado y la ubicación de los frentes de extracción se reconocen tres localidades de interés. La primera, ubicada al norte, donde se extrae principalmente la zona sur de la Brecha Donoso. La segunda en el sector central del rajo en el que se distingue la remoción de Brecha Occidente y Central y, en menor medida, Brecha Gris Fina. Finalmente, al sur del yacimiento, la tercera, en la que se saca la porción central de la Brecha Infiernillo.

### 5.2.6. TESTIGOS DE SONDAJE

En los testigos de sondaje disponibles (Anexo III) para este estudio no se encontró litología asociada a la Brecha Gris Fina, por lo que estos estudios de heterogeneidad no se efectuaron para dicha unidad.

## 5.3. AGRUPACIÓN DEL COMPLEJO DE BRECHAS

Al analizar los criterios anteriores en su totalidad, se puede establecer que el complejo de brechas presenta más similitudes que diferencias en su conjunto con excepción de la Brecha Donoso. Esta última unidad litológica mencionada se encuentra más enriquecida en cobre que las demás (ley de cobre promedio es de 2,0%) y describe un efecto pepita y un comportamiento diferente en el frente de extracción. Estas características llevan a la conclusión de que es necesario dedicar uno de los estudios de heterogeneidad a dicha litología.

En relación a las otras seis unidades de brechas, es necesario indagar de forma minuciosa en sus diferencias para poder establecer algún tipo de subdivisión (Tabla 5.2.). A grandes rasgos, la génesis, las relaciones de contacto, la ley de cobre promedio, la procedencia de los clastos, la constitución de la matriz, el volumen y la distribución de las unidades, permite identificar dos asociaciones.

**Tabla 5.2. Características principales de las unidades de Brecha del yacimiento y su similitud dispuesta en colores.**

| <b>Criterio \ Brecha</b> | <b>Fantasma</b> | <b>Central</b> | <b>Occidente</b> | <b>Infiernillo</b> | <b>Anhidrita</b> | <b>Gris Fina</b> |
|--------------------------|-----------------|----------------|------------------|--------------------|------------------|------------------|
| Relación de contacto     |                 |                |                  |                    |                  |                  |
| Ley de cobre promedio    |                 |                |                  |                    |                  |                  |
| Clastos                  |                 |                |                  |                    |                  |                  |
| Matriz                   |                 |                |                  |                    |                  |                  |
| Volumen y distribución   |                 |                |                  |                    |                  |                  |

A partir de la Tabla 5.2., se separan las brechas en dos grupos. La primera agrupación de brechas es el resultado de las similitudes observadas entre la Brecha Occidente y la Brecha Central. Ambas unidades, presentan un contacto gradacional, misma ley de cobre promedio (0,2%), procedencia de clastos desde la unidad Cuarzomonzonita, una matriz constituida por el contenido de sericita, turmalina, especularita, sulfuros y polvo de roca.

La segunda agrupación de brechas también se produce por las semejanzas descritas en cada uno de los criterios analizados, entre la Brecha Infiernillo y la Brecha Anhidrita. Esta última, como se indicó en este capítulo corresponde a una diferenciación lateral de la otra litología. De igual modo, las dos unidades, tienen la misma ley de cobre (0,6%), procedencia de clastos de composición andesítica, matriz marcada por la ausencia de sericita y polvo de roca y la presencia de cuarzo, turmalina, especularita y sulfuros.

La Brecha Gris Fina, no será considerada en el trabajo porque no se cuenta con la cantidad necesaria de muestra para hacer este estudio.

La Brecha Fantasma no se pudo establecer con total claridad a cuál de las agrupaciones anteriores enunciadas pertenece, ya que se sitúa localmente en el sector sureste del rajo en contacto con la Brecha Infiernillo y Brecha Anhidrita, lo que hace suponer que estas unidades se podrían

agrupar. Sin embargo, otras características como ley de cobre, composición de clastos y matriz la vinculan en mejor medida a la primera agrupación mencionada (Brecha Occidente y Brecha Central).

Debido a las dudas establecidas con Unidad Brecha Fantasma al momento de ser agrupada a un conjunto, se decide revisar junto con la ayuda de la Superintendencia de Geología de la División Los Bronces el análisis realizado. La Superintendencia, define realizar la agrupación de las unidades litológicas de la siguiente forma: (1) las Brechas Infiernillo, Fantasma y Anhidrita constituyan el “grupo Brechas Sur”; (2) Las brechas Occidente y Central como un solo cuerpo denominado “grupo Brechas Centro”. A su vez, se confirma que la Brecha Donoso debe ser estudiada de forma aislada y se deja fuera de este estudio a la Brecha Gris Fina, evaluando la posibilidad de extrapolar los resultados con mesura a esta unidad.



## **6. TEST DE HETEROGENEIDAD**

### **6.1. GENERALIDADES**

Para definir la cantidad de masa necesaria que debe tener la muestra de una unidad litológica, es necesario realizar *test* prácticos la heterogeneidad. Esta metodología consta de múltiples etapas de trabajo de gabinete, laboratorio y terreno. Cada una de ellas será descrita en este capítulo, con la finalidad de evaluar la competencia de la muestra actualmente extraída y validar de ese modo el protocolo de toma y preparación de muestras usado actualmente para sondaje *in fill* (HQ-NQ), sondaje diamantino, sondaje de aire reverso, y muestreo de pozos de tronadura en rajo abierto.

Las unidades litológicas del yacimiento Los Bronces, como se relata en el capítulo anterior, debieron en algunos casos ser asociadas debido a las necesidades de este estudio. Como resultado del proceso mencionado, se establece por requerimientos de la Superintendencia de Geología de la División, la exigencia de realizar cuatro test de heterogeneidad en las unidades litológicas: Cuarzomonzonita (QM), Brecha Donoso (BXD), grupo Brechas Centro (BXC) y grupo Brechas Sur (BXS), las que a su vez comprenden las áreas a explotar para el proceso de producción de la división para el quinquenio (2015-2019).

### **6.2. DEFINICIÓN DE LA CANTIDAD DE MUESTRA**

Mediante un acabado estudio bibliográfico de informes internos relacionados al tema de investigación, la asesoría de la consultora CMS ASOCIADOS y la aprobación de la Superintendencia de Geología, se obtiene como conclusión que cada unidad litológica debe ser representada por un compósito de a lo menos 300 kg de muestra.

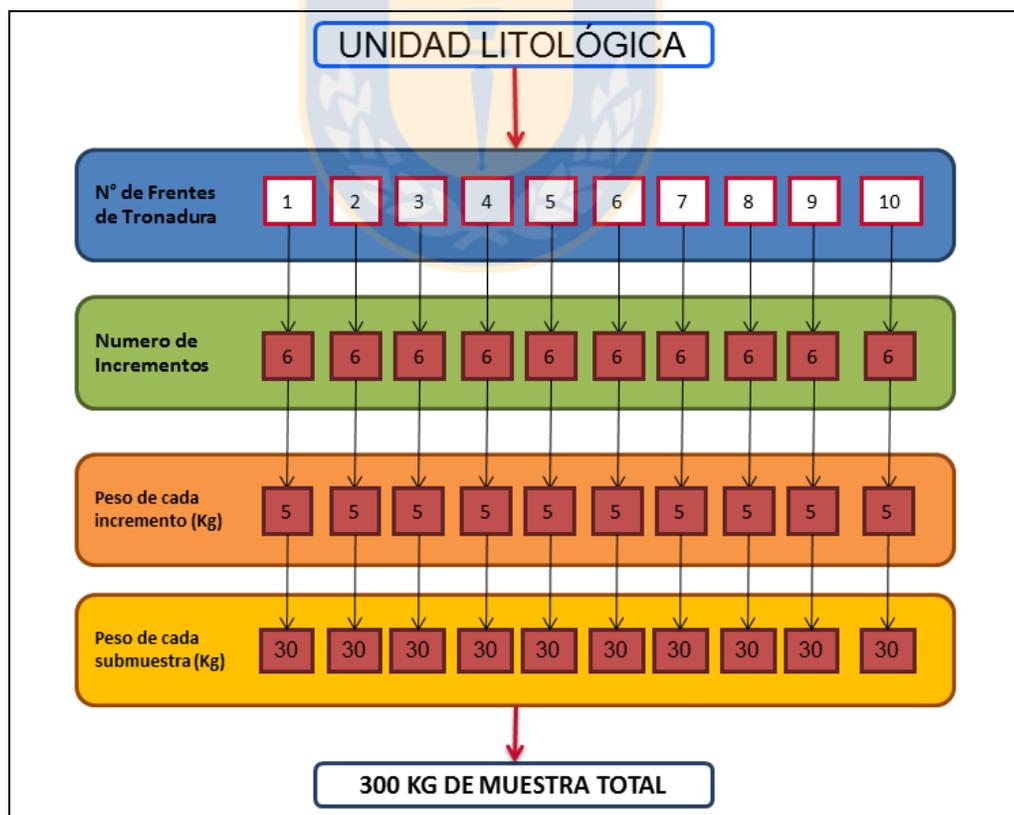
### **6.3. SELECCIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE MUESTREO**

Una vez determinada la cantidad de muestra para la elaboración de cada compósito, es clave definir la metodología de muestreo, es decir, de donde se obtendrán los 1.200 kg de roca mínimos para representar a las cuatro unidades litológicas.

En un primer momento y mediante la asesoría de la consultora CMS ASOCIADOS, se solicita que las muestras fueran obtenidas a partir de testigos de sondajes, lo cual según lo planteado por la Superintendencia de geología no es factible debido al alto costo principalmente bibliográfico y económico que trae consigo la utilización de este tipo de muestras.

Sobre la base de lo señalado, y mediante una nueva revisión de los diferentes factores prioritarios. La Superintendencia de Geología determina, que la técnica a emplear para la recolección de los diferentes compósitos es un muestreo aleatorio estratificado en los diferentes frentes de tronadura del yacimiento.

El esquema superior (Figura 6.1.), describe el procedimiento construido para la obtención de cada uno de los cuatro compósitos en los frentes de tronadura de la Operación. Este procedimiento, a grandes rasgos considera que cada unidad litológica debe ser representada por una masa mínima de 300 kg confeccionada a partir de diez submuestras de 30 kg cada una.



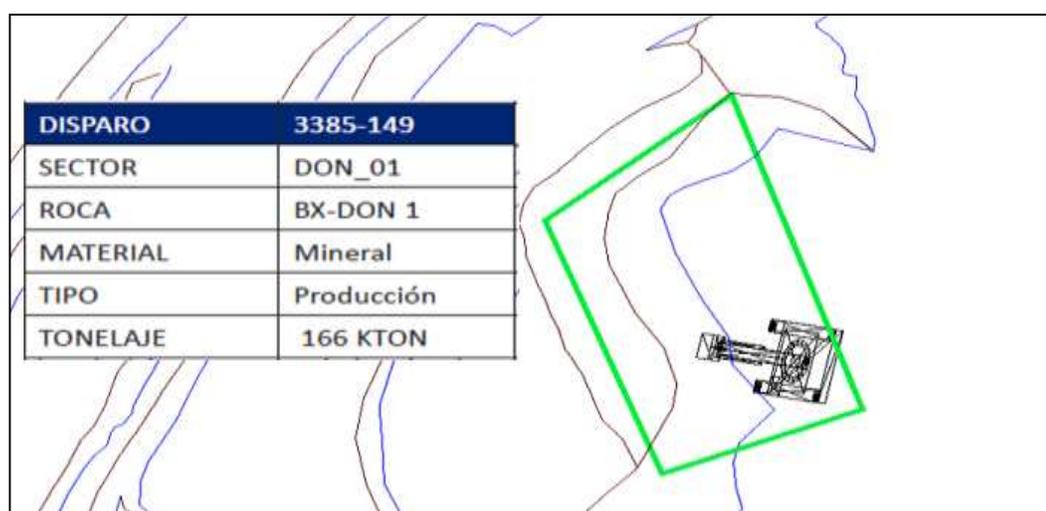
**Figura 6.1.** Esquema de procedimiento para la obtención de muestra en frentes de tronadura.

Para establecer los sitios de interés donde se extraerá las diferentes submuestras, se debe considerar todas las mallas de producción del rajo que han sido tronadas o están en un futuro cercano a ser tronadas.

Con el fin de que exista representatividad, se debe seleccionar un número de diez frentes de tronadura para cada unidad litológica. Para seleccionar dichos frentes, es prioritario considerar dos aspectos fundamentales: (a) su distribución en dichos frentes dentro de la unidad litológica a evaluar; y (b) su reporte granulométrico, dado que se considera como requerimiento previo del procedimiento, que a lo menos un 80% de los clastos del frente de tronado debe exhibir un diámetro menor a los 30 cm.

Lo anterior se establece, dado que el procedimiento de muestreo se debe realizar mediante una operación manual, utilizando una pala gis N°40 (Lámina IV, Figura E) y bolsas de polietileno resistentes que eviten la pérdida y alteración de las rocas (Lámina II, Figura A-B).

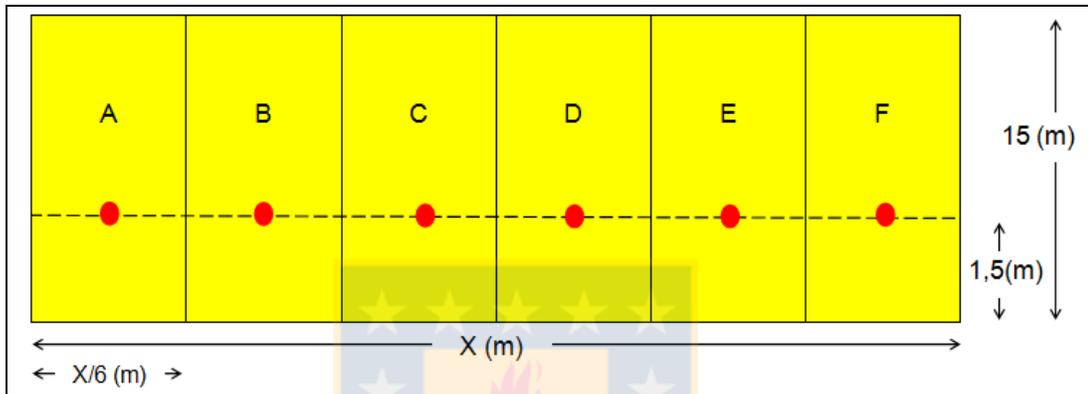
En detalle, para cada frente de tronadura, se debe realizar la recolección de 30 kg de submuestra, mediante la obtención de un muestreo aleatorio estratificado de seis incrementos de aproximadamente 5 kg cada uno. A modo de aclarar lo mencionado, se considera como ejemplo la malla tronada N°149 correspondiente a la cota 3385, de la unidad litológica Brecha Donoso (Figura 6.2.)



**Figura 6.2** Ejemplo de malla tronada N°149 correspondiente a la cota 3385, de la Unidad litológica Brecha Donoso (Superintendencia de Geología, 2014)

Una vez seleccionada la malla de producción (Figura 6.1.), se tiene que verificar en terreno si el frente cumple con los dos requerimientos anteriormente indicados. Además, se debe documentar mediante imágenes fotográficas la condición en la cual se encuentra.

Verificados ambos requerimientos, se mide en terreno de manera horizontal el largo de la frente ( $X$ , Figura 6.3.) utilizando una huincha métrica adecuada.



**Figura 6.3. Esquema vista frontal del frente de tronadura.**

Para efectuar un muestreo aleatorio estratificado, se divide el largo del frente de tronadura en seis segmentos de igual tamaño horizontal (A, B, C, D, E y F; Figura 6.3.). Luego, a una altura de 1,5 m y a la mitad de cada segmento (puntos rojos, Figura 6.3.) se puede recolectar cada uno de los seis incrementos.

Cabe destacar que se propone una distancia vertical constante de 1,5 m de altura, para evitar coleccionar incrementos de la parte baja (mayor contenido en material grueso) y la parte alta (mayor contenido en elementos finos).

Inmediatamente después que cada incremento ha sido coleccionado, debe ser pesado y rotulado, verificando que cumpla con el peso apropiado de 5 kg aproximadamente.

Si se da el caso en que un punto a muestrear coincida con un bloque de dimensiones considerables (mayor a 30 cm de diámetro y/o de peso mayor a 5 kg), se debe proceder a fragmentar el bloque con el fin de obtener un incremento adecuado.

Colectados todos los incrementos, se agrupan con los demás frentes pertenecientes a la misma unidad litológica. Esto último al igual que el proceso anterior, debe ser documentado mediante el uso de imágenes fotográficas. Agrupados la totalidad de incrementos correspondientes a los diez frentes de tronadura (300 kg aproximadamente), deben ser depositados en un contenedor rotulado, que preserve sus características y evite pérdidas.

Finalmente el compósito de la unidad es enviado al laboratorio para su tratamiento y análisis químico.

Sobre la base de lo expuesto y mediante visitas a terreno, lectura de nuevos informes asociados al tema, se llegó a la conclusión que el procedimiento anteriormente descrito no cumple con los requerimientos propicios para el desarrollo de una investigación consistente, que responda al objetivo planteado. Además, la teoría de muestro y la bibliografía sobre el tema, invitan a buscar un método más adecuado para este tipo de estudio.

Dentro de los aspectos más relevantes que permiten descartar el procedimiento anterior, guardan directa relación con las características propias del yacimiento, dado que la mayoría de los frentes de tronadura tienen clastos de tamaños métricos (Figura 6.4.), superiores a los esperados, por lo cual la obtención de la muestra traería consigo un sesgo importante, dado que solo se toma la parte más superficial de los clastos, zona más propensa por medio de la situación climática de la operación a ser alterada por meteorización física y química, y no por procesos relacionados a su génesis.



**Figura 6.4. Frente de Tronadura, Operación minera Los Bronces.**

Asimismo, es relevante mencionar que al momento de ocurrida la tronadura y posterior extracción de parte inicial del frente debido al plan operacional, en la mayoría de los casos, los clastos de mayor tamaño (material grueso), se concentra en los primeros tres metros de altura del banco, lo que imposibilita la extracción de fragmentos apropiados para el procedimiento de muestreo establecido, lo que podría conllevar a un error de segregación dada la concentración del material más pesado en la base del frente.

Considerando las bases de teoría de muestreo sobre la definición de una muestra, el hecho de que cada fragmento del lote no tenga la misma probabilidad de ser elegido para constituir la submuestra en cada frente, inmediatamente le elimina la característica de ser equiprobable, por ende deja de ser una muestra y recibe el nombre de espécimen. Conjuntamente a lo anterior, esto puede conllevar un error de delimitación y extracción de los incrementos.

Otro aspecto importante referente a las características intrínsecas del yacimiento es la seguridad, el desarrollo del plan operacional y el aseguramiento de constancia en la realización del procedimiento de toma de muestras.

Después de aclarado lo anterior, en términos específicos, los factores primeramente mencionados se articulan dado que al realizar un muestreo en el frente de tronadura, se tiene que convivir con equipos de gran envergadura que circulan por el área (retroexcavadoras, buldócer, camiones de alto tonelaje, entre otros), lo que produce un riesgo a la seguridad de las personas involucradas. Asimismo, por el proceso de extracción constante desde el rajo, las maquinarias dejan al descubierto bancos 15 m de altura, con clastos “colgados” en su parte superior, lo que no asegura la inmunidad de las personas que efectuaran el procedimiento en la parte baja de la frente.

También, se ve en terreno que el procedimiento interfiere en el plan operacional de la división, lo que trae consigo altos costos para la compañía, dado que camiones y maquinarias pesadas deben detenerse por un tiempo prolongado.

Finalmente, se concluye que no es posible asegurar la constancia del procedimiento de toma de muestras, dado que no siempre se puede interferir el plan operacional y en algunos casos las condiciones climáticas adversas propias de un clima de alta montaña, impiden su realización.

Sobre la base de lo expuesto, la Superintendencia de geología reconsidera la propuesta inicial sobre la utilización de testigos de sondaje para este estudio, por lo que se definió un nuevo procedimiento de muestreo entorno a las nuevas características del proceso.

#### **6.4. ESTUDIO DE HETEROGENIDAD**

##### **6.4.1. TOMA Y PREPARACIÓN DE MUESTRAS**

Para lograr responder al objetivo principal de esta investigación y luego de realizar un análisis acabado de las condiciones y materiales necesarios, se determina como Superintendencia de Geología que el procedimiento de toma y preparación de muestras para la confección de los cuatro compósitos se debe hacer a partir de testigos de sondajes por medio de un muestreo aleatorio estratificado, lo anterior busca representar a la unidad litología en forma vertical.

##### **6.4.2. SONDAJES DISPONIBLES PARA ESTUDIO DE HETEROGENEIDAD**

Por medio de la base de datos de sondajes de la operación se obtuvo una cantidad de doce sondajes disponibles para esta investigación. Estos sondajes tienen la característica de no haber sido analizados, ni macroscópica, ni microscópicamente, por lo que se procedió mediante el *software Minesight*, a contrastar los diferentes sólidos de roca de las unidades litológicas de importancia con el trazado de los sondajes disponibles. Una vez hecho lo anterior, se traslaparon los mismos sondajes con los sólidos propuestos por año del plan *budget* del próximo quinquenio (2015-2019), con el fin de verificar su coherencia.

Durante ambos procesos, fue preciso descartar aquellos sondajes que no corresponden al plan *budget*. Asimismo, según su distribución se seleccionaron aquellos sondajes que se encontraban comprendidos en el plan y exhibían una distribución amplia dentro de sus unidades litológicas de importancia. Sin embargo, de todos los sondajes primeramente seleccionados, se

apartaron aquellos demasiado cercanos entre sí, manteniendo solo aquel o aquellos sondeos que representaran de mejor forma la distribución tridimensional de los cuerpos de roca.

En resumen, se dispuso de los sondeos: LB207, LB14111, LB1307, LB11129, LB2208, LB43606, LB47406, LB14408, LB17808, LB140035, LB140083 y LB140099. De ellos se descartaron los sondeos: LB207, LB14111 y LB1307 por encontrarse fuera del plan *budget* del próximo quinquenio. Por la cercanía de los sondeos LB11129 y LB17808, se seleccionó este último, dado que representa un número mayor de unidades litológicas de importancia. Finalmente, se descarta el sondeo LB2208 por estar bastante alterados en forma superficial, lo que puede impactar fuertemente en el estudio de sus propiedades.

En conclusión, se descartan cinco sondeos por las razones expuestas en el párrafo anterior. Esto deja disponible los sondeos: LB43606, LB47406, LB14408, LB17808, LB140035, LB140083 y LB140099 para realizar los cuatro test de heterogeneidad en las unidades litológicas de importancia.

#### 6.4.3. DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Considerando que cada uno de los sondeos seleccionados, no contaban con una descripción macroscópica según los procedimientos de mapeo de testigos de sondeos establecidos para la División, se realizó una descripción macroscópica general de cada uno, en función de determinar la unidad litológica a la cual corresponde cada tramo del sondeo. Además, se incluyó una determinación visual de la ley, la que posteriormente se corroboró por medio de análisis químico de la mitad del testigo (Anexo III, Tablas 1-14).

Con el fin de perfeccionar la descripción anterior, se seleccionaron muestras representativas de cada unidad litológica para hacer una descripción macroscópica detallada (Anexo II).

Lo que permitió clasificar cada intervalo de sondeo en función de la unidad litológica a la cual corresponde. Y mediante la descripción macroscópica detallada, se corroboró que estas muestras coinciden con las descripciones realizadas por Warnars *et al.* (1985) y Contreras (2003).

#### 6.4.4. DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

Considerando la condición anteriormente expuesta en relación a la ausencia de descripción formal de los testigos de sondaje seleccionados, se efectuó una amplia descripción microscópica de muestras anteriores a esta investigación (Anexo II), con el fin de verificar la descripción macroscópica realizada y obtener información sobre los elementos químicos importantes de cada unidad litológica.

Sobre la base de la descripción macroscópica y microscópica (Anexo II), se establece que a partir del reconocimiento de minerales como calcopirita, bornita, calcosina y molibdenita, que los elementos químicos importantes en términos de menas, corresponden principalmente a cobre y molibdeno, ambos descritos tanto en forma diseminada como en vetillas, para las cuatro unidades litológicas.

A su vez, y mediante lo recopilado tanto en la descripción macroscópica y microscópica, sumado a una revisión bibliográfica de trabajos anteriores efectuados en la operación, tuvo especial interés por aquellos elementos químicos problemáticos desde el punto de vista de las penalidades (arsénico, antimonio y bismuto). De lo anterior, se concluye que mineralización escasa de enargita y tennantita, podría traer problemas desde el punto de vista de las penalidades. Considerando esta preocupación y dado que los sondajes de esta investigación no presentan altos contenidos de estos minerales, se consultó al geólogo encargado del área de metalurgia, el Sr. Marcelo Rocha, sobre la existencia de algún tipo de problema con estos elementos que haya sido reportado en la planta de la operación, a lo que indico “La planta históricamente no ha reportado problemas con los contenidos de Antimonio y Bismuto, dado que sus contenidos están bajo lo que establece la norma. En cambio el Arsénico desde un tiempo a esta parte, ha reportado un alto índice en las rocas que se están extrayendo del yacimiento”. Considerando lo analizado y expuesto anteriormente, se concluye que desde el punto de vista de las penalidades, el elemento a estudiar es el arsénico mediante la herramienta de *test* prácticos de heterogeneidad y se propone un análisis específico del tipo *QUENSCAN* para corroborar el bajo contenido de los minerales portadores de Bismuto y Antimonio.

#### 6.4.5. DETERMINACIÓN DE ELEMENTOS QUÍMICOS

Con la finalidad de que esta investigación responda al objetivo propuesto, se establece mediante la revisión bibliográfica, consulta con expertos en el Área de Metalurgia y la descripción macroscópica y microscópica de testigos de sondaje (Anexo II), que los elementos químicos en los cuales se busca validar el actual protocolo de toma y preparación de muestras de la operación mediante la realización de test prácticos de heterogeneidad, son cobre, molibdeno y finalmente arsénico. Los dos primeros son seleccionados dada su importancia como menas del proceso minero y el último por su implicancia respecto a posibles penalidades a lo largo del proceso.

#### 6.4.6. SELECCIÓN DE TRAMOS DE SONDAJE

Realizada la descripción general de los siete sondajes, se establece una base de datos con cada uno de los tramos y distribución de las unidades litológicas (Anexo III, Tabla 1-14).

Con el fin de evitar privilegiar o discriminar alguno los tramos y/o sondajes para su selección para el uso en test prácticos, se tomó como decisión a partir de la base de datos, que para cada unidad, se deben emplear a lo menos un tramo en el sondaje en el cual se registre su presencia, es decir, si para el caso de una unidad, ésta se encuentra en cuatro sondajes de los seleccionados, los cuatro deben estar representados a lo menos por un tramo en el compósito final de la unidad.

Otro aspecto importante para la elección de los tramos fue la distribución espacial tanto en vista de planta como en profundidad, dado que se evita sobreestimar en función de un sector específico la unidad litológica.

Con la finalidad de evitar sesgos y que la elección de los tramos sea lo más aleatoria posible, se empleó un graficador de variables aleatorias sin repetición, que permitiera a partir de los requerimientos anteriores poder elegir sin privilegios ni discriminación, cada uno de los tramos destinados a la elaboración de los cuatro compósitos.

Para el procedimiento anterior, se atribuyó un valor a cada tramo de sondaje en función de su ley reportada, con el fin de poder abarcar el rango completo de ley registrada para la base de datos.

#### 6.4.6.1. Selección de Tramos de Sondaje para la Unidad Cuarzomonzonita

La Unidad Cuarzomonzonita se encuentra en cinco de los siete sondajes (Figura 6.5.). La selección de muestras se establece entorno la distribución en vista de planta, como en la extensión del sondaje. De esta forma se le asignan un total de 22 muestras, cada una compuesta por un tramo de cinco metros del sondaje.

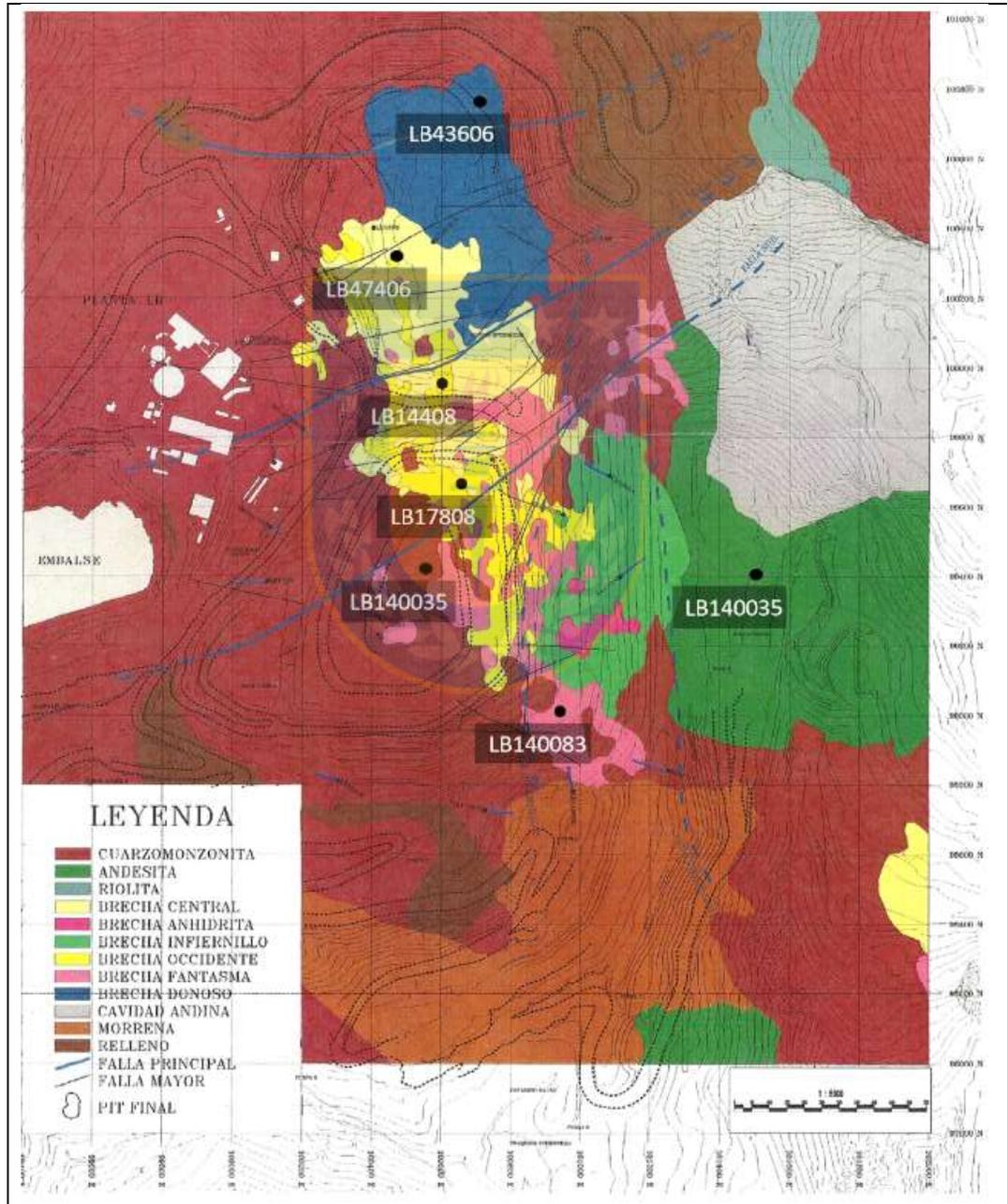


Figura 6.5. Mapa geológico con la ubicación de los sondajes utilizados en este estudio.

La Tabla 6.1. detalla la distribución de las muestras ideales y corregidas entorno a los metros de sondaje correspondientes a la unidad. La cantidad de muestra ideal por sondaje, se establece de la relación entre la extensión vertical y la cantidad de muestra a extraer. En cambio, la cantidad de muestras corregidas por sondaje, se establece tomando en consideración, la distribución obtenida en la vista de planta, es decir, se busca representar a la unidad tanto en su extensión vertical como horizontal.

**Tabla 6.1. Distribución de las muestras ideales y corregidas entorno a los metros de sondaje correspondientes a la Unidad Cuarzomonzonita.**

| Sondaje      | Cantidad de metros de unidad litológica | Cantidad de muestras ideales por sondaje | Cantidad de muestras corregidas por sondaje |
|--------------|---|--|---|
| LB43606      | 128,6                                   | 3  | 3   |
| LB140035     | 242,2                                   | 5  | 7   |
| LB17808      | 48,7                                    | 1  | 2   |
| LB140099     | 318,45                                  | 7  | 5   |
| LB140083     | 257,95                                  | 6  | 4   |
| <b>Total</b> | <b>995,9</b>                            | <b>22</b>                                | <b>22</b>                                   |

En el caso particular de Unidad Cuarzomonzonita, se opta por disminuir la cantidad de muestras ideales de los sondajes LB140099 y LB140083, que constituyen al sector sur del yacimiento, para representar de mejor forma el sector central con los sondajes LB140035 y LB17808.

La elección de las muestras al interior de cada sondaje fue mediante un muestreo aleatorio estratificado. En palabras sencillas se toma la extensión del sondaje y se divide según la cantidad de muestras (corregidas) a extraer. Luego mediante un software denominado “Graficador de variables aleatorias, sin repetición”, se determina cada una de las muestras en el tramo de acuerdo a su metraje. Obteniendo los resultados indicados en la Tabla 6.2.

Cabe destacar que los tramos definidos para el sondaje LB140099 tienen una distancia aparentemente variable, esto se debe a que existen otras unidades litológicas intercaladas con la unidad de interés, las cuales no son consideradas para la selección de muestras de este compósito. Al descontar estas unidades, los tramos de dicho sondaje tienen un largo de 53,1 metros cada uno de roca de composición Cuarzomonzonita (Anexo III, Tabla 9).

**Tabla 6.2. Listado de muestras seleccionadas para Unidad Cuarzomonzonita**

| Sondaje  | Tramo           | Muestra    |         | Masa (kg) |
|----------|-----------------|------------|---------|-----------|
|          |                 | Inicio (m) | Fin (m) |           |
| LB140035 | 0 a 35,7        | 5          | 10      | 12,47     |
| LB140035 | 35,7 a 71,4     | 50         | 55      | 18,38     |
| LB140035 | 71,4 a 107,1    | 100        | 105     | 19,48     |
| LB140035 | 107,1 a 142,8   | 120        | 125     | 19,27     |
| LB140035 | 142,8 a 178,5   | 150        | 155     | 19,23     |
| LB140035 | 178,5 a 214,2   | 195        | 200     | 19,25     |
| LB140035 | 214,2 a 250     | 240        | 245     | 19,43     |
| LB43606  | 121,4 a 164,26  | 125        | 130     | 16,08     |
| LB43606  | 164,26 a 207,13 | 170        | 175     | 9,49      |
| LB43606  | 207,13 a 250    | 245        | 250     | 7,89      |
| LB17808  | 3 a 27,35       | 10         | 15      | 16,70     |
| LB17808  | 27,35 a 58,35   | 30         | 35      | 8,11      |
| LB140099 | 112 a 165,1     | 120        | 125     | 18,16     |
| LB140099 | 165,1 a 218,2   | 195        | 200     | 19,88     |
| LB140099 | 218,2 a 271,3   | 240        | 245     | 17,38     |
| LB140099 | 271,3 a 464,25  | 305        | 310     | 19,68     |
| LB140099 | 463,25 a 577,35 | 480        | 485     | 18,67     |
| LB140099 | 517,35 a 618,5  | 610        | 615     | 20,88     |
| LB140083 | 105 a 169,46    | 155        | 160     | 15,97     |
| LB140083 | 169,46 a 233,92 | 220        | 225     | 18,28     |
| LB140083 | 233,92 a 298,38 | 280        | 285     | 18,12     |
| LB140083 | 298,38 a 362,84 | 330        | 335     | 20,51     |

Finalmente, el compósito se constituye de 373,31 kg de muestra, lo que es suficiente para proceder a su estudio de heterogeneidad (Anexo III, Tabla 15).

#### 6.4.6.2. Selección de Tramos de Sondaje para la Unidad Brecha Donoso

La Unidad Brecha Donoso a diferencia de las demás unidades litológicas aparece en solamente en uno de los siete sondajes (Figura 6.5.). La selección de muestras no se puede realizar por medio de muestreo aleatorio estratificado debido a la escasez de material disponible, lo que permite formar 19 muestras de cinco metros de sondaje, correspondiente a todo el material disponible de dicha brecha en el sondaje LB43606 (Tabla 6.3.).

**Tabla 6.3. Listado de muestras seleccionadas para Unidad Brecha Donoso.**

| Sondaje | Muestra    |         | Masa (kg) |
|---------|------------|---------|-----------|
|         | Inicio (m) | Fin (m) |           |
| LB43605 | 27         | 30      | 12,89     |
| LB43606 | 30         | 35      | 18,57     |
| LB43606 | 35         | 40      | 19,87     |
| LB43606 | 40         | 45      | 22,93     |
| LB43606 | 45         | 50      | 16,79     |
| LB43606 | 50         | 55      | 20,22     |
| LB43606 | 55         | 60      | 18,27     |
| LB43606 | 60         | 65      | 20,59     |
| LB43606 | 65         | 70      | 19,73     |
| LB43606 | 70         | 75      | 20,37     |
| LB43606 | 75         | 80      | 19,11     |
| LB43606 | 80         | 85      | 19,45     |
| LB43606 | 85         | 90      | 17,78     |
| LB43606 | 90         | 95      | 20,24     |
| LB43606 | 95         | 100     | 19,81     |
| LB43606 | 100        | 105     | 20,73     |
| LB43606 | 105        | 110     | 20,80     |
| LB43606 | 110        | 115     | 20,35     |
| LB43606 | 115        | 120     | 21,55     |

Como se infiere en la Tabla anterior, el compósito se constituye de 370,05 kg de muestra, lo que es suficiente para proceder a su estudio de heterogeneidad (Anexo III, Tabla 16).

#### **6.4.6.3. Selección de Tramos de Sondaje para el grupo brechas Centro**

El grupo brechas centro constituido por la Brecha Central y Brecha Occidente se describe en tres de los siete sondajes (Figura 6.5.). La selección de muestras se establece entorno la distribución en vista de planta, como en la extensión del sondaje. De esta forma se le asignan un total de 17 muestras, cada una compuesta por un tramo de cinco metros del sondaje.

La Tabla 6.4. detalla la distribución de las muestras ideales y corregidas entorno a los metros de sondaje correspondientes al grupo. La cantidad de muestras ideales y corregidas, se establece por medio de la metodología descrita anteriormente (página 103).

**Tabla 6.4. Distribución de las muestras ideales y corregidas entorno a los metros de sondaje correspondientes al grupo brechas centro.**

| Sondaje      | Cantidad de metros de unidad litológica | Cantidad de muestras ideales por sondaje | Cantidad de muestras corregidas por sondaje |
|--------------|---|--|---|
| LB47406      | 226,15                                  | 7  | 7   |
| LB14408      | 279,45                                  | 9  | 8   |
| LB17808      | 27,4                                    | 1  | 2   |
| <b>Total</b> | <b>995,9</b>                            | <b>17</b>                                | <b>17</b>                                   |

En el caso particular del grupo brechas centro, se opta por disminuir la cantidad de muestras ideal del sondaje LB14408, que constituyen al sector central del conjunto de brechas, para incorporar de mejor forma el sondaje LB17808 (Anexo III, Tabla 12). La elección de las muestras al interior de cada sondaje también fue mediante un muestreo aleatorio estratificado. Obteniendo los resultados indicados en la Tabla 6.5.

**Tabla 6.5. Listado de muestras seleccionadas para el grupo brechas centro.**

| Sondaje | Tramo           | Muestra    |         | Roca | Masa (kg) |
|---------|-----------------|------------|---------|------|-----------|
|         |                 | Inicio (m) | Fin (m) |      |           |
| LB47406 | 23,85 a 56,15   | 25         | 30      | BXC  | 18,47     |
| LB47406 | 56,15 a 88,45   | 80         | 85      | BXC  | 7,28      |
| LB47406 | 88,45 a 120,75  | 100        | 105     | BXC  | 17,29     |
| LB47406 | 120,75 a 153,05 | 130        | 135     | BXO  | 18,21     |
| LB47406 | 153,05 a 185,35 | 170        | 175     | BXC  | 19,98     |
| LB47406 | 185,35 a 217,65 | 190        | 195     | BXC  | 16,68     |
| LB47406 | 217,65 a 249,95 | 235        | 240     | BXO  | 21,23     |
| LB14408 | 2,9 a 37,83     | 5          | 10      | BXC  | 11,34     |
| LB14408 | 37,83 a 72,7    | 40         | 45      | BXC  | 19,75     |
| LB14408 | 72,7 a 107,63   | 80         | 85      | BXC  | 18,13     |
| LB14408 | 107,63 a 142,53 | 125        | 130     | BXC  | 17,26     |
| LB14408 | 142,53 a 172,43 | 165        | 170     | BXC  | 19,19     |
| LB14408 | 172,43 a 212,33 | 205        | 210     | BXO  | 18,59     |
| LB14408 | 212,33 a 330,23 | 255        | 260     | BXC  | 21,66     |
| LB14408 | 330,23 a 298,28 | 280        | 285     | BXO  | 22,15     |
| LB17808 | 45 a 72         | 45         | 50      | BXC  | 17,13     |
| LB17808 | 72 a 79         | 75         | 80      | BXC  | 20,86     |

Cabe destacar que los tramos definidos para el sondaje LB14408 tienen una distancia mayor en los dos últimos tramos, esto se debe a que existen otras unidades litológicas intercaladas con la unidad de interés, las cuales no son consideradas para la selección de muestras de este

compósito (Anexo, Tabla 10). Al descontar estas unidades, los tramos de dicho sondaje tienen un largo de 34,93 metros cada uno de roca del grupo brecha centro.

Además, el grupo brechas centro está mayoritariamente conformado por rocas de la Unidad Brecha Central, esto se debe a simple hecho de que esta unidad esta mayormente expuesta en los testigos de sondaje disponibles para este estudio.

Finalmente, el compósito se constituye de 305,2 kg de muestra, lo que es suficiente para proceder a su estudio de heterogeneidad (Anexo III, 17).

#### 6.4.6.4. Selección de Tramos de Sondaje para el grupo brechas sur

El grupo brechas sur está conformado por la Brecha Infiernillo, Brecha Anhidrita y Brecha Fantasma. Se describe en cuatro de los siete sondajes (Figura 6.5.). La selección de muestras se establece entorno la distribución en vista de planta, como en la extensión del sondaje. De esta forma se le asignan un total de 27 muestras, cada una compuesta por un tramo de cinco metros del sondaje.

La Tabla 6.6. detalla la distribución de las muestras ideales y corregidas entorno a los metros de sondaje correspondientes a la unidad. La cantidad de muestras ideales y corregidas, se establece por medio de la metodología descrita anteriormente (página 103).

**Tabla 6.6. Distribución de las muestras ideales y corregidas entorno a los metros de sondaje correspondientes al grupo brechas sur.**

| Sondaje      | Cantidad de metros de unidad litológica | Cantidad de muestras ideales por sondaje | Cantidad de muestras corregidas por sondaje |
|--------------|---|--|---|
| LB140099     | 485,55                                  | 24                                       | 24  |
| LB140035     | 7,64                                    | 1  | 1   |
| LB17808      | 41                                      | 2  | 2   |
| <b>Total</b> | <b>995,9</b>                            | <b>27</b>                                | <b>27</b>                                   |

En el caso particular del grupo brechas sur, se opta por la cantidad de muestras ideales coinciden con las muestras corregidas, esto se debe a la pequeña cantidad de material presente en los sondajes LB140035 y LB17808 (Anexo III, Tablas 11 y 12).

La elección de las muestras al interior de cada sondaje fue mediante un muestreo aleatorio por tramos. Obteniendo los resultados indicados en la Tabla 6.7.

**Tabla 6.7. Listado de muestras seleccionadas para el grupo brechas sur.**

| Sondaje  | Tramo           | Muestra    |         | Roca | Masa (kg) |
|----------|-----------------|------------|---------|------|-----------|
|          |                 | Inicio (m) | Fin (m) |      |           |
| LB140099 | 315,95 a 341,88 | 320        | 325     | BXI  | 22,70     |
| LB140099 | 341,88 a 368,11 | 345        | 350     | BXI  | 16,47     |
| LB140099 | 368,11 a 388,34 | 375        | 380     | BXI  | 18,79     |
| LB140099 | 388,34 a 408,57 | 400        | 405     | BXI  | 19,81     |
| LB140099 | 408,57 a 428,8  | 415        | 420     | BXI  | 21,10     |
| LB140099 | 428,8 a 449,03  | 430        | 435     | BXI  | 20,69     |
| LB140099 | 449,03 a 569,81 | 455        | 460     | BXI  | 17,37     |
| LB140099 | 569,81 a 590,04 | 580        | 585     | BXA  | 18,75     |
| LB140099 | 590,04 a 621,12 | 600        | 605     | BXA  | 19,53     |
| LB140099 | 621,12 a 641,35 | 630        | 635     | BXA  | 22,30     |
| LB140099 | 641,35 a 661,58 | 645        | 650     | BXA  | 22,01     |
| LB140099 | 661,58 a 681,81 | 675        | 680     | BXA  | 18,18     |
| LB140099 | 681,81 a 702,04 | 690        | 695     | BXA  | 13,79     |
| LB140099 | 702,04 a 722,27 | 720        | 725     | BXA  | 11,22     |
| LB140099 | 722,27 a 742,5  | 740        | 745     | BXA  | 11,63     |
| LB140099 | 742,5 a 762,73  | 755        | 760     | BXA  | 19,81     |
| LB140099 | 762,73 a 782,96 | 770        | 775     | BXA  | 18,92     |
| LB140099 | 782,96 a 803,19 | 805        | 810     | BXF  | 12,55     |
| LB140099 | 803,19 a 823,42 | 815        | 820     | BXF  | 11,83     |
| LB140099 | 823,42 a 846,65 | 830        | 835     | BXA  | 12,90     |
| LB140099 | 846,65 a 863,88 | 860        | 865     | BXA  | 12,80     |
| LB140099 | 863,88 a 884,11 | 880        | 885     | BXA  | 18,43     |
| LB140099 | 884,11 a 904,34 | 900        | 905     | BXA  | 11,81     |
| LB140099 | 904,34 a 921,57 | 915        | 920     | BXA  | 18,48     |
| LB17808  | 79 a 99,4       | 85         | 90      | BXA  | 20,48     |
| LB17808  | 99,4 a 119,8    | 115        | 120     | BXA  | 21,30     |
| LB140035 | 169,15 a 177,4  | 170        | 175     | BXF  | 18,84     |

Los tramos definidos para el sondaje LB140099 tienen una distancia aparentemente mayor en algunos tramos, esto se debe a que existen otras unidades litológicas intercaladas con la unidad de interés, las cuales no son consideradas para la selección de muestras de este compósito (Anexo III, Tabla 9). Al descontar estas unidades, los tramos de dicho sondaje tienen un largo de 20,23 metros cada uno de roca del grupo brecha sur.

Además, el grupo brechas sur está mayoritariamente conformado por rocas de las unidades Brecha Anhidrita e Infiernillo, esto se debe a simple hecho de que estas unidades están mayormente expuesta en los testigos de sondaje disponibles para este estudio.

Finalmente, el compósito ésta constituido por 471,49 kg de muestra, lo que es suficiente para proceder a su estudio de heterogeneidad (Anexo III, Tabla 18). La cantidad de masa del compósito se debe a una baja estimación de cantidad de kilogramos a obtener por muestra. Esto se buscó solucionar para los compósitos anteriormente descritos, disminuyendo paulatinamente la cantidad de muestra.

#### 6.4.7. PREPARACIÓN DE MUESTRAS PARA TEST DE HETEROGENEIDAD

Una vez seleccionados los tramos de sondaje, estos fueron retirados de sus cajas, para pasar a proceso de corte transversal, mediante la cortadora a presión. La mitad de la muestra es enviada a análisis químico y la otra mitad destinada para esta investigación.

Cada tramo de cinco metros fue embolsado, pesado, rotulado y sellado para su posterior envío al laboratorio (Lámina II). En detalle, se emplearon bolsas dobles de 70 por 60 cm, (Lámina II, Figuras A y B). Una vez embolsada las muestras, estas fueron pesadas en una balanza marca Zero, modelo “Paco Series”, con una exactitud de 0,01 kg. Cada rotulo fue realizado utilizando la sigla de la unidad o grupo acompañada de un guión y número de muestra para la unidad. Las siglas empleadas son: QM (Cuarzomonzonita), BXD (Brecha Donoso), BXC (grupo brechas centro) y BXS (grupo brechas sur).

Una vez colectado y pesado todos los tramos correspondiente a un compósito, estos son guardado en un contenedor (Lámina II, Figuras G y H), para su posterior envío al laboratorio.

El compósito elaborado para la Unidad Cuarzomonzonita pesó 373,31 kg de muestra (Anexo III, Tabla 15). Asimismo, la Unidad Brecha Donoso, recopiló un peso de 357,16 kg (Anexo II, Tabla 16). El grupo brechas centro pesó 305,2 kg (Anexo II, Tabla 17). Finalmente, la grupo brechas sur, registró un peso de 472,49 kg (Anexo II, Tabla 18).

## 6.4.8. PREPARACIÓN MECÁNICA PARA TEST DE HETEROGENEIDAD

### 6.4.8.1. Procedimiento y resultados por unidad o grupo

#### A. Etapa A: Recepción y pesaje

Los cuatro contenedores sellados correspondientes a las unidades Cuarzomonzonita y Brecha Donoso y a los grupos brechas centro y brechas sur, son recibidos por el laboratorio de preparación de muestras de la empresa *SGS Minerals Services*. Posteriormente, son ubicados dentro de las inmediaciones del mismo y abiertos con el fin de dar paso al registro de peso inicial o de llegada de las muestras de cada compósito (Lámina VII).

Antes de describir el proceso de pesaje, cabe destacar que la balanza empleada de marca TCS, corresponde al modelo “MI-033-PHI”, la cual mide un peso máximo de 30 kg, con una precisión de 0,001 kg y un error de  $\pm 2$ g, certificada a la fecha del estudio (Lámina III, Figura B).

En términos específicos, se procede a la verificación de la balanza mediante el uso de pesos estándar de 10 y 5 kg (Lámina III, Figura F), obteniendo resultados dentro del margen esperado. Inmediatamente después, se procede a abrir y vaciar cada bolsa de la unidad sobre diversas bandejas metálicas limpias de 0.65 kilogramos promedio (Lámina III, Figura H).

En primer lugar, cada bandeja es pesada sin material, para que su peso fuese restado a la masa total obtenida al introducir la muestra en la misma (masa de la muestra acompañada de la masa de la bandeja). Los resultados del procedimiento de pesaje inicial se indican en detalle para cada tramo del compósito en el Anexo (Anexo III, Tabla 15 a 18). Para cada unidad o grupo se registra el peso total húmedo en la Tabla 6.8.

**Tabla 6.8. Peso total húmedo en cada compósito.**

| Compósito              | Peso total húmedo (kg) |
|------------------------|------------------------|
| Unidad Cuarzomonzonita | 369,41                 |
| Unidad Brecha Donoso   | 366,33                 |
| grupo brechas centro   | 301,66                 |
| grupo brechas sur      | 467,50                 |

B. Etapa B: Secado y pesaje

Las bandejas anteriormente mencionadas, se introducen a una estufa de secado (Lámina IV, Figuras F y G) a 110°C por 12 horas. Una vez secado el conjunto de bandejas, éstas se retiran y nuevamente se pesan con el objeto de registrar el porcentaje de humedad (Lámina VII, Figuras F y G).

Se registra en detalle cada uno de los pesos obtenidos (Anexo II, Tablas 15 a 18). Para cada compósito se registra el peso total seco y porcentaje de humedad en la Tabla 6.9.

**Tabla 6.9. Peso total seco y porcentaje de humedad en cada compósito.**

| <b>Compósito</b>       | <b>Peso total seco (kg)</b> | <b>Humedad (%)</b> |
|------------------------|-----------------------------|--------------------|
| Unidad Cuarzomonzonita | 367,69                      | 0,47               |
| Unidad Brecha Donoso   | 365,86                      | 0,13               |
| grupo brechas centro   | 300,00                      | 0,55               |
| grupo brechas sur      | 463,83                      | 0,79               |

Los resultados para cada uno de los compósitos son favorables para continuar con el proceso mecánico de preparación de muestras.

C. Etapa C: Chancado y pesaje

Cabe destacar, que en una fase preparatoria el instrumento de reducción granulométrica y el área se limpian y verifica que ambos cumplan con las condiciones para iniciar el proceso. También, se acuerda con los operarios la metodología de trabajo y cuidado pertinentes. Luego, se realiza el chancado de un material neutro (cuarzo), para evitar la contaminación del compósito.

Una vez efectuado lo anterior, el compósito es llevado en su totalidad a la etapa chancado para adquirir todo el material a un tamaño granulométrico menor a 3/4 de pulgada. Para este procedimiento se emplea un chancador de mandíbula modelo E-106-PM1 (Lámina IV, Figuras H-J).

Después, se fragmenta la totalidad del compósito bajo la granulometría indicada anteriormente. Una vez adquirido el material chancado, se procede a pesar el compósito mediante

el manejo de recipientes plásticos de 0,9 kg promedio de peso y la utilización una balanza marca TCS, modelo “MI-011-HDM” (Lámina III, Figura A), que mide un peso máximo de 100,00 kg, con una precisión de 0,001 kg con un error estimado de  $\pm 5$  g (certificada a la fecha del estudio).

Antes de emplear la balanza, se verifica mediante el uso de pesos estándar de 10 y 5 kg que cumpla con las condiciones necesarias, logrando resultados dentro del margen esperado. Luego, se pesan los recipientes plásticos vacíos, e inmediatamente se pesaron con parte del compósito (Lámina VIII). Mediante la diferencia de peso entre la el peso del recipiente con muestra y su peso sin la misma, se registra el peso total de cada compósito (Anexo III, Tablas 19 a 22). Para cada compósito se registra el peso total posterior al chancado ( $< 3/4$  de pulgada) de cada compósito y su respectivo porcentaje de pérdida en la Tabla 6.10.

**Tabla 6.10. Peso total posterior al chancado y porcentaje de pérdida en cada compósito.**

| Compósito              | Peso total (kg) | Pérdida (%) |
|------------------------|-----------------|-------------|
| Unidad Cuarzomonzonita | 367,14          | 0,15        |
| Unidad Brecha Donoso   | 364,85          | 0,28        |
| grupo brechas centro   | 288,96          | 0,05        |
| grupo brechas sur      | 461,47          | 0,51        |

Lo anterior, indica que durante el proceso de chancado ocurrió un porcentaje de pérdida que se encuentra dentro de lo esperado.

#### D. Etapa D: Tamizaje y pesaje

Se procede a subdividir cada compósito en seis fracciones granulométricas diferentes (Tabla 6.11.). Para esta fase se empleó un tamizador marca ROTAP modelo ATM ARROW (Lámina III, Figura G), con seis mallas Tyler ( $3/4''$ ,  $1/2''$   $1/4''$ , 10 malla, 20 malla y 65 malla) como indica la Lámina V, Figura F.

**Tabla 6.11. Granulometría para cada fracción.**

| Fracción | Granulometría               |
|----------|-----------------------------|
| A        | -19 mm a +12,5 mm           |
| B        | -12,5 mm a +6,3 mm          |
| C        | -6,3 mm a +1,7mm            |
| D        | -1,7 mm a +850 $\mu$ m      |
| E        | -850 $\mu$ m a +212 $\mu$ m |
| F        | -212 $\mu$ m                |

En términos específicos, es necesario extraer cada compósito por medio de incrementos con una Pala JIS N° 4. Al obtener una cantidad de masa apropiada acorde al equipo, ésta es ingresada en la parte superior del set de mallas. Inmediatamente después, se ajusta al tamizador y se procede a tamizar por el orden de siete minutos cada submuestra del compósito. Posteriormente, se desmonta el set de mallas y se vacía cada fracción en un contenedor plástico diferente limpio de impurezas (Lámina IX).

Una vez realizado todo el proceso de tamizaje, se pesa cada una de las fracciones por medio de una balanza marca SNOWREX, modelo “NHV-30” certificada a la fecha del estudio, que mide un peso máximo de 30 kg, con una precisión de 0,001 kg y un error estimado de  $\pm 2g$  (Lámina III, Figura C). Antes de emplear la balanza, se verifica mediante el uso de pesos estándar de 10 y 5 kg que cumpla con las condiciones necesarias, consiguiendo resultados esperados.

Los resultados logrados en términos de masa por fracción para cada compósito se describen en la Tabla 6.12.

**Tabla 6.12. Peso asignado a cada fracción para cada compósito.**

| <b>Compósito</b><br><b>Facción granulométrica</b> | <b>Unidad Cuarzomonzonita</b> | <b>Unidad Brecha Donoso</b> | <b>grupo brechas centro</b> | <b>grupo brechas sur</b> |
|---|-------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| A (kg)  | 145,57                        | 140,79                      | 128,65                      | 188,00                   |
| B (kg)  | 106,29                        | 106,60                      | 79,20                       | 133,40                   |
| C (kg)  | 65,91                         | 66,71                       | 51,55                       | 81,50                    |
| D (kg)  | 15,74                         | 17,48                       | 13,65                       | 19,80                    |
| E (kg)  | 16,72                         | 18,46                       | 14,30                       | 20,6                     |
| F (kg)  | 13,79                         | 14,52                       | 12,50                       | 17,8                     |

El valor de peso total y porcentaje de pérdida obtenidos al finalizar esta etapa para cada compósito se indica en la Tabla 6.13.

**Tabla 6.13. Peso total posterior al tamizaje y porcentaje de pérdida en cada compósito.**

| <b>Compósito</b>       | <b>Peso total (kg)</b> | <b>Pérdida (%)</b> |
|------------------------|------------------------|--------------------|
| Unidad Cuarzomonzonita | 367,02                 | 0,03               |
| Unidad Brecha Donoso   | 364,56                 | 0,07               |
| grupo brechas centro   | 299,85                 | 0,05               |
| grupo brechas sur      | 460,90                 | 0,12               |

Los porcentajes de pérdida de masa se encuentran dentro de los valores esperados para esta etapa.

E. Etapa E: Selección de fragmentos para test de heterogeneidad (fracción B)

Para esta etapa se requiere seleccionar numerosos fragmentos en forma aleatoria para constituir 100 muestras de 40 fragmentos cada una para cada compósito. Para efectuar dicho proceso se elige la fracción B de cada compósito dado que su rango granulométrico y masa son adecuados para el proceso. Se evitan las fracciones más finas, dado que sufre un enriquecimiento entorno a minerales de mayor contenido económico.

En términos concretos, para cada compósito se transporta la fracción B completa a un área cerrada establecida con anterioridad, libre de otros posibles contaminante (polvo en suspensión). Consiguientemente, se procede a desplegar una cubierta plástica de 4 m de largo por 3 m de ancho (Lámina X, Figura A y B), donde se distribuye sobre ella la fracción B completa en un área de 3,6 m de largo por 2 m de ancho, evitando que un fragmento quede sobre otro, para que de esta forma todos puedan tener la misma probabilidad de ser seleccionado para la confección de las 100 muestras.

Una vez distribuida la fracción se procede a construir una malla similar a un tablero de ajedrez, con la diferencia de que esta se compone por 10 casillas rectangulares en forma vertical y horizontal, lo que constituye un total de 100 rectángulos de 36 cm de largo y 20 cm de ancho (Lámina X, Figura C-G).

Después de elaborar la malla, se efectúa un proceso de muestreo estratificado aleatorio de 40 fragmentos. El procedimiento de muestreo anteriormente señalado, consiste en la selección aleatoria de 40 fragmentos de los 100 rectángulos de la malla, mediante el uso del *software* denominado “Graficador de variables aleatorias, sin repetición”. Una vez obtenidos los 40 sitios de donde recoger cada fragmento, se procede a la selección manual en cada uno de los sitios de un fragmento al azar. Cabe destacar, que el procedimiento anterior, se ejecuta para evitar posibles sesgos al elegir cada una de las muestras.

Adicionalmente, para disminuir aún más el posible sesgo, se solicita la participación de operadores no relacionados directamente al área de la geología, para que ellos seleccionen los fragmentos.

Cada una de las 100 muestras es rotulada, embolsada y pesada por medio de una balanza marca PRECISA, modelo “BJ 4100D” (Lámina III, Figura E) que mide un peso máximo de 4.100 g, con una precisión de 0,1 g y un error estimado de  $\pm 0,1$ g. El detalle, en términos de masa para cada una de las 100 muestras en los cuatro compósitos se encuentra en el Anexo (Anexo III, Tablas 23 a 26).

A modo de resumen se indica en la Tabla 6.14., el peso promedio aproximado para cada una de las muestras y el peso total para el conjunto de muestras.

**Tabla 6.14. Peso total promedio y total de las 100 muestras para cada compósito.**

| <b>Compósito</b>       | <b>Peso total promedio por muestra (g)</b> | <b>Peso total de las 100 muestras (g)</b> |
|------------------------|--|---|
| Unidad Cuarzomonzonita | 95,25                                      | 9524,6                                    |
| Unidad Brecha Donoso   | 104,53                                     | 10452,8                                   |
| grupo brechas centro   | 94,02                                      | 9401,6                                    |
| grupo brechas sur      | 95,92                                      | 9592,0                                    |

Las 100 muestras en forma individual, se fragmentan mediante un chancador de rodillo (Lámina XI, Figuras A y C), adquiriendo una granulometría menor a las 10 mallas Tyler. Cabe destacar, que previamente se limpia el equipo y se verifica que el área cumpla con las condiciones para iniciar el proceso y se acuerda con los operarios la metodología de trabajo y cuidado pertinentes. Luego, se ejecuta el chancado de un material neutro (cuarzo), para evitar la contaminación de cada muestra.

Inmediatamente después del proceso de chancado, cada muestra es tritura por medio del pulverizador de muestras marca “LABTECH ESSA” modelo “LM1-P” (Lámina VI, Figura F), cada muestra es pesada por medio de la balanza certificada a la fecha del estudio marca PRECISA, modelo “BJ 4100D”, que mide un peso máximo de 4,100 kg, con una precisión de 0,1 g y un error estimado de  $\pm 0,1$ g. Finalmente cada muestra es guardada en pomos, se rotula y se envía para

análisis químico (Anexo III, Tabla 23 a 26). Al pulverizar las muestras se ocasiona una pérdida promedio por muestra para cada compósito la que es indicada en la Tabla 6.15.

**Tabla 6.15. Peso total promedio por muestra posterior al pulverizado y porcentaje de pérdida en cada compósito.**

| <b>Compósito</b>       | <b>Peso total (g)</b> | <b>Pérdida (%)</b> |
|------------------------|-----------------------|--------------------|
| Unidad Cuarzomonzonita | 94,94                 | 0,33               |
| Unidad Brecha Donoso   | 104,09                | 0,42               |
| grupo brechas centro   | 93,66                 | 0,38               |
| grupo brechas sur      | 95,39                 | 0,55               |

Los porcentajes de pérdida de masa se encuentran dentro de los valores esperados para esta etapa.

Finalmente, cabe destacar que la parte restante de la fracción B (no seleccionada dentro de las 100 muestras), recibe de ahora en adelante el nombre de fracción B' y su peso para cada compósito se indica en la Tabla 6.16.

**Tabla 6.16. Peso total fracción B' para cada compósito**

| <b>Compósito</b>       | <b>Peso total (kg)</b> |
|------------------------|------------------------|
| Unidad Cuarzomonzonita | 96,73                  |
| Unidad Brecha Donoso   | 96,11                  |
| grupo brechas centro   | 69,77                  |
| grupo brechas sur      | 123,78                 |

#### F. Fracciones Restantes

Las fracciones restantes (A, B', C, D, E y F) se procesan en forma separada una de la otra, pero el procedimiento es bastante similar para cada una de ellas.

Las fracciones A, B' y C dado su tamaño granulométrico levemente mayor, es necesario fragmentar mediante un chancador de rodillo (Lámina XI, Figuras A y C), para obtener una granulometría menor a las 10 mallas Tyler. Importante mencionar, que previamente al chancado se limpia el equipo y se verifica que el área cumpla con las condiciones para iniciar el proceso y se acuerda con los operarios la metodología de trabajo y cuidado pertinentes. También, se realiza el chancado de un material neutro (cuarzo), para evitar la contaminación de cada fracción

Posterior al proceso de reducción granulométrica, cada una de estas tres fracciones de cada compósito se transporta completa a un área cerrada establecida con anterioridad, libre de otros posibles contaminantes (polvo en suspensión). A continuación, se procede a limpiar la superficie y se distribuye sobre ella la fracción completa. Mediante el procedimiento de paleofraccionado se constituyen lotes de aproximadamente 20 kg cada uno (Lámina XII). El número en específico de lotes varía según la masa inicial de cada fracción, pero se estima que cada lote tenga una masa aproximada a los 20 kg. Los resultados conseguidos para cada compósito se indican en la Tabla 6.17.

**Tabla 6.17. Masa total, número de lotes y masa de cada lote según fracción granulométrica y compósito.**

| Compósito              | Fracción granulométrica | Masa total (kg) | Numero de Lotes | Masa del lote (kg) |
|------------------------|-------------------------|-----------------|-----------------|--------------------|
| Unidad Cuarzomonzonita | A                       | 145,57          | 7               | 20,8               |
|                        | B'                      | 96,73           | 5               | 19,3               |
|                        | C                       | 65,91           | 4               | 16,5               |
| Unidad Brecha Donoso   | A                       | 140,79          | 7               | 20,1               |
|                        | B'                      | 96,11           | 5               | 19,2               |
|                        | C                       | 66,71           | 4               | 16,7               |
| grupo brechas centro   | A                       | 128,65          | 7               | 18,4               |
|                        | B'                      | 69,77           | 4               | 17,4               |
|                        | C                       | 51,55           | 3               | 17,2               |
| grupo brechas sur      | A                       | 188,00          | 9               | 20,9               |
|                        | B'                      | 123,78          | 6               | 20,6               |
|                        | C                       | 81,50           | 4               | 20,3               |

De cada conjunto de lotes por fracción, se seleccionan aleatoriamente dos por medio del *software* denominado “Graficador de variables aleatorias, sin repetición”.

Estos lotes, sumados a las fracciones D, E y F de cada compósito (Tabla 6.18.), son llevados a un divisor rotatorio marca “LABTECH HEBRO” modelo DR-30V, con capacidad para 20 capachos (Lámina VI, Figura A-B). Este instrumento es previamente revisado en cuanto a condiciones operativas y de limpieza, de manera de asegurar la integridad del estudio.

Cada lote y fracción granulométrica al ser ingresado al divisor es separado en 20 submuestras, de las cuales se seleccionan aleatoriamente 6 submuestras para estudios de mineralogía (2), análisis químico (2) y granulométrico (2) por fracción.

**Tabla 6.18. Masa total, número de lotes y masa de cada lote según fracción granulométrica y compósito.**

| Compósito              | Fracción granulométrica | Masa total (kg) |
|------------------------|-------------------------|-----------------|
| Unidad Cuarzomonzonita | D                       | 15,74           |
|                        | E                       | 16,72           |
|                        | F                       | 13,79           |
| Unidad Brecha Donoso   | D                       | 17,48           |
|                        | E                       | 18,46           |
|                        | F                       | 14,52           |
| grupo brechas centro   | D                       | 13,65           |
|                        | E                       | 14,30           |
|                        | F                       | 12,50           |
| grupo brechas sur      | D                       | 19,80           |
|                        | E                       | 20,60           |
|                        | F                       | 17,80           |

Cada lote y fracción granulométrica al ser ingresado al divisor es separado en 20 submuestras, de las cuales se seleccionan aleatoriamente 6 submuestras para estudios de mineralogía (2), análisis químico (2) y granulométrico (2) por fracción.

En el caso particular de las muestras para análisis químico se debe triturar por medio del pulverizador de muestras marca “LABTECH ESSA” modelo “LM1-P”. Luego, cada muestra es dividida por medio del divisor rotatorio marca “DELTALAB”, con capacidad para 10 capachos (Lámina VI, Figura C-E). Este instrumento es previamente revisado en cuanto a condiciones operativas y de limpieza, de manera de asegurar la integridad del estudio.

De las 10 submuestras se selecciona aleatoriamente una muestra por medio del *software* anteriormente descrito. Luego, se guarda la muestra en un pomo, rotula y envía a análisis químico (Lámina XIII y XIV).

#### G. Despacho y Control de Calidad

A modo de controlar la calidad y velar por un buen análisis químico de las muestras, la Superintendencia de Geología de la División Los Bronces, toma la decisión de reingresadas a la testigoteca de la división todas las muestras para análisis químico con el fin de ser nuevamente rotulas, es decir, para uno de los cuatro compósitos se vuelven a rotular las 100 muestras recolectadas de la fracción B (estudio de heterogeneidad), junto a las 12 muestras de las seis fracciones granulométricas (duplicados por cada fracción).

Adicionalmente, se incorporan de manera aleatoria a las 112 muestras antes mencionadas ocho muestras blancas y ocho muestras estándar 10 y ocho muestras estándar 12. Otorgando un total de 128 muestras para análisis químico de la de cada unidad o grupo.

Los resultados químicos para cada uno de los compósitos se encuentran en el Anexo III. Específicamente para las 100 muestras de la fracción B de cada compósito en las Tablas 58 a 61. En el caso de las muestras blancas, estándar 10 y 12 se encuentran en las Tablas 54, 55 y 56 respectivamente. Para las 12 muestras duplicados por fracción de cada compósito en la Tabla 57.



## **7. ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD**

### **7.1. GENERALIDADES**

En lo que compete a los test de heterogeneidad de las unidades geológicas Cuarzomonzonita, Brecha Donoso, grupo brecha Centro y grupo brecha sur del yacimiento los Bronces para los elementos cobre, molibdeno y arsénico, se realiza una evaluación del error tanto de preparación como analítico.

El error de preparación se verifica al comparar los resultados químicos de los tres elementos anteriormente mencionados en las dos muestras de cada fracción granulométrica (A, B'; C, D, E y F) resultantes del proceso de subdividir un lote de masa similar o menor a 20 kg en 20 muestras por medio del divisor rotatorio. En total se obtienen 24 pares de datos.

El error analítico se verifica mediante el análisis químico de tres materiales de referencias pertenecientes a división (estándares 10 y 12, y un material blanco), los cuales se insertan en forma ciega en los lotes analíticos. Los análisis químicos son elaborados por el laboratorio SGS Santiago utilizando los protocolos analíticos pertenecientes a División Los Bronces.

Este capítulo entrega la evaluación estadística de los resultados de leyes de cobre, molibdeno y arsénico para muestras correspondientes a duplicados de preparación y materiales de referencia, con el fin de asegurar la calidad de la preparación de las muestras.

### **7.2. EVALUACIÓN ESTADÍSTICAS DE LOS ESTANDARES**

#### **7.2.1. ESTÁNDARES**

La evaluación estadística de los estándares 10 y 12 se realiza en los elementos de cobre, molibdeno y arsénico. Mediante este análisis se puede determinar el error de análisis, la precisión y exactitud de las mediciones que se realizan sobre las muestras de los diferentes compósitos.

##### **7.2.1.1. Cobre**

La Tabla 7.1. indica la evaluación estadística de los resultados químicos de los materiales de referencia de control (estándar 10 y 12) para el elemento de cobre (Anexo III, Tablas 55 y 56).

**Tabla 7.1. Evaluación estadística de los estándares 10 y 12.**

| Variable                             | Estándar 10 | Estándar 12 |
|--------------------------------------|-------------|-------------|
| Valores Certificados (CuT %)         | 0,727       | 1,886       |
| Número de datos                      | 16          | 16          |
| Promedio (%)                         | 0,723       | 1,889       |
| Varianza                             | 0,00028     | 0,00016     |
| Desviación Estándar                  | 0,017       | 0,013       |
| Coefficiente de variación (%)        | 2,3         | 0,7         |
| Desviación Estándar confianza 95 %   | 0,03        | 0,03        |
| Valor mínimo (%)                     | 0,70        | 1,87        |
| Valor máximo (%)                     | 0,75        | 1,92        |
| Diferencia (promedio - certificados) | -0,004      | -0,007      |
| Sesgo (%)                            | -0,55       | -0,37       |
| Error análisis                       | ± 0,03      | ± 0,03      |

#### A. Precisión

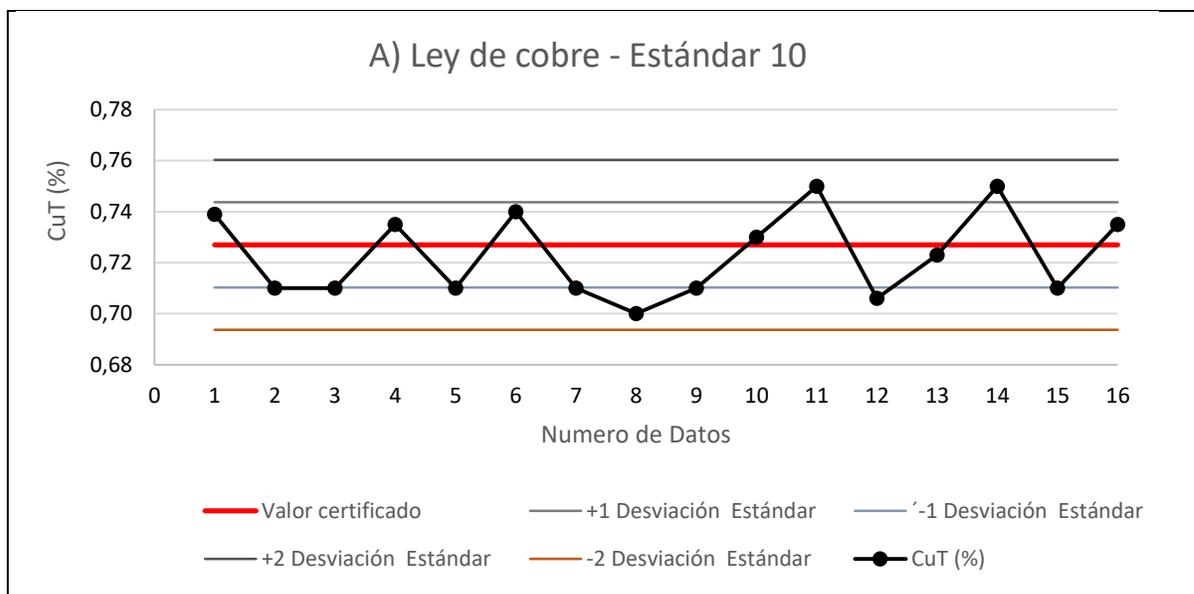
Los resultados muestran un coeficiente de variación de 2,3% para el estándar 10 (Tabla 7.1.), lo que indica una precisión moderada para los datos recopilados. En cambio, el estándar 12 presenta un coeficiente de variación de un 0,7%, lo que le otorga una gran precisión al estudio.

El error de análisis con un 95% de confiabilidad para ambos estándares corresponde a un valor de  $\pm 0,03\%$ , lo que explicita el umbral resultados para ambos estándares.

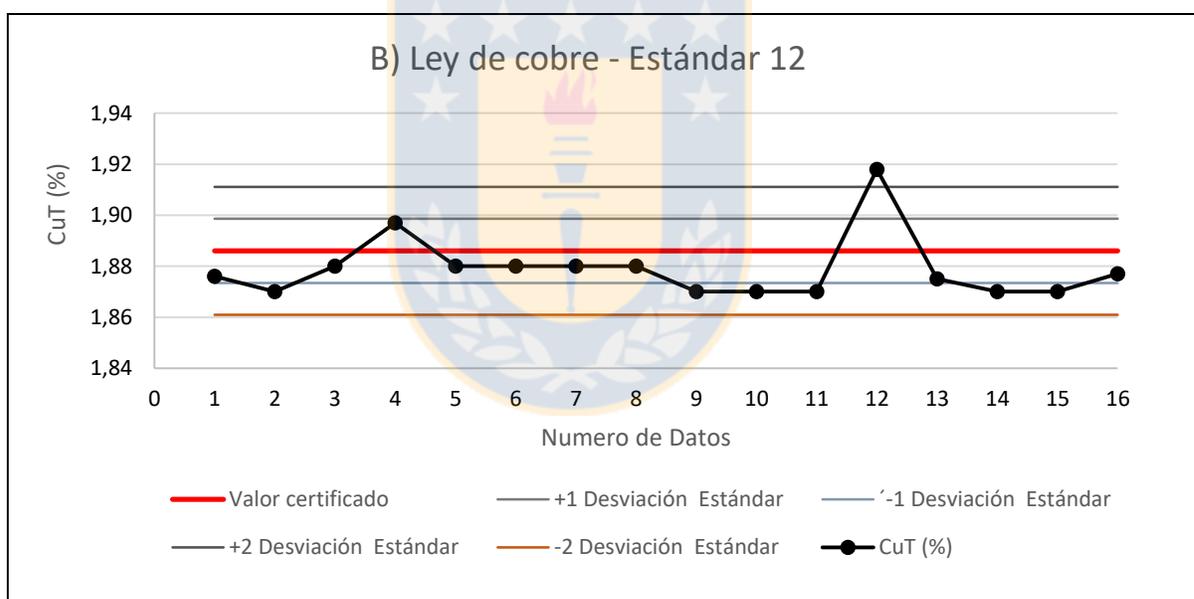
#### B. Exactitud

El porcentaje de sesgo estadísticamente registra un valor muy bajo para ambos estándares (Tabla 7.1.). En detalle, el estándar 10 indica un error de sesgo de un 0,55%, y para el estándar 12 un valor de un 0,37%.

En la Figura 7.1. y 7.2. se muestra la carta control de los estándar 10 y estándar 12. En ella se observa que los valores de cobre en estándar 10 presentan mayor dispersión. En cambio los valores de cobre en el estándar 12 están aleatoriamente ubicados alrededor de media, con excepción de un dato.



**Figura 7.1. Ley de cobre de las 16 muestras para cada muestra estándar 10.**



**Figura 7.2. Ley de cobre de las 16 muestras para cada muestra estándar 12.**

### 7.2.1.2. Molibdeno

La Tabla 7.2. presenta la evaluación estadística de los resultados de los materiales de referencia de control (estándar 10 y 12) entorno al elemento de molibdeno (Anexo III, Tablas 55 y 56).

**Tabla 7.2. Evaluación estadística de los estándares 10 y 12.**

| <b>Variable</b>                      | <b>Estándar 10</b> | <b>Estándar 12</b> |
|--------------------------------------|--------------------|--------------------|
| Valores Certificados (MoT ppm)       | 51                 | 76                 |
| Número de datos                      | 16                 | 16                 |
| Promedio (ppm)                       | 54                 | 79                 |
| Varianza                             | 65                 | 20                 |
| Desviación Estándar                  | 8,1                | 4,4                |
| Coeficiente de variación (%)         | 15                 | 5,6                |
| Desviación Estándar confianza 95 %   | 16                 | 8,9                |
| Valor mínimo (ppm)                   | 50                 | 70                 |
| Valor máximo (ppm)                   | 80                 | 90                 |
| Diferencia (promedio – certificados) | 3                  | 3,4                |
| Sesgo (%)                            | 5,4                | 4,4                |
| Error análisis                       | ± 16               | ± 9                |

#### A. Precisión

El estándar 10 reporta un valor promedio igual a 54 ppm y un coeficiente de variación es 15% (Tabla 7.2.). Para el estándar 12 se obtiene un nivel de molibdeno igual a 79 ppm y un coeficiente de variación es 5,6%. Los resultados expuestos de los estándares demuestran un menor grado de precisión para el elemento de molibdeno, evidencia de ellos son los valores de los respectivos coeficientes de variación.

El error de análisis con un 95% de confiabilidad corresponde a  $\pm 16$  ppm para el estándar 10 y a  $\pm 9$  ppm para el estándar 12, lo que explicita el umbral resultados para ambos estándares.

#### B. Exactitud

El análisis de molibdeno exterioriza un sesgo de 5,4% para el estándar 10 y 4,4% para el estándar 12, lo que es estadísticamente significativo, e indica un posible sobre estimado de la ley de molibdeno.

En las Figuras 7.3. y 7.4. se muestra la carta control del estándar 10 y estándar 12. En ella se observa que los valores de molibdeno en estándar 10 se encuentran cercanos al valor promedio a excepción de los últimos valores que presentan una mayor dispersión. Los valores de molibdeno para el estándar 12 en su mayoría se encuentran sobre el valor de referencia a excepción de los

primeros valores que se mueven alrededor del valor certificado, se observa esta diferencia debido a que son valores discretos.

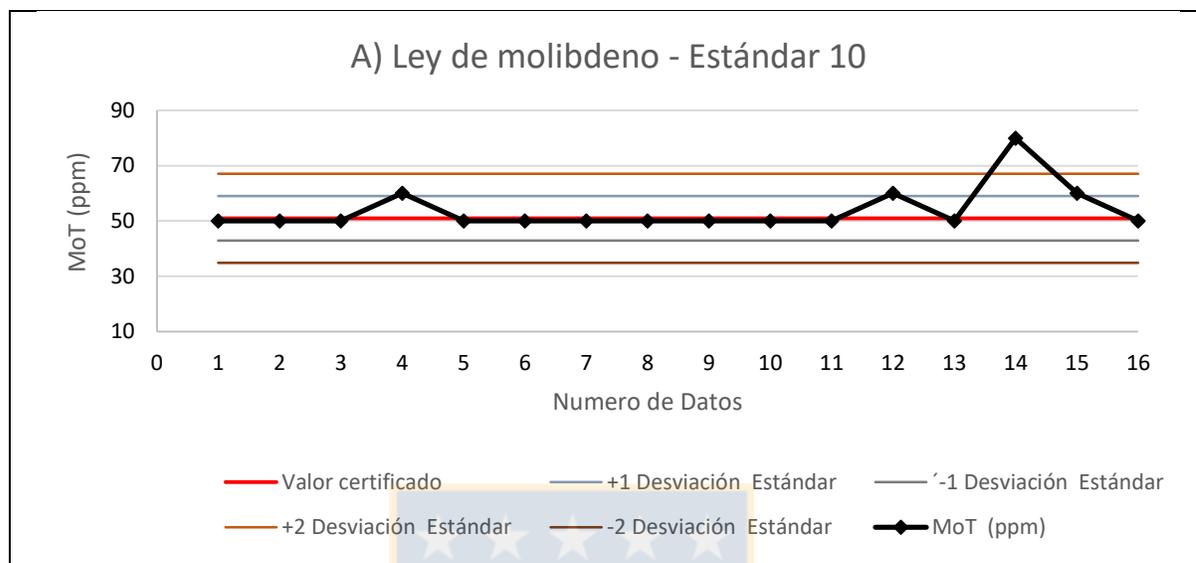


Figura 7.3. Ley de molibdeno de las 16 muestras para cada muestra estándar 10.

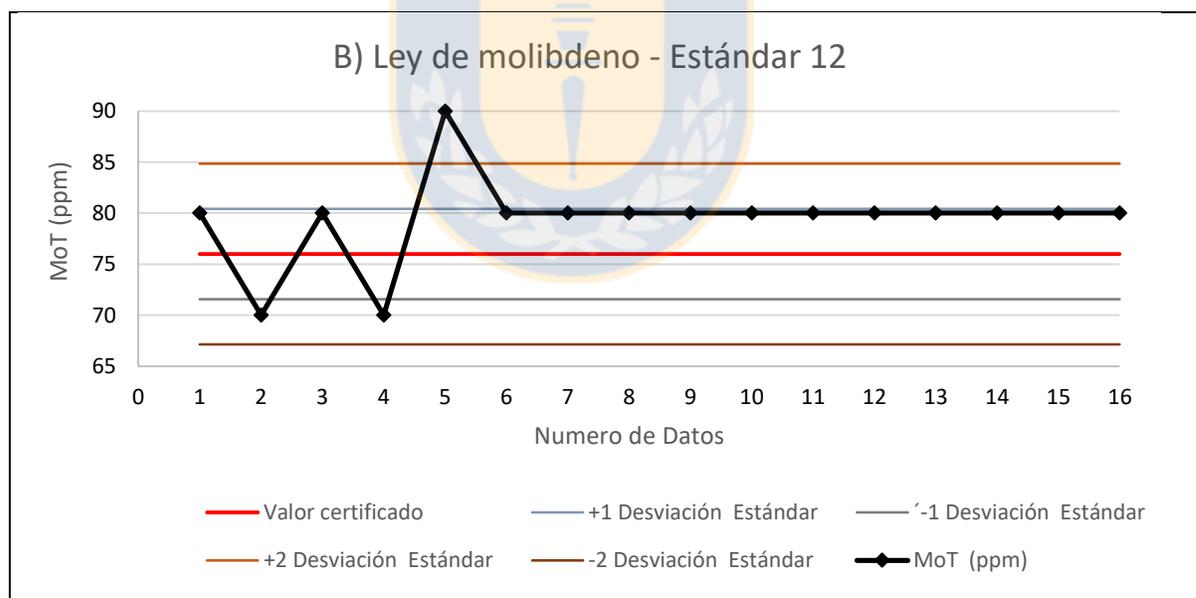


Figura 7.4. Ley de molibdeno de las 16 muestras para cada muestra estándar 12.

### 7.2.1.3. Arsénico

En este caso solo se entrega la evaluación del estándar 12 (Tabla 7.3.), ya que la ley de arsénico del estándar 10 se encuentra cercana a la límite de detección del método por lo que se

informan valores < 10 g/ton bajo estas circunstancias no es posible evaluar los datos de la misma forma (Anexo III, Tablas 56).

**Tabla 7.3. Evaluación estadística de los estándares 12.**

| <b>Variable</b>                      | <b>Estándar 12</b> |
|--------------------------------------|--------------------|
| Valores Certificados (As ppm)        | 76                 |
| Número de datos                      | 16                 |
| Promedio (ppm)                       | 66                 |
| Varianza                             | 166                |
| Desviación Estándar                  | 12,9               |
| Coefficiente de variación (%)        | 19,6               |
| Desviación Estándar confianza 95 %   | 26                 |
| Valor mínimo (ppm)                   | 48                 |
| Valor máximo (ppm)                   | 91                 |
| Diferencia (promedio - certificados) | -10                |
| Sesgo (%)                            | -13,4              |
| Error análisis                       | $\pm 26$           |

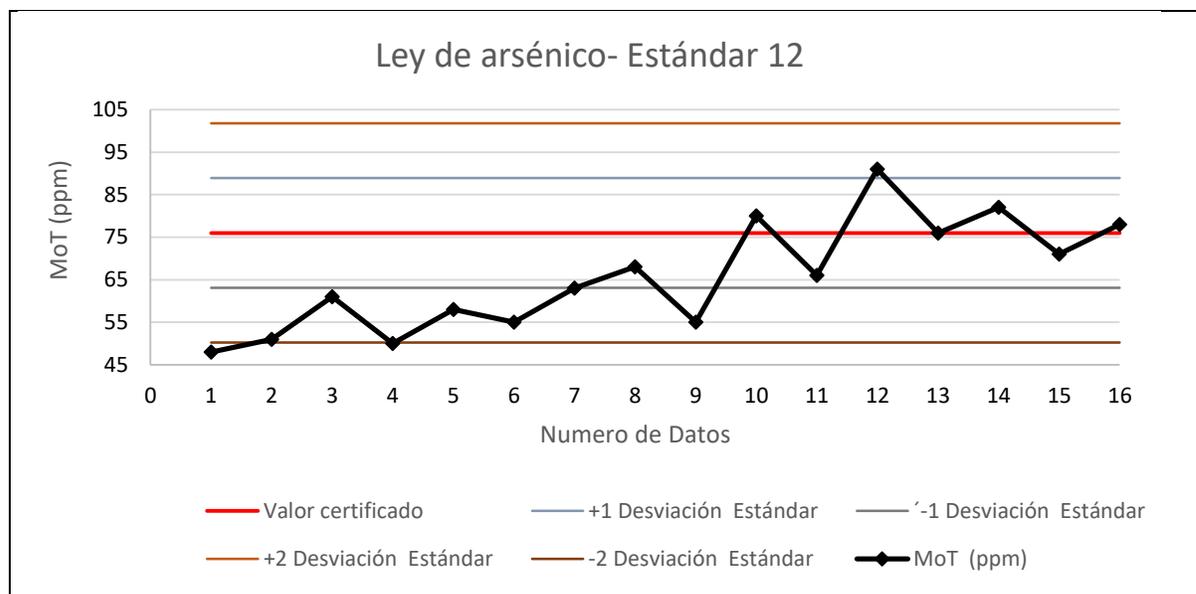
#### A. Precisión

El análisis estadístico de los resultados demuestra una baja precisión para el elemento de arsénico (Tabla 7.3.), dado que el coeficiente de variación reporta un valor de 19,6%.

Además, el error de análisis con un 95% de confiabilidad corresponde a  $76 \pm 26$ ppm para el estándar 12, lo que indica un umbral de datos posibles para dicho material de referencia.

#### B. Exactitud

Los análisis de arsénico presentan un sesgo igual a 13,4%, lo cual es significativo (Tabla 7.3.). En Figura 7.5. se muestra la carta control del estándar 12, donde se observa claramente el sesgo analítico de los valores del arsénico. Este se encuentra fuera y bajo la especificación, con un promedio correspondiente a 66 ppm subestimando la ley de arsénico.



**Figura 7.5. Ley de arsénico de las 16 muestras para el estándar 12.**

### 7.3. DUPLICADOS DE PREPARACIÓN

La evaluación estadística detallada de los resultados del análisis de cobre, molibdeno y arsénico en las muestras duplicadas se encuentra en Anexo (Anexo III, Tabla 57). Las Tablas 7.4. a 7.6. resumen en este capítulo el estudio estadístico de la muestra original y su duplicado, lo que permite exhibir diferencias y similitudes entre ambos.

Los 24 pares de muestras provienen de preparación de las seis fracciones de los cuatro compósitos, es decir, un par de muestras por fracción, lo que corresponde a seis pares por compósito.

Para el análisis estadístico de los resultados de molibdeno no se consideran aquellas muestras donde la ley informada es  $< 0,002\%$ .

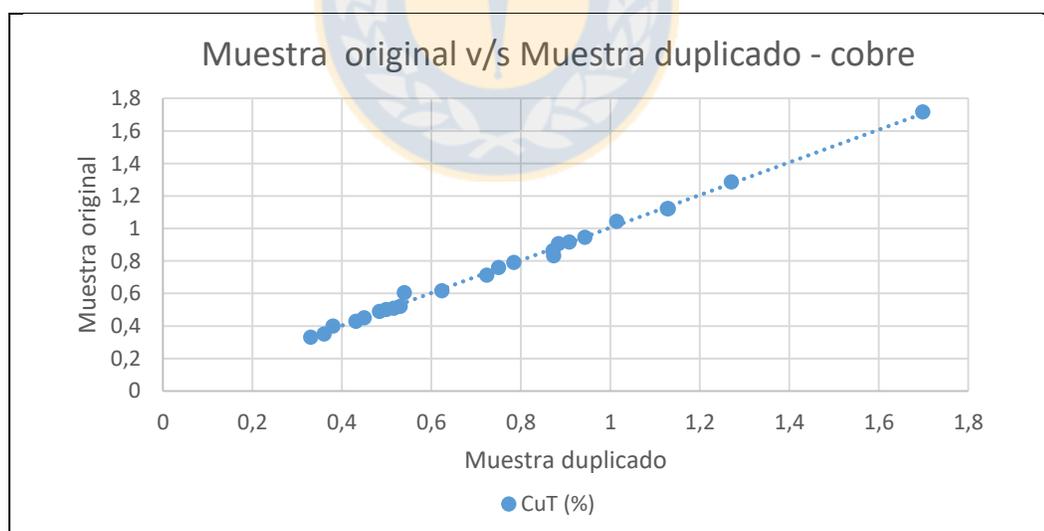
#### 7.3.1. COBRE

De la Tabla 7.4. se extrae un coeficiente de variación de 1,84% para la diferencia entre la muestra original y su duplicado para el porcentaje de cobre registrado. Esto indica una moderada precisión para los análisis. También, se determina que el error analítico con un 95% de confiabilidad corresponde a  $0,78 \pm 0,028\%$ .

**Tabla 7.4. Evaluación estadística de las 24 muestras para cobre.**

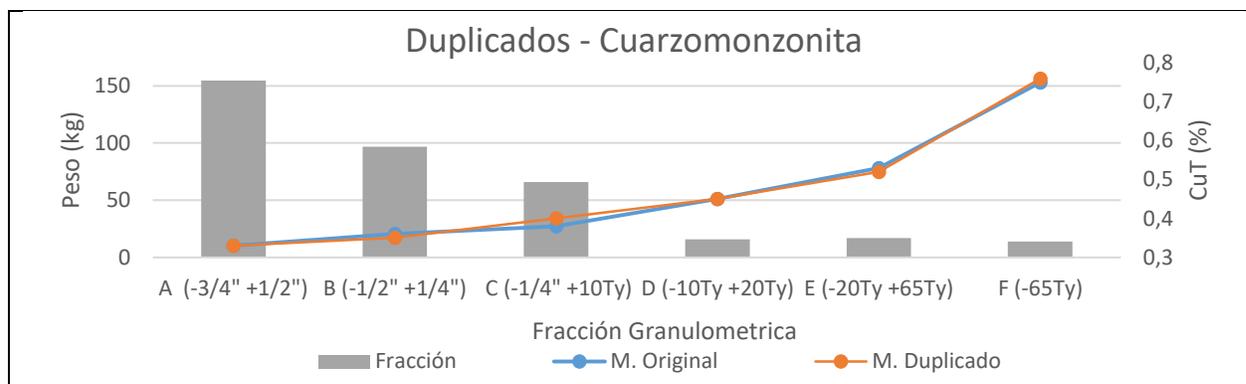
| Variable                          | Cobre (%)     |           |            |
|-----------------------------------|---------------|-----------|------------|
|                                   | Original      | Duplicado | Diferencia |
| Número de datos                   | 24            | 24        | 24         |
| Promedio (%)                      | 0,7549        | 0,7588    | -0,0039    |
| Varianza                          | 0,1126        | 0,1141    | 0,00019    |
| Desviación Estándar               | 0,336         | 0,338     | 0,014      |
| Coefficiente de variación (%)     | -             | -         | 1,84       |
| Desviación estándar confianza 95% | -             | -         | 0,028      |
| Sesgo (%)                         | -             | -         | -0,5       |
| Valor Mínimo (%)                  | 0,33          | 0,33      | -0,066     |
| Valor Máximo (%)                  | 1,698         | 1,716     | 0,042      |
| Promedio Ley CuT (%)              | -             | -         | 0,757      |
| Error analítico (95 %)            | 0,757 ± 0,028 |           |            |

Respecto de la exactitud entre duplicados, se verifica un sesgo estadísticamente pequeño no significativo igual a -0,5%. Los resultados son descritos en la Figura 7.6. En ella se observa la línea de tendencia de los datos que indica la exactitud del análisis y la dispersión, es muestra de moderada precisión.

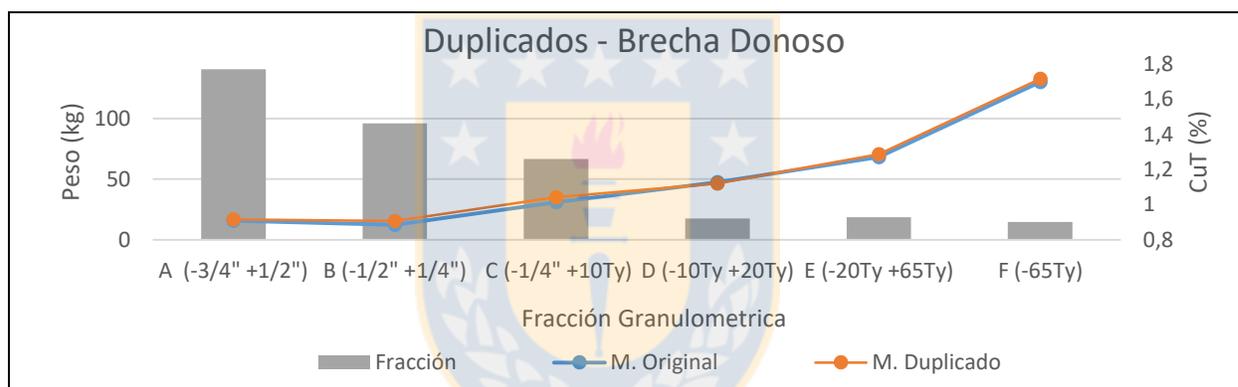
**Figura 7.6. Distribución y tendencia de los duplicados entorno al elemento de cobre.**

Las Figuras 7.7. a 7.10. presentan de forma gráfica las diferencias encontradas entre los análisis de duplicados de preparación para el elemento de cobre en cada uno de los compósitos.

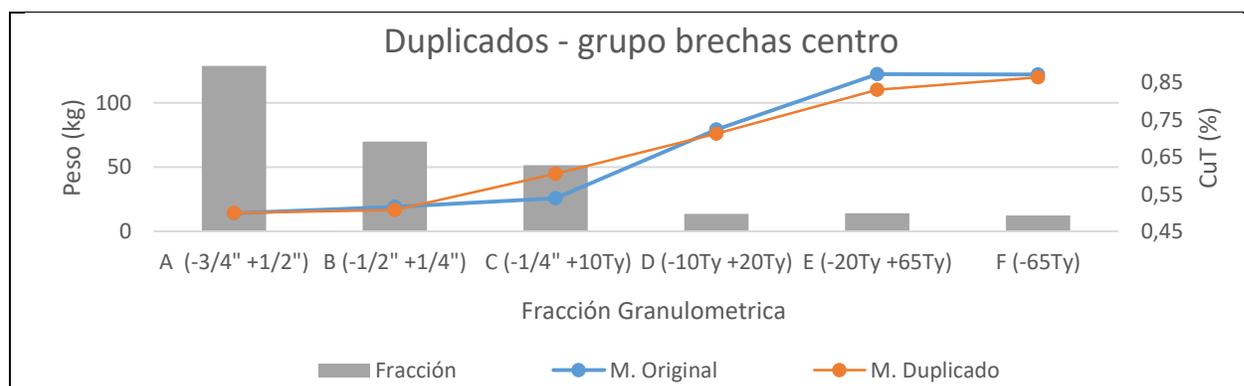
Como se distingue en la imagen existe una alta correlación entre los duplicados, con excepción de dos muestras que tienen leves diferencias, las cuales dada la escala de la gráfica se ven exacerbadas.



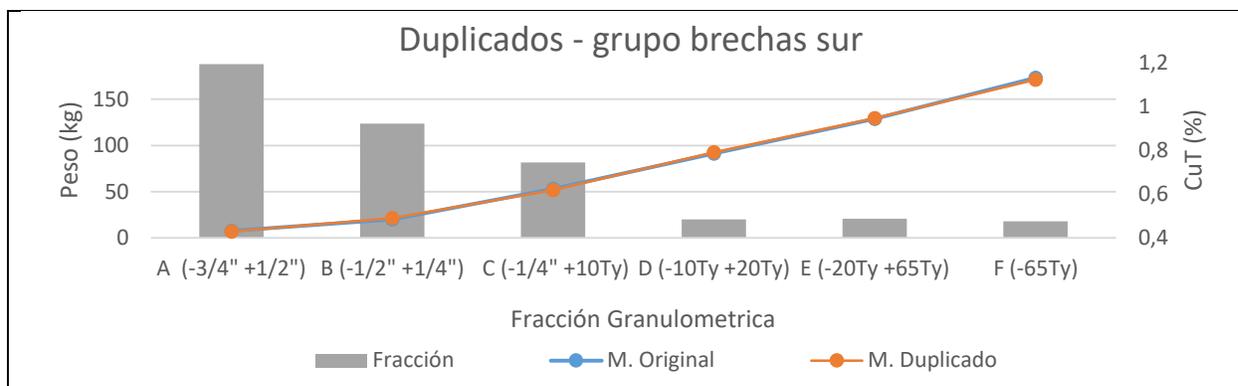
**Figura 7.7. Análisis químico de cobre en duplicados para la Unidad Cuarzomonzonita.**



**Figura 7.8. Análisis químico de cobre en duplicados para la Unidad Brecha Donoso.**



**Figura 7.9. Análisis químico de cobre en duplicados para el grupo brechas centro.**



**Figura 7.10. Análisis químico de cobre en duplicados para el grupo brechas sur.**

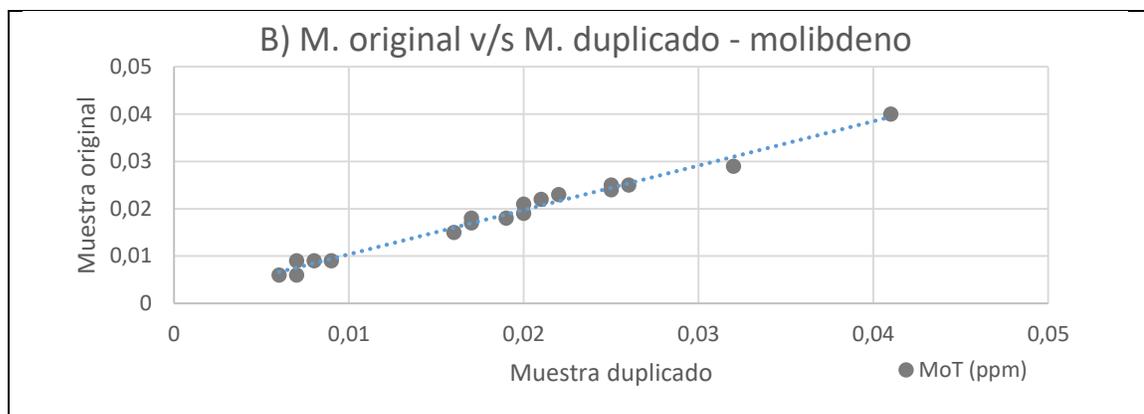
### 7.3.2. MOLIBDENO

La Tabla 7.5. verifica la precisión aceptable entre análisis de duplicados, debido al valor del coeficiente de variación (4,46%). Sin embargo, el error analítico con un 95% de confiabilidad corresponde a  $\pm 0,002\%$ , lo que es bastante positivo para esta investigación.

**Tabla 7.5. Evaluación estadística de las 24 muestras para molibdeno.**

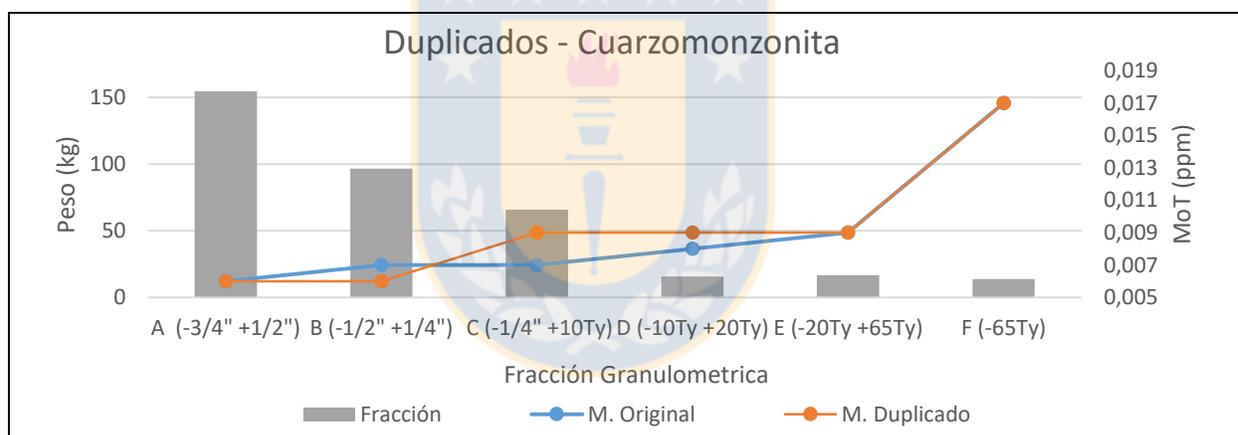
| Variable                          | Molibdeno (ppm)   |           |            |
|-----------------------------------|-------------------|-----------|------------|
|                                   | Original          | Duplicado | Diferencia |
| Número de datos                   | 18                | 18        | 18         |
| Promedio (ppm)                    | 0,0188            | 0,0186    | 0,0002     |
| Varianza                          | 0,000087          | 0,000078  | 0,000001   |
| Desviación Estándar               | 0,0093            | 0,0088    | 0,0008     |
| Coeficiente de variación          | -                 | -         | 4,46       |
| Desviación estándar confianza 95% | -                 | -         | 0,002      |
| Sesgo (%)                         | -                 | -         | -0,2       |
| Valor Mínimo (ppm)                | 0,006             | 0,006     | -0,002     |
| Valor Máximo (ppm)                | 0,041             | 0,04      | 0,003      |
| Promedio Ley MoT (ppm)            | -                 | -         | 0,019      |
| Error analítico (95%)             | 0,019 $\pm$ 0,002 |           |            |

El sesgo estadísticamente no significativo igual a -0,2% para los duplicados, indica una buena exactitud en la medición del elemento. Además, la Figura 7.11 describe la línea de tendencia de los datos que indica la exactitud del análisis. La dispersión de muestra evidencia una moderada precisión.

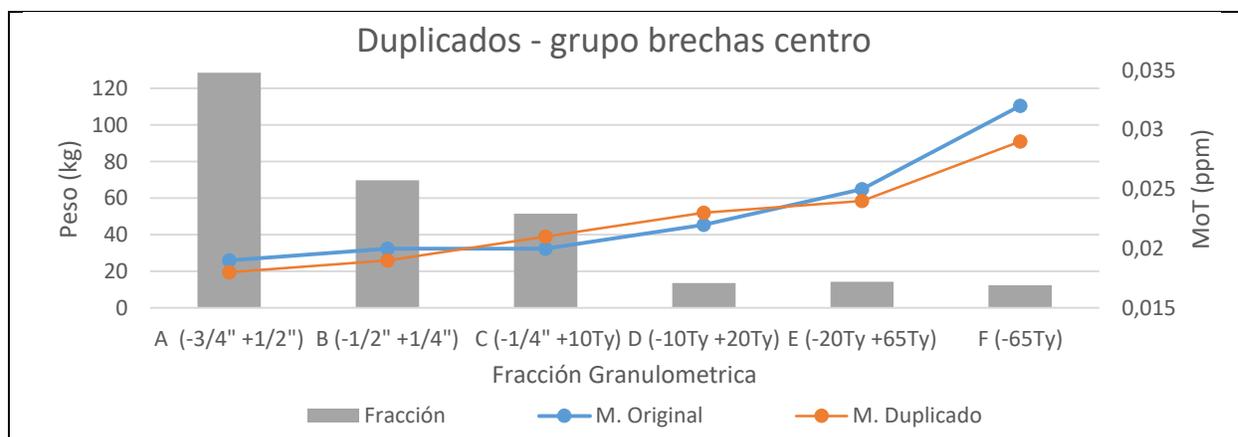


**Figura 7.11. Distribución y tendencia de los duplicados entorno al elemento de molibdeno.**

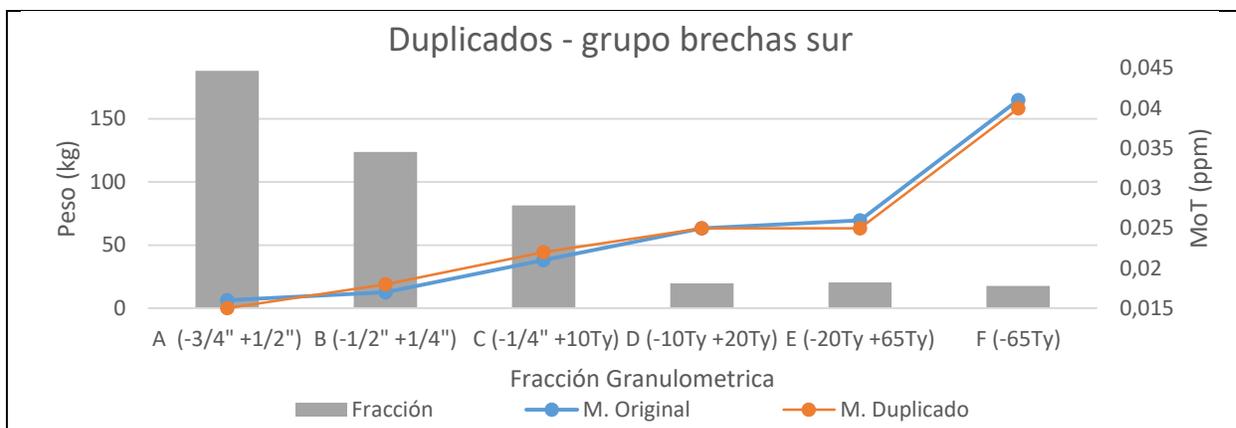
Las Figuras 7.12. a 7.14. permiten distinguir que existe una alta correlación entre los duplicados, con excepción de tres muestras que tienen leves diferencias, las cuales dada la escala de la gráfica se ven exacerbadas.



**Figura 7.12. Análisis químico de molibdeno en duplicados para la Unidad Cuarzomonzonita.**



**Figura 7.13. Análisis químico de molibdeno en duplicados para el grupo brechas centro.**



**Figura 7.14.** Análisis químico de molibdeno en duplicados para el grupo brechas sur.

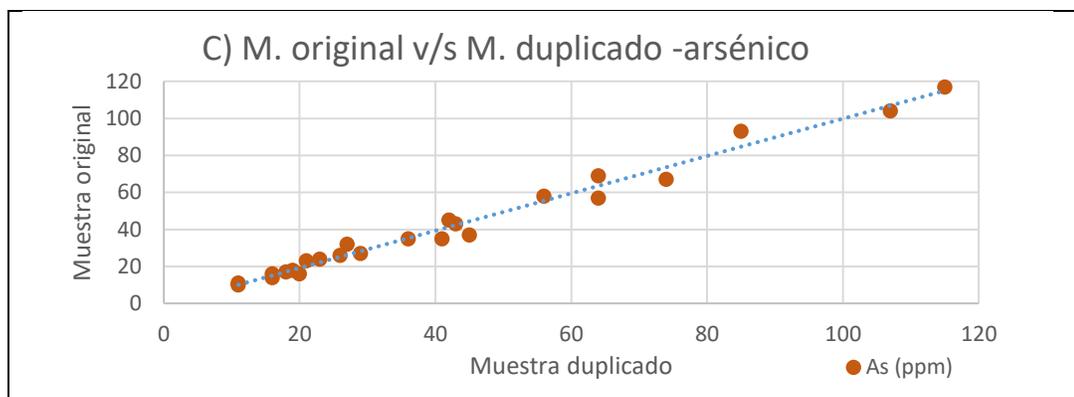
### 7.3.3. ARSÉNICO

Se comprueba una precisión aceptable entre análisis de duplicados para el elemento de arsénico (Tabla 7.6.), esto indicado por el coeficiente de variación. Sin embargo, el error analítico con un 95% de confiabilidad indica un valor de  $\pm 5,6$  ppm.

**Tabla 7.6.** Evaluación estadística de las 24 muestras para arsénico.

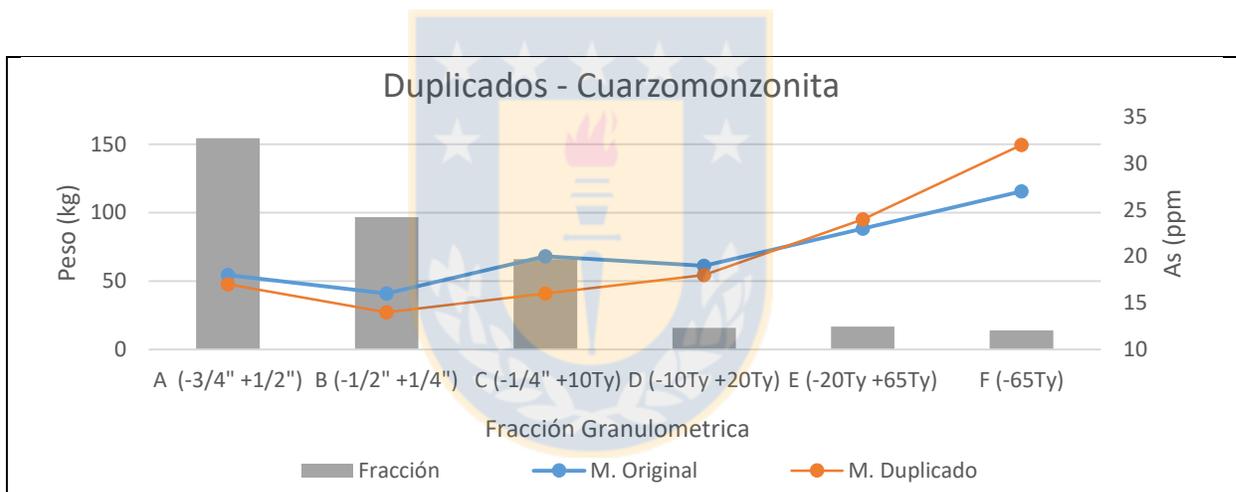
| Variable                          | Arsénico (ppm) |           |            |
|-----------------------------------|----------------|-----------|------------|
|                                   | Original       | Duplicado | Diferencia |
| Número de datos                   | 24             | 24        | 24         |
| Promedio (ppm)                    | 42             | 41        | 1          |
| Varianza                          | 868            | 896       | 7,7        |
| Desviación Estándar               | 29             | 30        | 3          |
| Coeficiente de variación (%)      | -              | -         | 6,66       |
| Desviación estándar confianza 95% | -              | -         | 6          |
| Sesgo (%)                         | -              | -         | 2,8        |
| Valor Mínimo (ppm)                | 11             | 10        | -8         |
| Valor Máximo (ppm)                | 115            | 117       | 8          |
| Promedio Ley As (ppm)             | -              | -         | 42         |
| Error analítico (95 %)            | 42 $\pm$ 6     |           |            |

Para el caso del arsénico el sesgo es estadísticamente no significativo correspondiente a 2,8%. Además, la Figura 7.15. describe la línea de tendencia de los datos que nos indica la exactitud del análisis. La dispersión de muestra evidencia una moderada precisión.

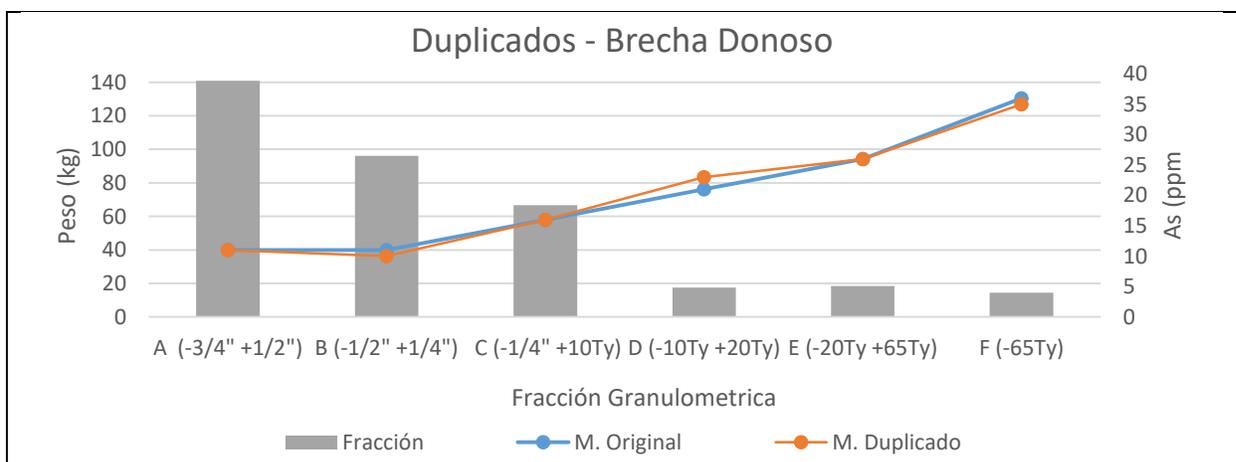


**Figura 7.15.** Distribución y tendencia de los duplicados entorno al elemento de arsénico.

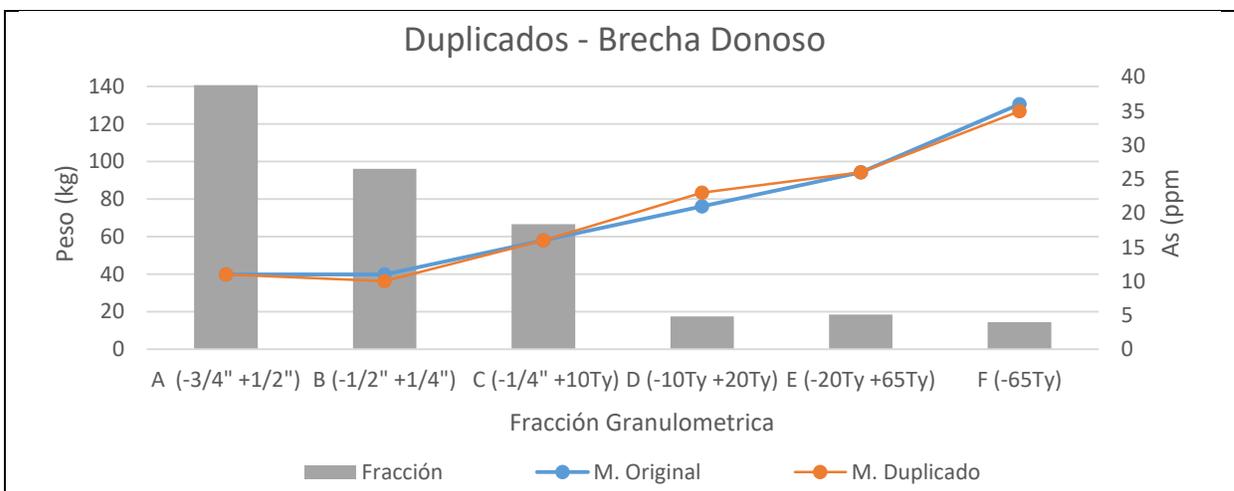
Las Figuras 7.16. a 7.19. se observa en las imágenes que existe una moderada correlación entre los duplicados.



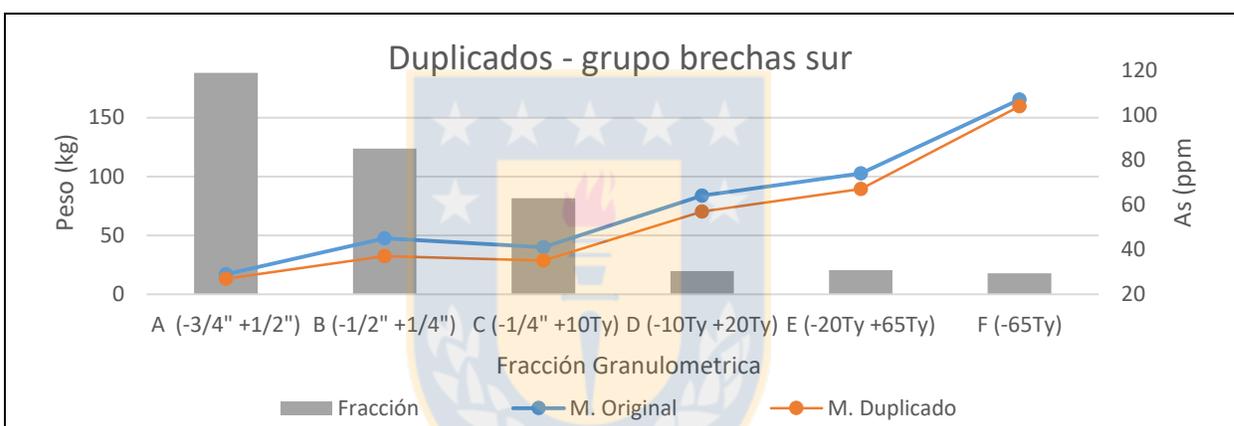
**Figura 7.16.** Análisis químico de molibdeno en duplicados para el grupo brechas sur.



**Figura 7.17.** Análisis químico de molibdeno en duplicados para el grupo brechas sur.



**Figura 7.18.** Análisis químico de molibdeno en duplicados para el grupo brechas sur.



**Figura 7.19.** Análisis químico de molibdeno en duplicados para el grupo brechas sur.

#### 7.4. ERRORES DE PREPARACIÓN Y ANÁLISIS QUÍMICO

Por medio del estudio estadístico de los resultados de los materiales de referencia se conoce el error correspondiente a análisis químico, la evaluación estadística de duplicados de preparación permite conocer el error de preparación más análisis químico (Anexo III, Tablas 43 a 53).

Conociendo la varianza de preparación más análisis químico y restando la varianza analítica se tendrá la varianza de error correspondiente a la preparación de las muestras para los cuatro compósitos.

La Tabla 7.7. muestra la estimación del error global de preparación más análisis químico, el error analítico y el error de preparación.

**Tabla 7.7. Análisis del error de preparación y analítico.**

| Varianza                            | Distribución del error |         |           |           |          |
|-------------------------------------|------------------------|---------|-----------|-----------|----------|
|                                     | CuT (%)                |         | MoT (%)   |           | As (ppm) |
| Varianza de preparación + analítica | 0,00019                | 0,00019 | 0,0000008 | 0,0000008 | 7,7      |
| Varianza analítica                  | 0,00028                | 0,00016 | 0,0000007 | 0,0000002 | 166      |
| Varianza de preparación             | -0,00009               | 0,00003 | 0,0000001 | 0,0000006 | -158,3   |

La varianza global de error de preparación más análisis químico es prácticamente igual al error analítico para los elementos cobre, molibdeno. El error analítico del arsénico es superior al error global de preparación más análisis químico. Por consiguiente se confirma que la preparación de la muestra fue correctamente ejecutada.

#### 7.5. BLANCOS

Las 32 muestras blancas en los lotes analíticos muestran resultados químicos satisfactorios, entregando los valores esperados de cobre, molibdeno y arsénico. El detalle del análisis estadístico se encuentra en el Anexo (Anexo III, Tabla 54).

## **8. ANÁLISIS DE RESULTADOS**

### **8.1. GENERALIDADES**

El análisis granulométrico de las seis fracciones consiste en verificar la validez de los cuatro test de heterogeneidad. Esto se realiza al comparar el contenido del cobre, molibdeno y arsénico entre la granulometría más fina y la más gruesa.

Por su parte, la variación de la ley de cada uno de los elementos de interés (cobre, molibdeno y arsénico) en las cien muestras de la fracción B para cada uno de los cuatro compósitos otorga la posibilidad de analizar el posible sesgo de las muestras de esta investigación.

Los resultados químicos en cada una de las cien muestras de cada compósito sumado a otras variables necesarias (varianza, ley promedio, densidad y número de fragmentos), permiten calcular el valor de las constantes de muestreo  $C_a$  y K necesarias para establecer el valor de la varianza del error fundamental a lo largo del protocolo de preparación de muestras.

Lo anterior, permite a su vez el diseño de los diferentes nomogramas que permiten validar los protocolos actuales de preparación de los sondajes tipo *in fill*, diamantinos, de aire reverso y la extracción de muestras desde pozo de tronadura.

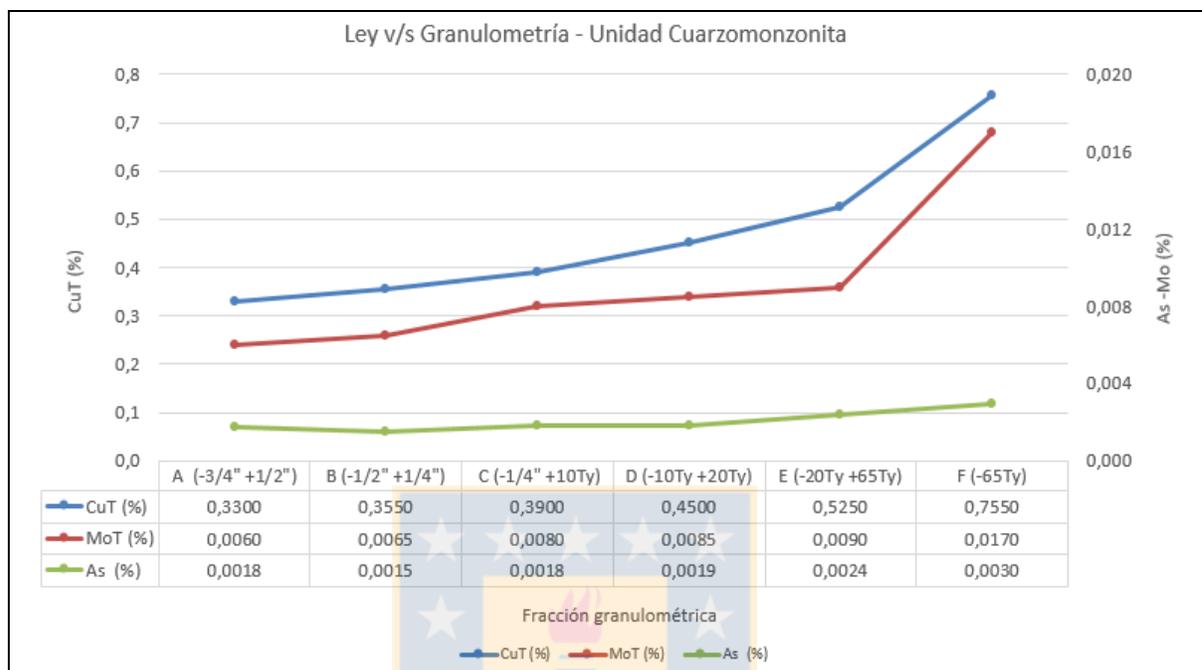
### **8.2. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO**

Las fracciones granulométricas obtenidas durante la preparación de muestras para los cuatro test de heterogeneidad son analizadas químicamente entorno a los elementos de interés (cobre, molibdeno y arsénico). La Figuras 8.1. a 8.4. expresa la ley de los elementos de interés en función de la granulometría para cada una de los compósitos.

#### **8.2.1. CUARZOMONZONITA**

La Unidad Cuarzomonzonita posee una evidente relación inversa entre el contenido de cobre y molibdeno, y el tamaño de la fracción granulométrica (Figura 8.1.). A medida que el tamaño de la muestra disminuye, el contenido de cobre y molibdeno aumenta. Para el caso del cobre, su contenido es 2,3 veces mayor en la fracción fina (fracción F) que en la fracción gruesa

(fracción A). De forma similar, el molibdeno es 2,8 veces mayor fracción fina (fracción F) que en la fracción gruesa (fracción A)



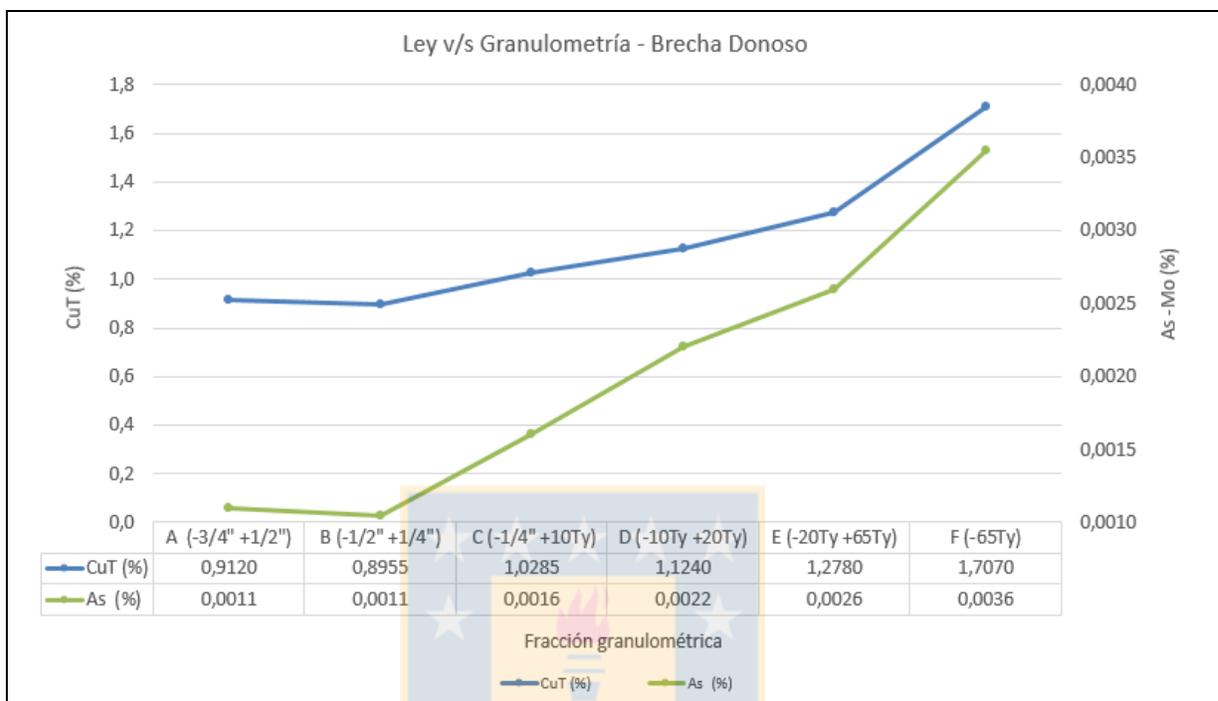
**Figura 8.1. Grafica de dispersión de los porcentajes de cobre, molibdeno y arsénico para Unidad Cuarzomonzonita en las seis fracciones granulométricas.**

Además, dado que el resultado de dividir el valor mayor de ley (fracción más fina) por el de menor valor de ley (fracción más gruesa) para los elementos de cobre, molibdeno y arsénico por separado. Se obtienen valores inferiores a 10 en los tres elementos, con esto se cumple con el requerimiento básico para la valides de un test practico de heterogeneidad en la unidad.

### 8.2.2. BRECHA DONOSO

La Brecha Donoso también tiene una clara relación inversa entre el contenido de cobre y arsénico, y el tamaño de la fracción granulométrica (Figura 8.2.). A medida que el tamaño de la muestra disminuye, el contenido de estos elementos aumenta. Para el caso de cobre, su contenido es 1,9 veces mayor en la fracción fina (fracción F) que en la fracción gruesa (fracción A). De forma similar, el arsénico es 3,3 veces mayor fracción fina (fracción F) que en la fracción gruesa (fracción A).

Cabe destacar que el elemento de molibdeno no se analiza debido a que los valores se encontraron en su gran mayoría bajo el límite de detección (< 0,002%).

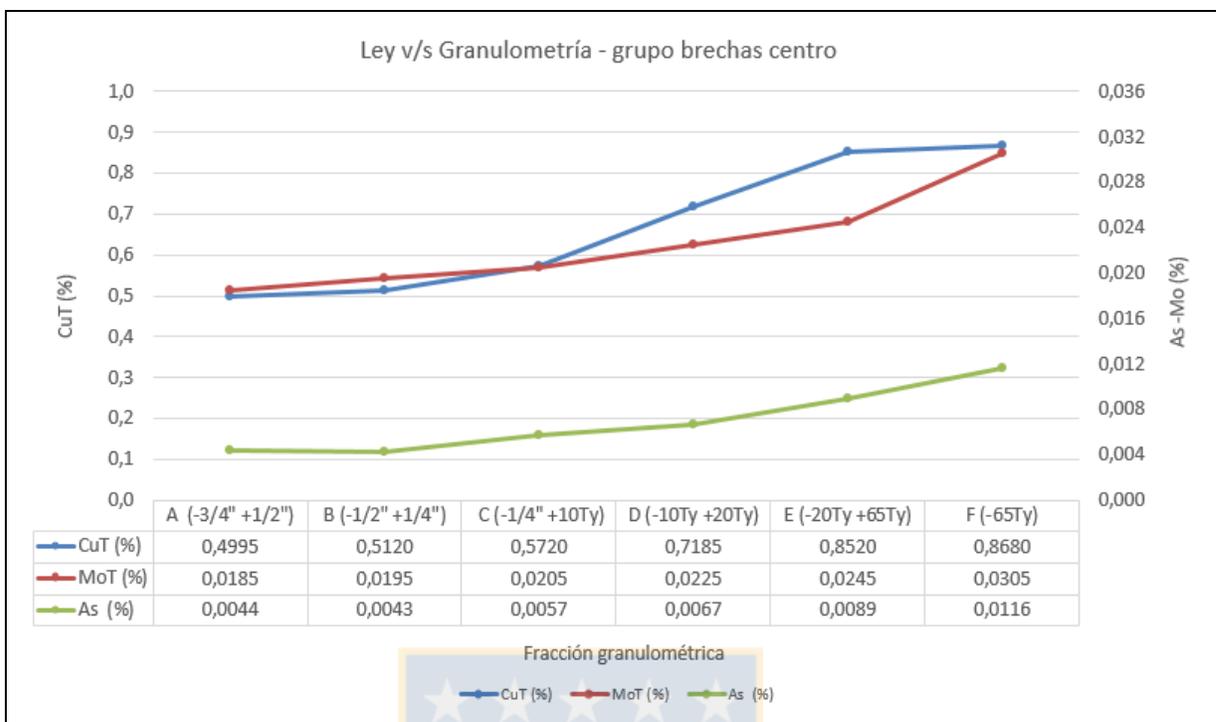


**Figura 8.2.** Grafica de dispersión de los porcentajes de cobre y arsénico para Unidad Brecha Donoso en las seis fracciones granulométricas.

Además, dado que el resultado de dividir el valor mayor de ley (fracción más fina) por el de menor valor de ley (fracción más gruesa) para los elementos de cobre y arsénico por separado. Se obtienen valores inferiores a 10 en los dos elementos, con esto se cumple con el requerimiento básico para la validación de un test práctico de heterogeneidad en la unidad.

### 8.2.3. GRUPO BRECHAS CENTRO

El grupo brechas centro al igual que las unidades anteriores, tiene una relación inversa entre el contenido de cobre, molibdeno y arsénico, y el tamaño de la fracción granulométrica (Figura 8.3.). A medida que el tamaño de la muestra disminuye, el contenido de estos elementos aumenta. Para el caso de cobre, su contenido es 1,7 veces mayor en la fracción fina (fracción F) que en la fracción gruesa (fracción A). De forma similar, el molibdeno es 1,6 veces mayor fracción fina (fracción F) que en la fracción gruesa (fracción A). Finalmente, el arsénico es 2,6 veces mayor fracción fina (fracción F) que en la fracción gruesa (fracción A).



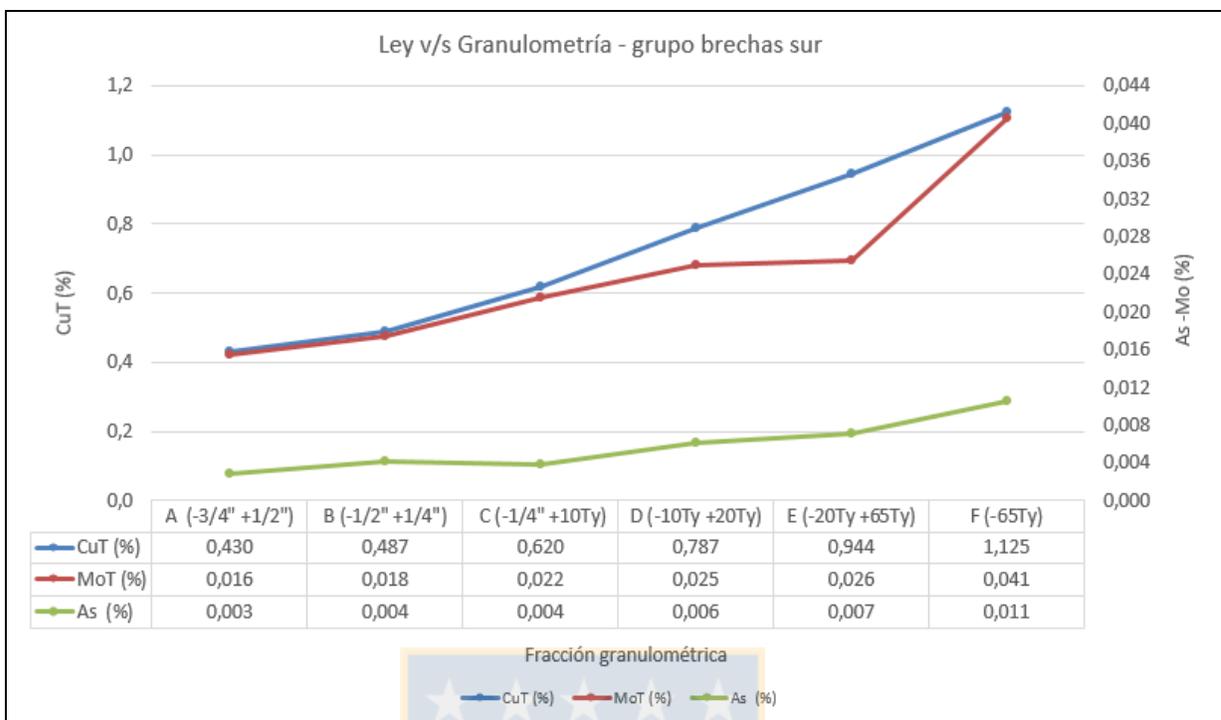
**Figura 8.3.** Grafica de dispersión de los porcentajes de cobre, molibdeno y arsénico para el grupo brechas centro en las seis fracciones granulométricas.

Además, dado que el resultado de dividir el valor mayor de ley (fracción más fina) por el de menor valor de ley (fracción más gruesa) para los elementos de cobre, molibdeno y arsénico por separado. Se obtienen valores inferiores a 10 en los tres elementos, con esto se cumple con el requerimiento básico para la valides de un test practico de heterogeneidad en este grupo.

#### 8.2.4. GRUPO BRECHAS SUR

El grupo brechas sur, al igual que la Unidad Cuarzomonzonita evidencia una relación inversa entre el contenido de cobre y molibdeno, y el tamaño de la fracción granulométrica (Figura 8.4.). A medida que el tamaño de la muestra disminuye, el contenido de estos elementos aumenta. Para el caso de cobre y molibdeno, su contenido es 2,6 veces mayor en la fracción fina (fracción F) que en la fracción gruesa (fracción A).

Además, dado que el resultado de dividir el valor mayor de ley (fracción más fina) por el de menor valor de ley (fracción más gruesa) para los elementos de cobre, molibdeno y arsénico por separado. Se calculan valores inferiores a 10 en los tres elementos, con esto se cumple con el requerimiento básico para la valides de un test practico de heterogeneidad en este grupo.



**Figura 8.4.** Grafica de dispersión de los porcentajes de cobre, molibdeno y arsénico para Unidad Cuarzomonzonita en las seis fracciones granulométricas.

### 8.3. TEST DE HETEROGENEIDAD

Las muestras seleccionadas para realizar los test corresponden a la fracción B (-1/2" + 1/4"). De esta fracción se extraen en forma aleatoria 40 fragmentos para conformar una muestra de aproximadamente 100 g. El proceso anterior se realiza cien veces para cada compósito. Las muestras son analizadas siguiendo los protocolos de la división en el laboratorio SGS Santiago.

Considerando que los resultados arrojan valores bajo el límite detección, se decide reemplazar los valores de molibdeno  $< 0,0002\%$  por un valor igual a  $0,001\%$ . Para el caso del arsénico se decide reemplazar los valores  $< 0,001\%$  por un valor igual a  $0,0005\%$ .

Las Figuras 8.5. a 8.16. indican la distribución de leyes de cobre, molibdeno y arsénico encontrados en las 100 muestras de cada compósito creadas a partir de la construcción de las tablas de frecuencias (Anexo III, 27 a 38). Además, en cada una de estas gráficas, se añade la curva de distribución normal (Anexo III, Tablas 39 a 42).

### 8.3.1. CUARZOMONZONITA

La Unidad Cuarzomonzonita posee una distribución normal prácticamente simétrica para el elemento de cobre (Figura 8.5.). En cuanto al contenido de molibdeno y arsénico se vislumbra una asimetría positiva, lo que indica un sesgo a las mayores concentraciones de los elementos (Figuras 8.6. y 8.7.). Lo anterior se debe a que las muestras de la Unidad presentan un contenido de molibdeno bajo y cercano al límite de detección de los instrumentos de medición con excepción de un 6% de las muestras. Para el arsénico, el 50% de las muestras registra un valor bajo el límite de detección de los instrumentos y procedimientos utilizados.

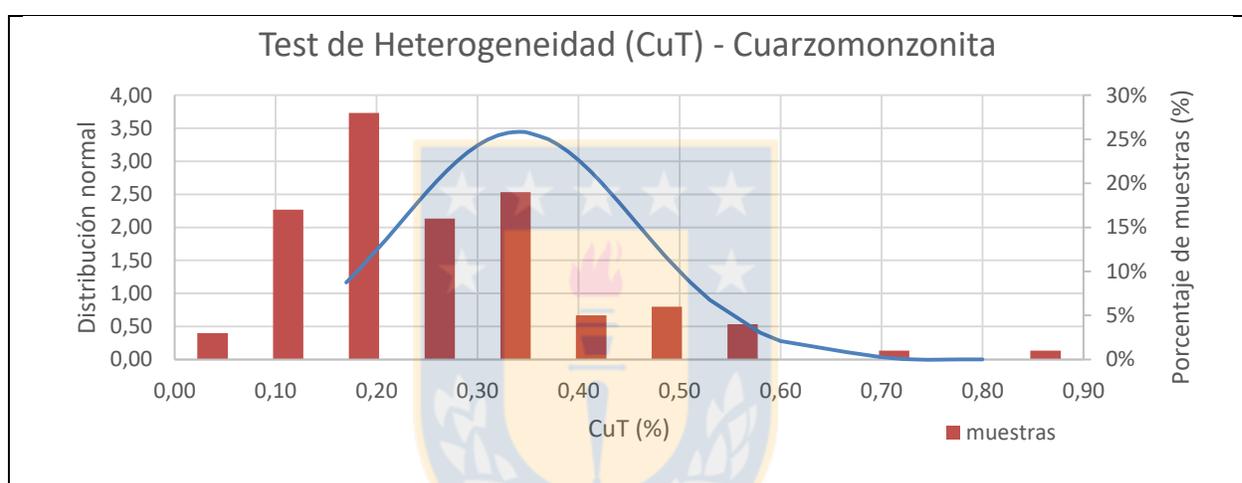


Figura 8.5. Distribución de las leyes del elemento de cobre en la Unidad Cuarzomonzonita.

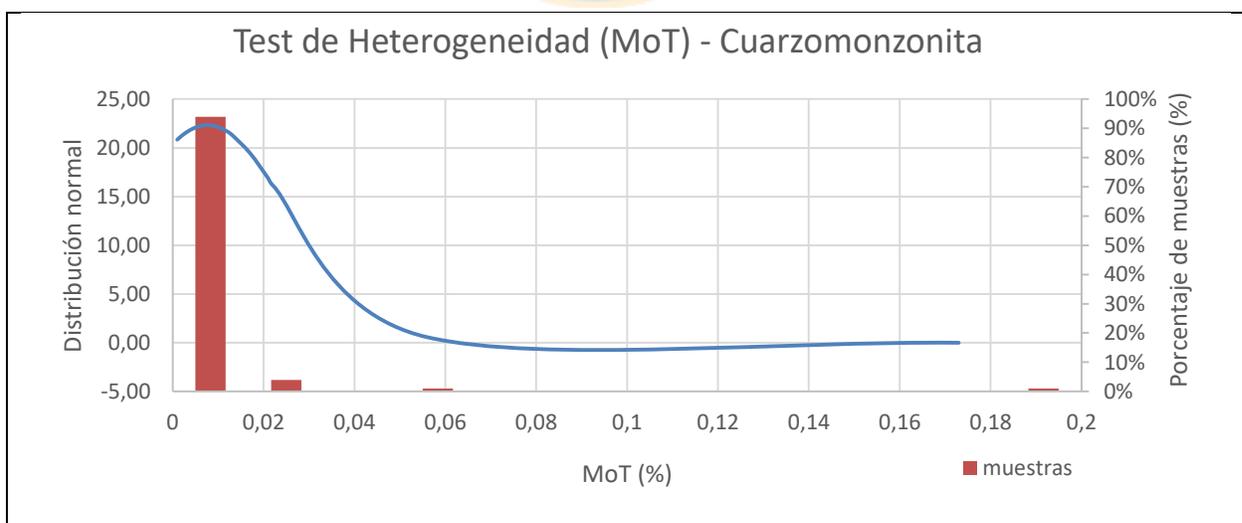
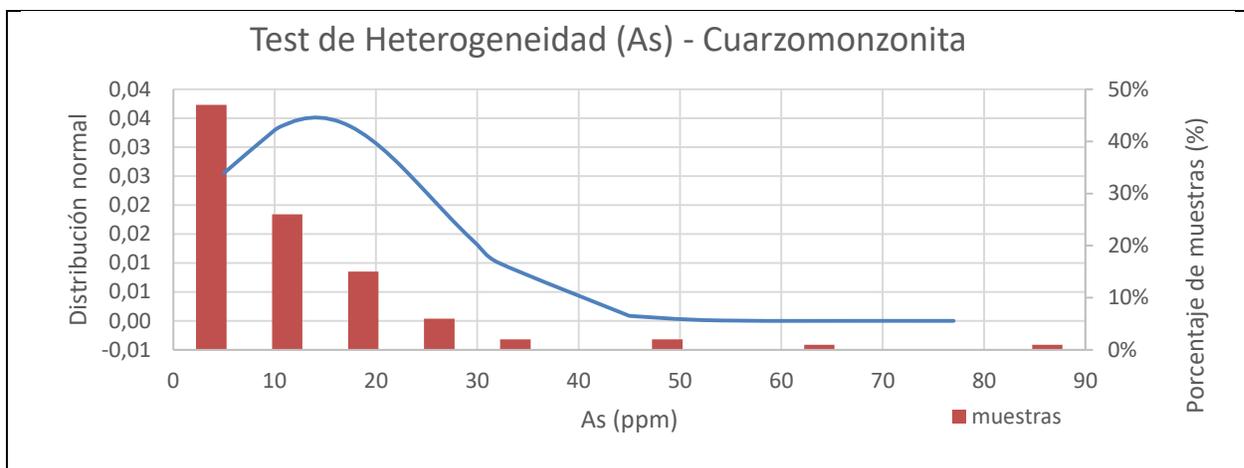


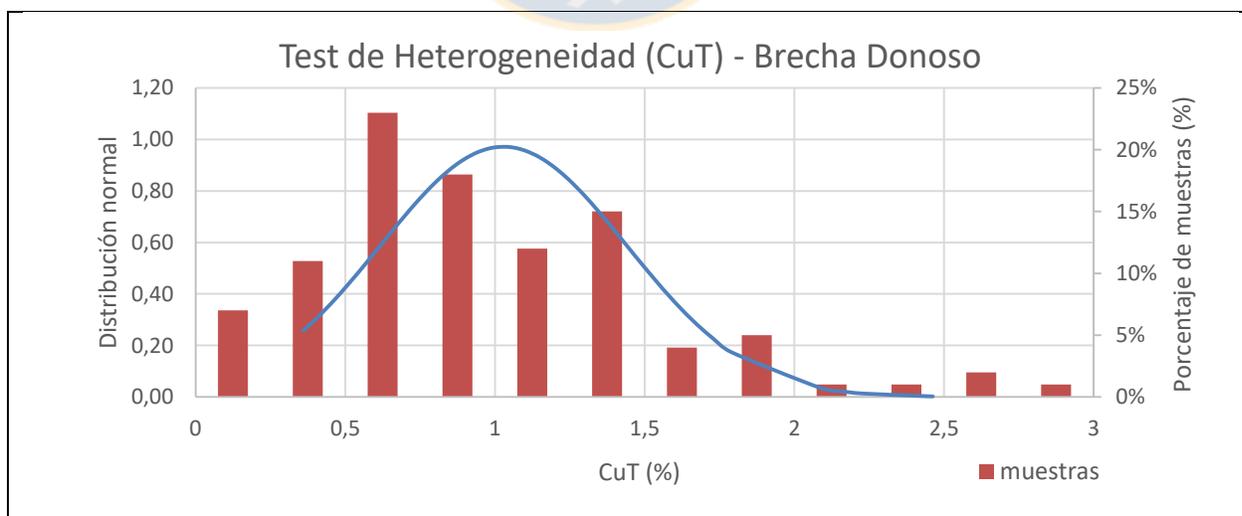
Figura 8.6. Distribución de las leyes del elemento de molibdeno en la Unidad Brecha Cuarzomonzonita.



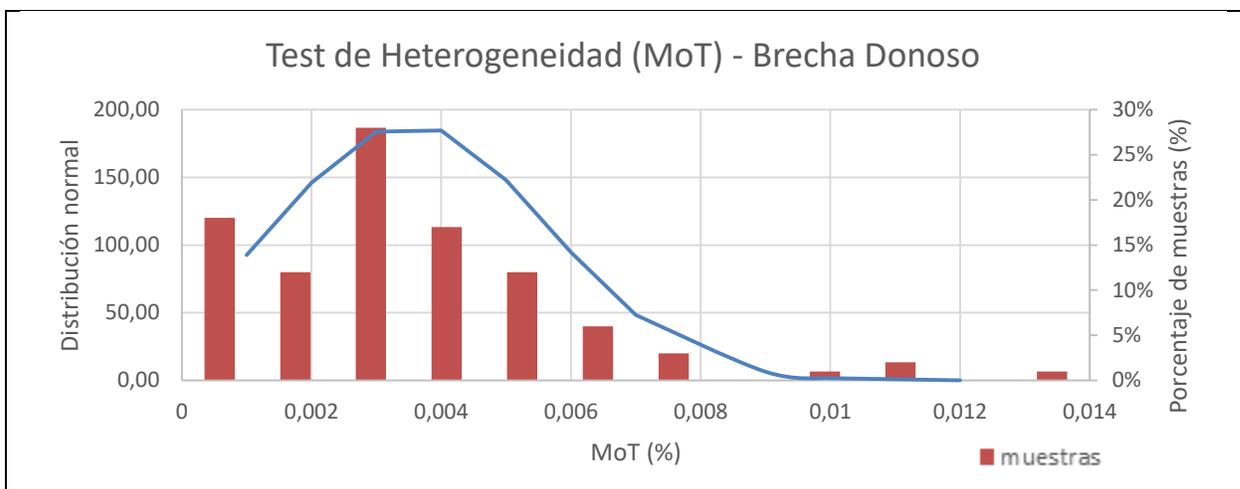
**Figura 8.7.** Distribución de las leyes del elemento de arsénico en la Unidad Brecha Cuarzomonzonita.

### 8.3.2. BRECHA DONOSO

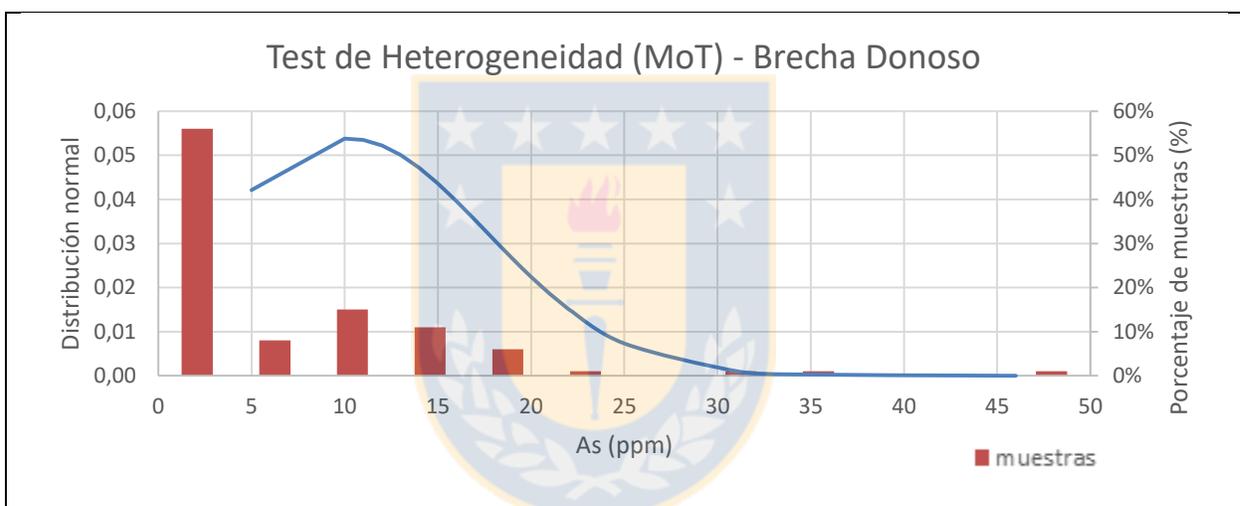
La Unidad Brecha Donoso posee una distribución normal prácticamente simétrica para el elemento de cobre (Figura 8.8.). En cuanto al contenido de molibdeno y arsénico se distingue una moderada asimetría positiva, lo que indica un sesgo a las mayores concentraciones de los elementos (Figuras 8.9. y 8.10.). Lo anterior se debe a que las muestras de la unidad ostentan un contenido de molibdeno bajo y un 18% de las muestras registra un valor bajo el límite de detección de los instrumentos de medición. Para el arsénico, el 56% de las muestras registra un valor bajo el límite de detección de los instrumentos y procedimientos utilizados.



**Figura 8.8.** Distribución de las leyes del elemento de cobre en la Unidad Brecha Donoso.



**Figura 8.9.** Distribución de las leyes del elemento de molibdeno en la Unidad Brecha Donoso.



**Figura 8.10.** Distribución de las leyes del elemento de arsénico en la Unidad Brecha Donoso.

### 8.3.3. GRUPO BRECHAS CENTRO

El grupo brechas centro tiene una distribución normal prácticamente simétrica para el elemento de cobre (Figura 8.11.). En cuanto al contenido de molibdeno y arsénico se distingue una asimetría positiva, lo que indica un sesgo a las mayores concentraciones de los elementos (Figuras 8.12. y 8.13.). Lo anterior se debe a que las muestras del grupo ostentan un contenido de molibdeno bajo y solo un 6% de la muestras presentan un contenido levemente mayor al resto. Para el arsénico, la asimetría se debe a que un 6% de la muestras presenta un contenido de arsénico muy superior al promedio de 32,4 ppm.

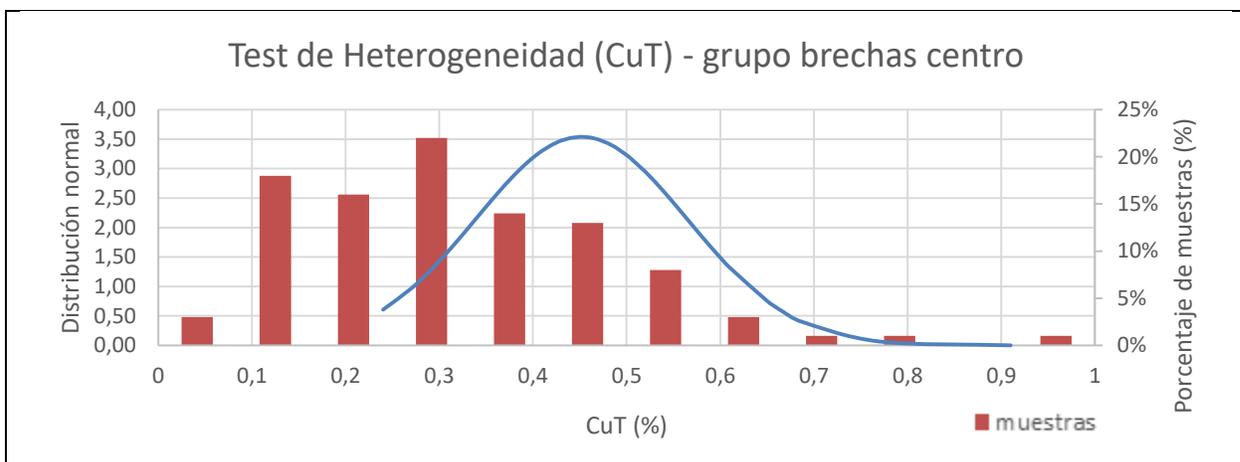


Figura 8.11. Distribución de las leyes del elemento de cobre en el grupo brechas centro.

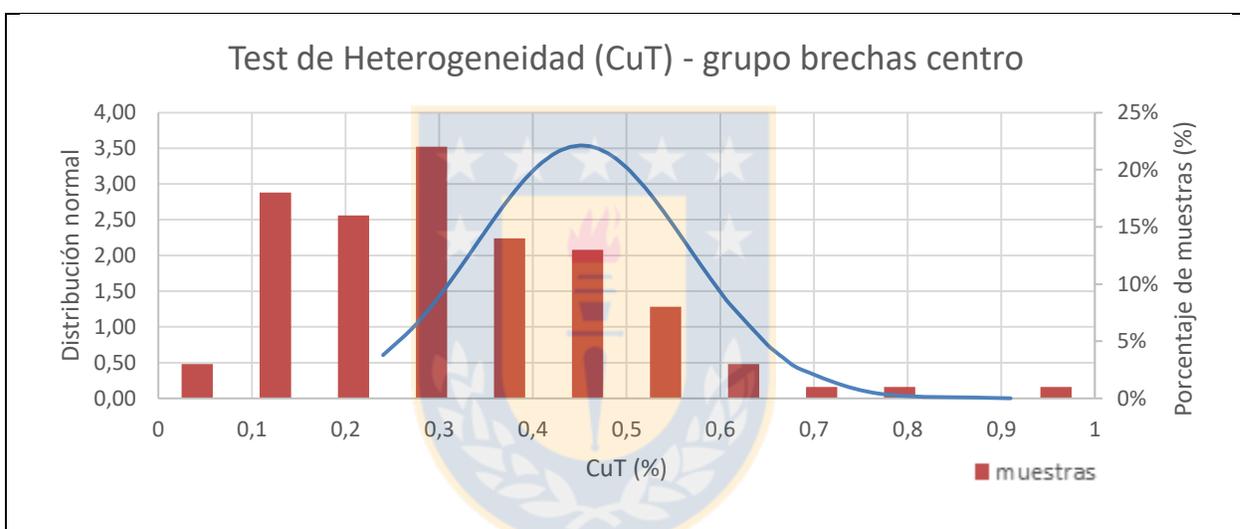


Figura 8.12. Distribución de las leyes del elemento de molibdeno en el grupo brechas centro.

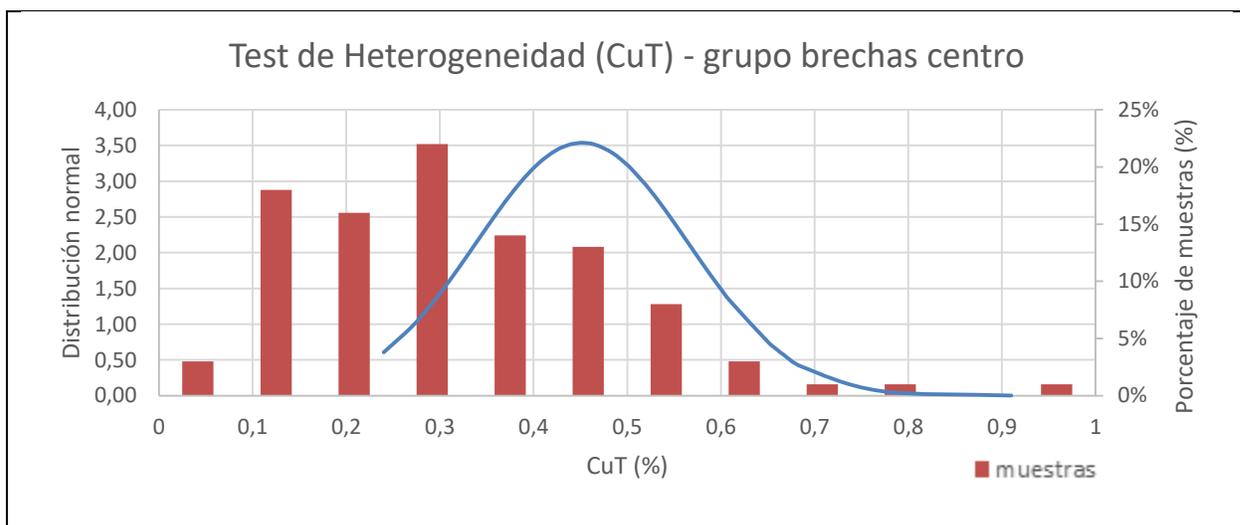
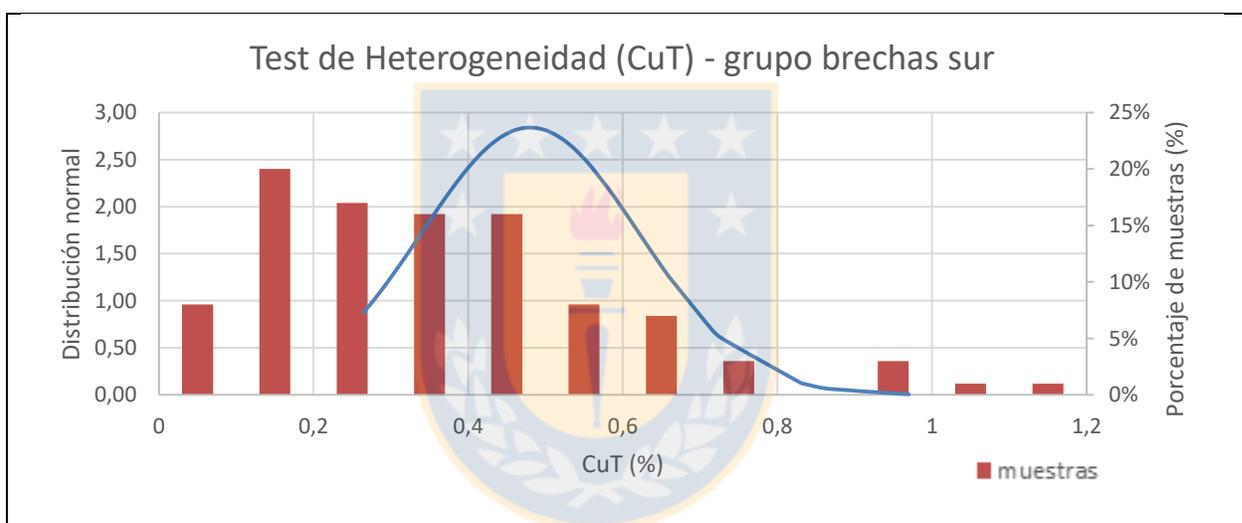


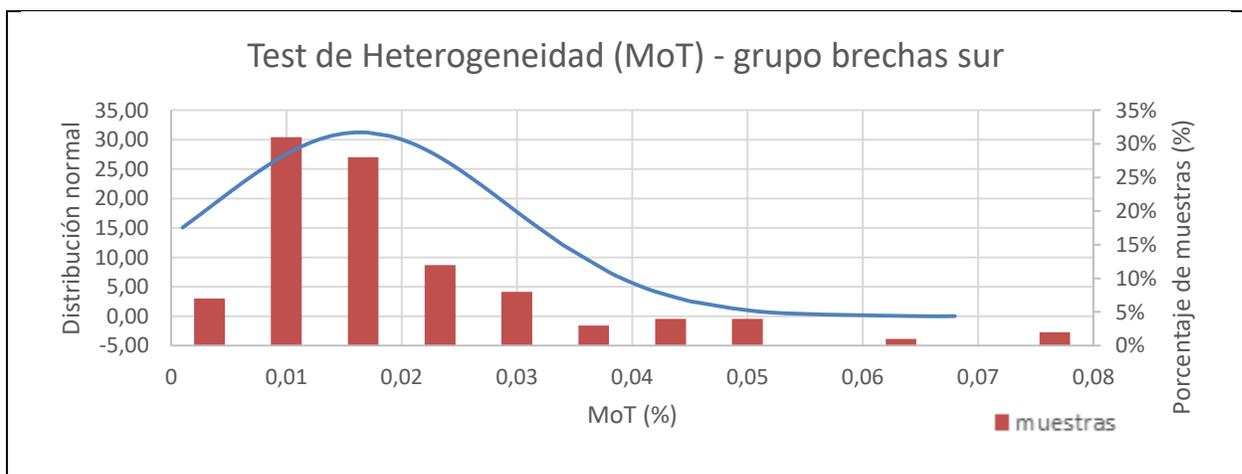
Figura 8.13. Distribución de las leyes del elemento de arsénico en el grupo brechas centro.

### 8.3.4. GRUPO BRECHAS SUR

El grupo brechas sur posee una distribución prácticamente simétrica para el elemento de cobre (Figura 8.14.). En cuanto al contenido de molibdeno y arsénico se distingue una moderada asimetría positiva, lo que indica un sesgo a las mayores concentraciones de los elementos (Figuras 8.15. y 8.16.). Lo anterior se debe a que las muestras del grupo ostentan un contenido de molibdeno bajo y con un porcentaje menor de muestras que manifiestan una concentración levemente mayor al promedio de la población. Para el arsénico, el 35% de las muestras registra un valor bajo el límite de detección de los instrumentos y procedimientos utilizados, sumado a que un par de las muestras registran un valor bastante superior a la media de la población.



**Figura 8.14.** Distribución de las leyes del elemento de cobre en el grupo brechas sur.



**Figura 8.15.** Distribución de las leyes del elemento de molibdeno en el grupo brechas sur.

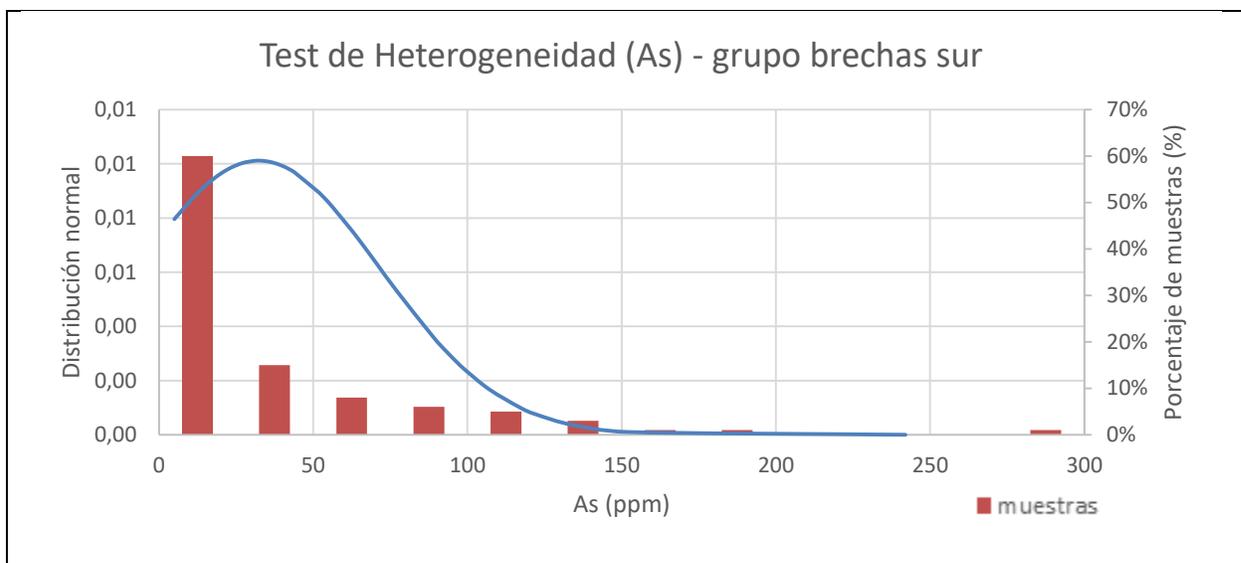


Figura 8.16. Distribución de las leyes del elemento de arsénico en el grupo brechas sur.

#### 8.4. CONSTANTES DE MUESTREO

Con los resultados de cada una de las leyes para los tres elementos de interés en las 100 muestras de cada compósito, sumado al valor de las masas de cada muestra, es posible calcular la masa total y promedio del conjunto.

Conociendo la masa promedio de los 40 fragmentos y la densidad de la roca, se puede estimar el volumen promedio de los fragmentos (ecuación R, página 80). Valor que da a conocer por medio de breves cálculos el factor de forma (ecuación E, página 72).

El factor de forma ( $f_{\alpha}$ ) sumado a otras variables (varianza, ley promedio, densidad y número de fragmentos), permiten evaluar las constantes de muestreo  $C_{\alpha}$  y  $K$  necesarias para medir el error fundamental de cada etapa y la confección de nomogramas que permiten validar los protocolos actuales de muestreo de la división.

##### 8.4.1. CUARZOMONZONITA

Los resultados en detalle para las 100 muestras de la Unidad Cuarzomonzonita se encuentran en el Anexo (Anexo III, Tabla 58). En la Tabla 8.1. se resumen los resultados estadísticos de acuerdo a lo descrito en el capítulo denominado marco teórico de esta investigación.

**Tabla 8.1. Resumen estadístico Unidad Cuarzomonzonita.**

| Variable                                   | Valor    |
|--|----------|
| Masa Total fragmentos (g)                  | 9.492,70 |
| Masa Promedio fragmentos(g)                | 94,93    |
| Número de muestras                         | 100      |
| Densidad (kg/m <sup>3</sup> )              | 2,5      |
| Densidad Sulfuros (kg/m <sup>3</sup> )     | 2,615    |
| Número de fragmentos                       | 40       |
| Volumen de un fragmento ( m <sup>3</sup> ) | 0,908    |
| Factor de forma f                          | 0,824    |

A partir de la tabla anterior y los resultados químicos para cada una de las muestras de la unidad, es posible calcular las variables indicadas en la Tabla 8.2.

**Tabla 8.2. Variables necesarias para el cálculo de las constantes  $C_{\alpha}$  y K para cada uno de los elementos de interés en la Unidad Cuarzomonzonita.**

| Variable                     | CuT (%) | MoT (%) | As (%)    |
|------------------------------|---------|---------|-----------|
| Promedio (%)                 | 0,340   | 0,008   | 0,0014    |
| Promedio ponderado (%)       | 0,339   | 0,008   | 0,0014    |
| Varianza                     | 0,013   | 0,00032 | 0,0000013 |
| Desviación estándar          | 0,116   | 0,018   | 11,358    |
| Masa promedio muestra Ms (g) | 94,93   | 94,93   | 94,93     |
| Masa promedio lote Ms (g)    | 9.493   | 9.493   | 9.493     |
| Diámetro máximo $d_1$ (cm)   | 1,25    | 1,27    | 1,27      |
| Diámetro mínimo $d_2$ (cm)   | 0,63    | 0,635   | 0,635     |
| Diámetro (cm)                | 1,033   | 1,048   | 1,048     |
| Constante C                  | 9,97    | 471,16  | 56,07     |
| Constante K                  | 10,13   | 482,42  | 57,41     |

En la Tabla 8.2. se entrega la estimación de la constante  $C_{\alpha}$  correspondiente para cada elemento de interés. En detalle, para el caso del cobre total se espera un valor entre 2 y 20 dado que es un yacimiento de tipo pórfido cuprífero, y se calcula una constante de 9,97. El arsénico tiene un valor igual a 56,07 el cual se encuentra bajo lo esperado (100 a 500). Finalmente, para molibdeno se aguarda un valor entre 15 y 100, sin embargo, se mide un valor de 471,16, lo que es inusual. Es posible que el alto valor de la constante se corresponda con el error analítico (0,17%), sumado a la baja concentración del elemento en esta unidad. Se recomienda realizar un método más preciso para medir molibdeno en este tipo de roca.

A partir de la constante  $C_{\alpha}$ , se puede calcular la constante K, necesaria para construir el nomograma correspondiente a cada protocolo de muestreo.

### 8.4.1.1. Protocolos de muestreo

#### A. Sondaje in fill

La Tablas 8.3. a 8.5. permiten calcular la varianza del error fundamental para cada una de las etapas del protocolo en los elementos de cobre, molibdeno y arsénico respectivamente.

A partir de las tablas anteriormente mencionadas se construye el nomograma de dicho protocolo de muestreo según lo indicado el Capítulo Marco Teórico (Figura 8.17.). La gráfica permite concluir que el protocolo establecido para sondajes tipo *in fill* es el correcto para los tres elementos en la Unidad Cuarzomonzonita.

**Tabla 8.3. Cálculo estadístico del error fundamental para el elemento cobre en sondaje *in fill* para la Unidad Cuarzomonzonita.**

| PROTOCOLO DE PREPARACIÓN DE MUESTRAS - ELEMENTO Cu |          |                        |                |                   |                |
|--|----------|------------------------|----------------|-------------------|----------------|
| SONDAJE <i>IN FILL</i> (NQ-HQ)                     |          |                        |                |                   |                |
| Cuarzomonzonita                                    |          |                        |                | K= 10,13          |                |
| Proceso  | Peso (g) | D <sub>95</sub> % (cm) | C <sub>α</sub> | Error fundamental | Error relativo |
| Muestra de Sondaje (5 m)                           | 50.000   | 0,63                   | 12,77          | 0,0000638         |                |
| Muestra tomada en Bandeja                          | 14.000   | 0,63                   | 12,77          | 0,0002280         | 1,5            |
| Chancado bajo 10#                                  | 14.000   | 0,17                   | 24,58          | 0,0000086         |                |
| Divisor rotatorio                                  | 600      | 0,17                   | 24,58          | 0,0002012         | 1,4            |
| Pulverizado <150#                                  | 600      | 0,01                   | 98,42          | 0,0000002         |                |
| Análisis químico                                   | 1        | 0,01                   | 98,42          | 0,0001172         | 1,1            |
| <b>TOTAL</b>                                       |          |                        |                | <b>0,0006192</b>  | <b>2,5</b>     |

**Tabla 8.4. Cálculo estadístico del error fundamental para el elemento molibdeno en sondaje *in fill* para la Unidad Cuarzomonzonita.**

| PROTOCOLO DE PREPARACIÓN DE MUESTRAS - ELEMENTO Mo |          |                        |                |                   |                |
|--|----------|------------------------|----------------|-------------------|----------------|
| SONDAJE <i>IN FILL</i> (NQ-HQ)                     |          |                        |                |                   |                |
| Cuarzomonzonita                                    |          |                        |                | K= 482,42         |                |
| Proceso  | Peso (g) | D <sub>95</sub> % (cm) | C <sub>α</sub> | Error fundamental | Error relativo |
| Muestra de Sondaje (5m)                            | 50.000   | 0,63                   | 607,79         | 0,0030395         |                |
| Muestra tomada en Bandeja                          | 14.000   | 0,63                   | 607,79         | 0,0108554         | 10,4           |
| Chancado bajo 10#                                  | 14.000   | 0,17                   | 1.170,04       | 0,0004106         |                |
| Divisor rotatorio                                  | 600      | 0,17                   | 1.170,04       | 0,0095807         | 9,8            |
| Pulverizado <150#                                  | 600      | 0,01                   | 4.685,66       | 0,0000093         |                |
| Análisis químico                                   | 1        | 0,01                   | 4.685,66       | 0,0055807         | 7,5            |
| <b>TOTAL</b>                                       |          |                        |                | <b>0,0294762</b>  | <b>17,2</b>    |

Tabla 8.5. Cálculo estadístico del error fundamental para el elemento arsénico en sondaje *in fill* para la Unidad Cuarzomonzonita.

| PROTOCOLO DE PREPARACIÓN DE MUESTRAS - ELEMENTO As |          |                       |                |                   |                |
|--|----------|-----------------------|----------------|-------------------|----------------|
| SONDAJE <i>IN FILL</i> (NQ-HQ)                     |          |                       |                |                   |                |
| Cuarzomonzonita                                    |          |                       |                | K=                | 57,41          |
| Proceso  | Peso (g) | D <sub>95%</sub> (cm) | C <sub>α</sub> | Error fundamental | Error relativo |
| Muestra de Sondaje (5m)                            | 50.000   | 0,63                  | 72,34          | 0,0003617         |                |
| Muestra tomada en Bandeja                          | 14.000   | 0,63                  | 72,34          | 0,0012920         | 3,6            |
| Chancado bajo 10#                                  | 14.000   | 0,17                  | 139,25         | 0,0000489         |                |
| Divisor rotatorio                                  | 600      | 0,17                  | 139,25         | 0,0011402         | 3,4            |
| Pulverizado <150#                                  | 600      | 0,01                  | 557,66         | 0,0000011         |                |
| Análisis químico                                   | 1        | 0,01                  | 557,66         | 0,0006642         | 2,6            |
| <b>TOTAL</b>                                       |          |                       |                | <b>0,0035081</b>  | <b>5,9</b>     |

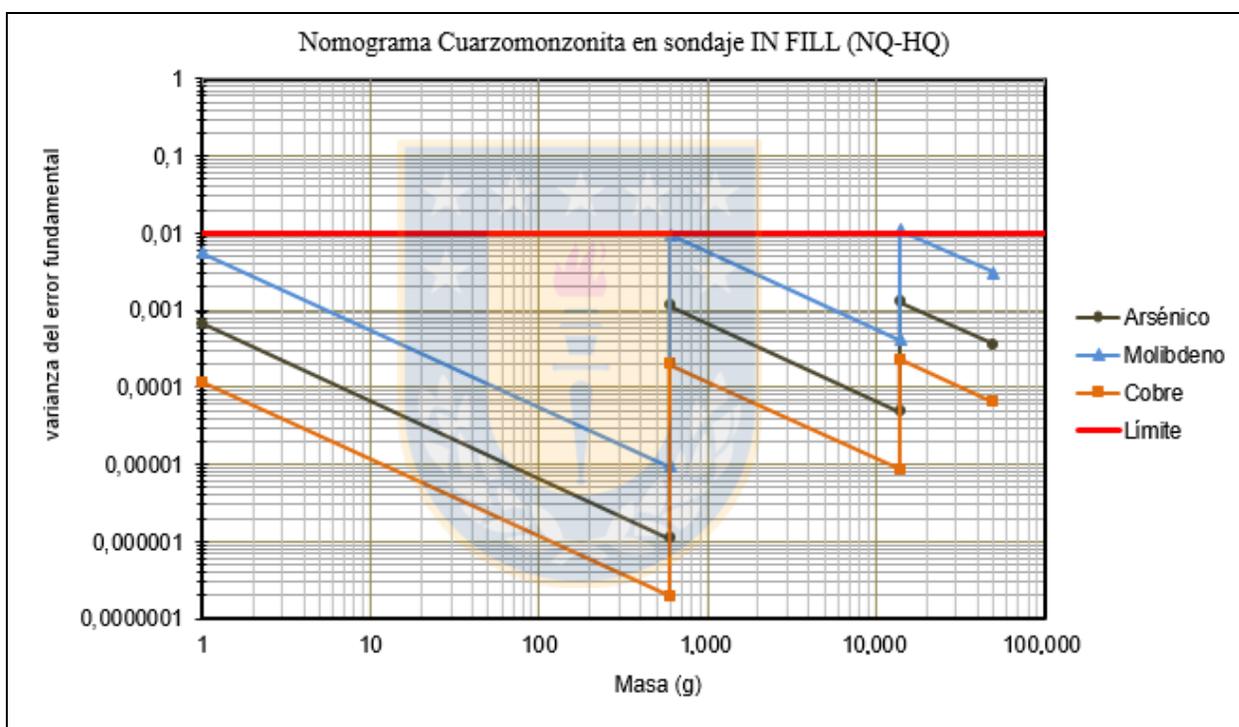


Figura 8.17. Nomograma del protocolo de muestro en sondaje *in fill* para la Unidad Cuarzomonzonita en los tres elementos de interés.

## B. Sondaje diamantino

La varianza del error fundamental para cada una de las etapas del protocolo de extracción de muestras por medio de sondajes tipo diamantinos en los elementos de cobre, molibdeno y arsénico, se resume en las Tablas 8.6. a 8.8. respectivamente.

**Tabla 8.6. Cálculo estadístico del error fundamental para el elemento cobre en sondaje diamantino para la Unidad Cuarzomonzonita.**

| <b>PROTOCOLO DE PREPARACIÓN DE MUESTRAS - ELEMENTO Cu</b> |          |                        |                |                   |                |
|---|----------|------------------------|----------------|-------------------|----------------|
| <b>SONDAJE DIAMANTINO</b>                                 |          |                        |                |                   |                |
| <b>Cuarzomonzonita</b>                                    |          |                        |                | <b>K=</b>         | <b>10,13</b>   |
| Proceso   | Peso (g) | D <sub>95</sub> % (cm) | C <sub>α</sub> | Error fundamental | Error relativo |
| Muestra de Sondaje (5 m)                                  | 25.000   | 0,63                   | 12,77          | 0,0001277         |                |
| Muestra tomada en Bandeja                                 | 14.000   | 0,63                   | 12,77          | 0,0002280         | 1,5            |
| Chancado bajo 10#   | 14.000   | 0,17                   | 24,58          | 0,0000086         |                |
| Divisor rotatorio   | 600      | 0,17                   | 24,58          | 0,0002012         | 1,4            |
| Pulverizado <150#   | 600      | 0,01                   | 98,42          | 0,0000002         |                |
| Análisis químico  | 1        | 0,01                   | 98,42          | 0,0001172         | 1,1            |
| <b>TOTAL</b>  |          |                        |                | <b>0,0006830</b>  | <b>2,6</b>     |

**Tabla 8.7. Cálculo estadístico del error fundamental para el elemento molibdeno en sondaje diamantino para la Unidad Cuarzomonzonita.**

| <b>PROTOCOLO DE PREPARACIÓN DE MUESTRAS - ELEMENTO Mo</b> |          |                        |                |                   |                |
|---|----------|------------------------|----------------|-------------------|----------------|
| <b>SONDAJE DIAMANTINO</b>                                 |          |                        |                |                   |                |
| <b>Cuarzomonzonita</b>                                    |          |                        |                | <b>K=</b>         | <b>482,42</b>  |
| Proceso   | Peso (g) | D <sub>95</sub> % (cm) | C <sub>α</sub> | Error fundamental | Error relativo |
| Muestra de Sondaje (5m)                                   | 25.000   | 0,63                   | 607,79         | 0,0060790         |                |
| Muestra tomada en Bandeja                                 | 14.000   | 0,63                   | 607,79         | 0,0108554         | 10,4           |
| Chancado bajo 10#   | 14.000   | 0,17                   | 1.170,04       | 0,0004106         |                |
| Divisor rotatorio   | 600      | 0,17                   | 1.170,04       | 0,0095807         | 9,8            |
| Pulverizado <150#   | 600      | 0,01                   | 4.685,66       | 0,0000093         |                |
| Análisis químico  | 1        | 0,01                   | 4.685,66       | 0,0055807         | 7,5            |
| <b>TOTAL</b>  |          |                        |                | <b>0,0325157</b>  | <b>18,0</b>    |

**Tabla 8.8. Cálculo estadístico del error fundamental para el elemento arsénico en sondaje diamantino para la Unidad Cuarzomonzonita.**

| <b>PROTOCOLO DE PREPARACIÓN DE MUESTRAS - ELEMENTO As</b> |          |                        |                |                   |                |
|---|----------|------------------------|----------------|-------------------|----------------|
| <b>SONDAJE DIAMANTINO</b>                                 |          |                        |                |                   |                |
| <b>Cuarzomonzonita</b>                                    |          |                        |                | <b>K=</b>         | <b>57,41</b>   |
| Proceso   | Peso (g) | D <sub>95</sub> % (cm) | C <sub>α</sub> | Error fundamental | Error relativo |
| Muestra de Sondaje (5m)                                   | 25.000   | 0,63                   | 72,34          | 0,0007235         |                |
| Muestra tomada en Bandeja                                 | 14.000   | 0,63                   | 72,34          | 0,0012920         | 3,6            |
| Chancado bajo 10#   | 14.000   | 0,17                   | 139,25         | 0,0000489         |                |
| Divisor rotatorio   | 600      | 0,17                   | 139,25         | 0,0011402         | 3,4            |
| Pulverizado <150#   | 600      | 0,01                   | 557,66         | 0,0000011         |                |
| Análisis químico  | 1        | 0,01                   | 557,66         | 0,0006642         | 2,6            |
| <b>TOTAL</b>  |          |                        |                | <b>0,0038698</b>  | <b>6,2</b>     |

El nomograma del protocolo de muestreo en sondajes tipo diamantinos (Figura 8.18.), permite concluir que dicho protocolo es el correcto para los tres elementos en la Unidad Cuarzomonzonita.

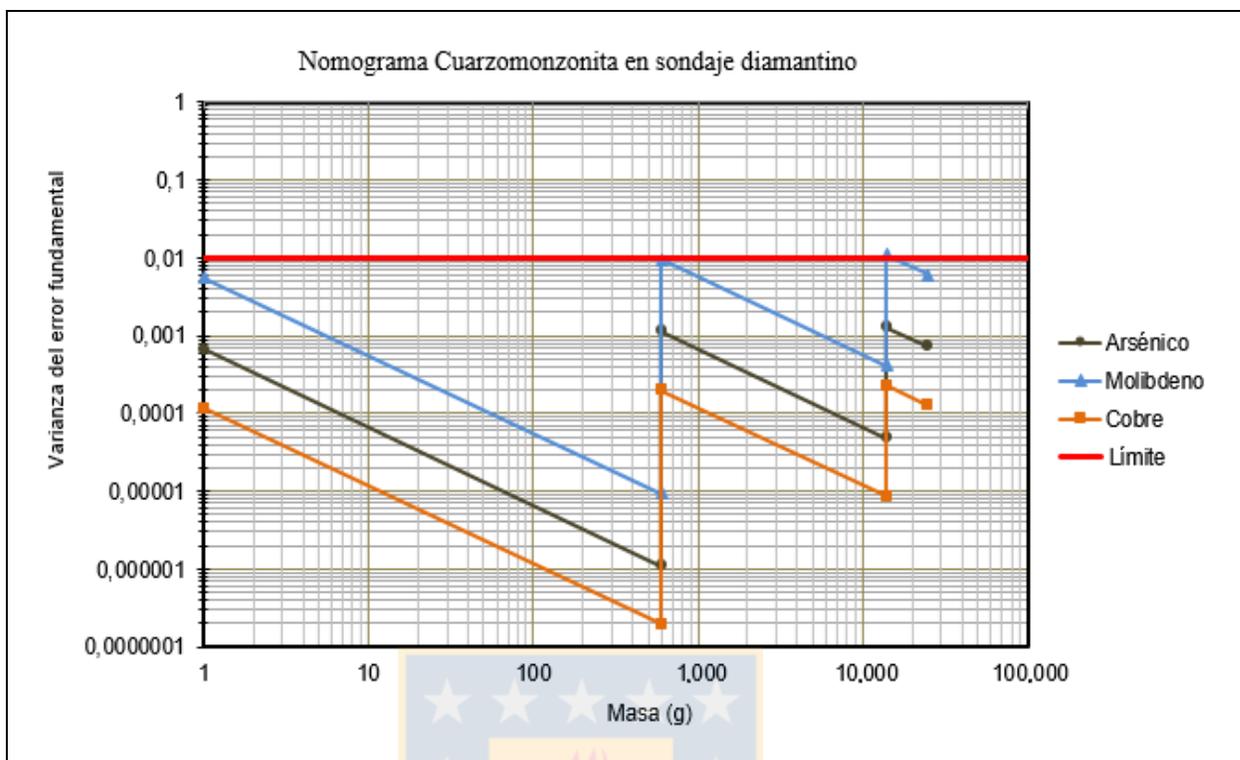


Figura 8.18. Nomograma del protocolo de muestreo en sondaje diamantino para la Unidad Cuarzomonzonita en los tres elementos de interés.

### C. Sondaje de aire reverso

Las Tablas 8.9. a 8.11. permiten calcular la varianza del error fundamental para cada una de las etapas del protocolo de extracción de muestras por medio de sondajes de aire reverso, en los elementos de cobre, molibdeno y arsénico respectivamente.

Tabla 8.9. Cálculo estadístico del error fundamental para el elemento cobre en sondaje de aire reverso para la Unidad Cuarzomonzonita.

| <b>PROTOCOLO DE PREPARACIÓN DE MUESTRAS - ELEMENTO Cu</b> |          |                 |              |                   |                |
|---|----------|-----------------|--------------|-------------------|----------------|
| <b>SONDAJE DE AIRE REVERSO</b>                            |          |                 |              |                   |                |
| <b>Cuarzomonzonita</b>                                    |          |                 |              | <b>K=</b>         | <b>10,13</b>   |
| Proceso   | Peso (g) | $D_{95\%}$ (cm) | $C_{\alpha}$ | Error fundamental | Error relativo |
| Muestra de Sondaje (5 m)                                  | 50.000   | 1,00            | 10,13        | 0,0002027         |                |
| Muestra tomada en Bandeja                                 | 20.000   | 1,00            | 10,13        | 0,0005067         | 2,3            |
| Chancado bajo 10#   | 20.000   | 0,17            | 24,58        | 0,0000060         |                |
| Divisor rotatorio   | 2.000    | 0,17            | 24,58        | 0,0000604         | 0,8            |
| Pulverizado <150#   | 2.000    | 0,01            | 98,42        | 0,0000001         |                |
| Análisis químico  | 1        | 0,01            | 98,42        | 0,0001172         | 1,1            |
| <b>TOTAL</b>  |          |                 |              | <b>0,0008930</b>  | <b>3,0</b>     |

Tabla 8.10. Cálculo estadístico del error fundamental para el elemento molibdeno en sondaje de aire reverso para la Unidad Cuarzomonzonita.

| PROTOCOLO DE PREPARACIÓN DE MUESTRAS - ELEMENTO Mo |          |                        |                |                   |                |
|--|----------|------------------------|----------------|-------------------|----------------|
| SONDAJE DE AIRE REVERSO                            |          |                        |                |                   |                |
| Cuarzomonzonita                                    |          |                        |                | K=                | 482,42         |
| Proceso  | Peso (g) | D <sub>95</sub> % (cm) | C <sub>α</sub> | Error fundamental | Error relativo |
| Muestra de Sondaje (5m)                            | 50.000   | 1,00                   | 482,42         | 0,0096484         |                |
| Muestra tomada en Bandeja                          | 20.000   | 1,00                   | 482,42         | 0,0241209         | 15,5           |
| Chancado bajo 10#                                  | 20.000   | 0,17                   | 1.170,04       | 0,0002874         |                |
| Divisor rotatorio                                  | 2.000    | 0,17                   | 1.170,04       | 0,0028742         | 5,4            |
| Pulverizado <150#                                  | 2.000    | 0,01                   | 4.685,66       | 0,0000028         |                |
| Análisis químico                                   | 1        | 0,01                   | 4.685,66       | 0,0055807         | 7,5            |
| <b>TOTAL</b>                                       |          |                        |                | <b>0,0425144</b>  | <b>20,6</b>    |

Tabla 8.11. Cálculo estadístico del error fundamental para el elemento arsénico en sondaje de aire reverso para la Unidad Cuarzomonzonita.

| PROTOCOLO DE PREPARACIÓN DE MUESTRAS - ELEMENTO As |          |                        |                |                   |                |
|--|----------|------------------------|----------------|-------------------|----------------|
| SONDAJE DE AIRE REVERSO                            |          |                        |                |                   |                |
| Cuarzomonzonita                                    |          |                        |                | K=                | 57,41          |
| Proceso  | Peso (g) | D <sub>95</sub> % (cm) | C <sub>α</sub> | Error fundamental | Error relativo |
| Muestra de Sondaje (5m)                            | 50.000   | 1,00                   | 57,41          | 0,0011483         |                |
| Muestra tomada en Bandeja                          | 20.000   | 1,00                   | 57,41          | 0,0028707         | 5,4            |
| Chancado bajo 10#                                  | 20.000   | 0,17                   | 139,25         | 0,0000342         |                |
| Divisor rotatorio                                  | 2.000    | 0,17                   | 139,25         | 0,0003421         | 1,8            |
| Pulverizado <150#                                  | 2.000    | 0,01                   | 557,66         | 0,0000003         |                |
| Análisis químico                                   | 1        | 0,01                   | 557,66         | 0,0006642         | 2,6            |
| <b>TOTAL</b>                                       |          |                        |                | <b>0,0050598</b>  | <b>7,1</b>     |

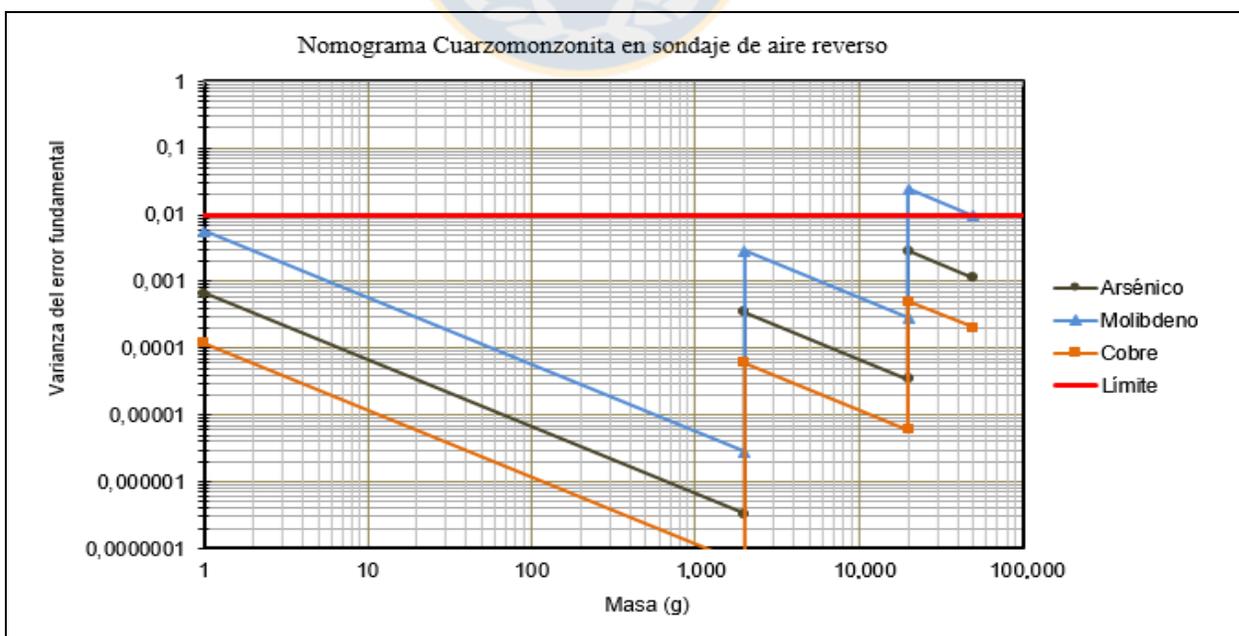


Figura 8.19. Nomograma del protocolo de muestreo en sondaje de aire reverso para la Unidad Cuarzomonzonita en los tres elementos de interés.

A partir de las Tablas 8.9. a 8.11. se construye el nomograma de dicho protocolo de muestreo (Figura 8.19.). La grafica permite concluir que el protocolo establecido para sondajes de aire reverso es el correcto para dos de los tres elementos en la Unidad Cuarzomonzonita. Para el caso del elemento de molibdeno se observa que este supera el límite máximo esperado para dicho protocolo. Sin embargo, dada la baja concentración del elemento en la roca hace que este resultado pierda relevancia.

#### D. Pozo de tronadura

Para el protocolo de extracción de muestras en pozo tronadura, se elaboran las Tablas 8.12. a 8.14. que permiten calcular la varianza del error fundamental para cada una de las etapas en los elementos de cobre, molibdeno y arsénico respectivamente.

**Tabla 8.12. Cálculo estadístico del error fundamental para el elemento cobre en pozo de tronadura para la Unidad Cuarzomonzonita.**

| <b>PROTOCOLO DE PREPARACIÓN DE MUESTRAS - ELEMENTO Cu</b> |           |                        |                |                   |                |
|---|-----------|------------------------|----------------|-------------------|----------------|
| <b>POZO DE TRONADURA</b>                                  |           |                        |                |                   |                |
| <b>Cuarzomonzonita</b>                                    |           |                        |                | <b>K=</b>         | <b>10,13</b>   |
| Proceso   | Peso (g)  | D <sub>95</sub> % (cm) | C <sub>α</sub> | Error fundamental | Error relativo |
| Muestra de Sondaje (5 m)                                  | 2.000.000 | 0,48                   | 14,70          | 0,0000008         |                |
| Muestra tomada en Bandeja                                 | 14.000    | 0,48                   | 14,70          | 0,0001126         | 1,1            |
| Chancado bajo 10#   | 14000     | 0,17                   | 24,58          | 0,0000086         |                |
| Divisor rotatorio   | 600       | 0,17                   | 24,58          | 0,0002012         | 1,4            |
| Pulverizado <150#   | 600       | 0,01                   | 98,42          | 0,0000002         |                |
| Análisis químico  | 1         | 0,01                   | 98,42          | 0,0001172         | 1,1            |
| <b>TOTAL</b>  |           |                        |                | <b>0,0004406</b>  | <b>2,1</b>     |

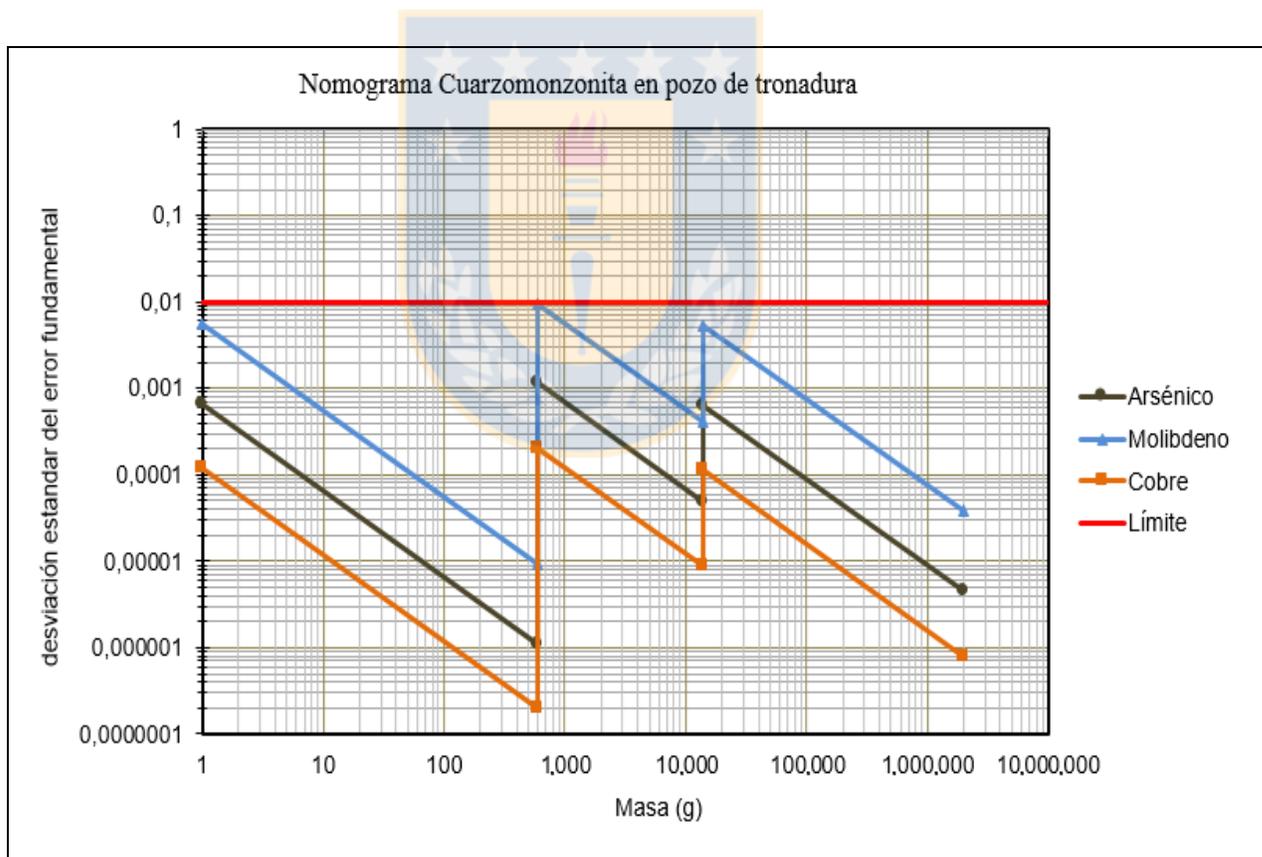
**Tabla 8.13. Cálculo estadístico del error fundamental para el elemento molibdeno en pozo de tronadura para la Unidad Cuarzomonzonita.**

| <b>PROTOCOLO DE PREPARACIÓN DE MUESTRAS - ELEMENTO Mo</b> |           |                        |                |                   |                |
|---|-----------|------------------------|----------------|-------------------|----------------|
| <b>POZO DE TRONADURA</b>                                  |           |                        |                |                   |                |
| <b>Cuarzomonzonita</b>                                    |           |                        |                | <b>K=</b>         | <b>482,42</b>  |
| Proceso   | Peso (g)  | D <sub>95</sub> % (cm) | C <sub>α</sub> | Error fundamental | Error relativo |
| Muestra de Sondaje (5m)                                   | 2.000.000 | 0,48                   | 699,97         | 0,0000375         |                |
| Muestra tomada en Bandeja                                 | 14.000    | 0,48                   | 699,97         | 0,0053583         | 7,3            |
| Chancado bajo 10#   | 14.000    | 0,17                   | 1.170,04       | 0,0004106         |                |
| Divisor rotatorio   | 600       | 0,17                   | 1.170,04       | 0,0095807         | 9,8            |
| Pulverizado <150#   | 600       | 0,01                   | 4.685,66       | 0,0000093         |                |
| Análisis químico  | 1         | 0,01                   | 4.685,66       | 0,0055807         | 7,5            |
| <b>TOTAL</b>  |           |                        |                | <b>0,0209771</b>  | <b>14,5</b>    |

**Tabla 8.14. Cálculo estadístico del error fundamental para el elemento arsénico en pozo de tronadura para la Unidad Cuarzomonzonita.**

| PROTOCOLO DE PREPARACIÓN DE MUESTRAS - ELEMENTO As |           |                        |                |                   |                |
|--|-----------|------------------------|----------------|-------------------|----------------|
| POZO DE TRONADURA                                  |           |                        |                |                   |                |
| Cuarzomonzonita                                    |           |                        |                | K=                | 57,41          |
| Proceso  | Peso (g)  | D <sub>95</sub> % (cm) | C <sub>α</sub> | Error fundamental | Error relativo |
| Muestra de Sondaje (5m)                            | 2.000.000 | 0,48                   | 83,31          | 0,0000045         |                |
| Muestra tomada en Bandeja                          | 14.000    | 0,48                   | 83,31          | 0,0006377         | 2,5            |
| Chancado bajo 10#                                  | 14.000    | 0,17                   | 139,25         | 0,0000489         |                |
| Divisor rotatorio                                  | 600       | 0,17                   | 139,25         | 0,0011402         | 3,4            |
| Pulverizado <150#                                  | 600       | 0,01                   | 557,66         | 0,0000011         |                |
| Análisis químico                                   | 1         | 0,01                   | 557,66         | 0,0006642         | 2,6            |
| <b>TOTAL</b>                                       |           |                        |                | <b>0,0024966</b>  | <b>5,0</b>     |

El nomograma del protocolo establecido para pozos de tronadura (Figura 8.20.), permite concluir que es el correcto para los tres elementos en la Unidad Cuarzomonzonita.



**Figura 8.20. Nomograma del protocolo de muestreo en pozo de tronadura para la Unidad Cuarzomonzonita en los tres elementos de interés.**

#### 8.4.2. BRECHA DONOSO

Los resultados en detalle para las 100 muestras de la Unidad Brecha Donoso se encuentran en el Anexo (Anexo III, Tabla 59). En la Tabla 8.15. se resumen los resultados estadísticos de acuerdo a lo descrito en el capítulo denominado marco teórico de esta investigación

**Tabla 8.15. Resumen estadístico Unidad Brecha Donoso.**

| Variable                                   | Valor     |
|--|-----------|
| Masa Total (g)                             | 10.409,00 |
| Masa Promedio (g)                          | 104,09    |
| Número de muestras                         | 100       |
| Densidad (kg/m <sup>3</sup> )              | 2,5       |
| Densidad Sulfuros (kg/m <sup>3</sup> )     | 2,73      |
| Número de fragmentos                       | 40        |
| Volumen de un fragmento ( m <sup>3</sup> ) | 1,041     |
| Factor de forma f                          | 0,945     |

A partir de la tabla anterior y los resultados químicos para cada una de las muestras de la unidad, es posible calcular las variables indicadas en la Tabla 8.16.

**Tabla 8.16. Variables necesarias para el cálculo de las constantes C y K para cada uno de los elementos de interés en la Unidad Brecha Donoso.**

| Variable                            | CuT (%) | MoT (%) | As (%)    |
|-------------------------------------|---------|---------|-----------|
| Promedio (%)                        | 1,035   | 0,004   | 0,0010    |
| Promedio ponderado (%)              | 1,036   | 0,004   | 0,0010    |
| Varianza                            | 0,172   | 0,00000 | 0,0000005 |
| Desviación estándar                 | 0,415   | 0,002   | 7,4137    |
| Masa promedio muestra Ms (g)        | 104,09  | 104,09  | 104,09    |
| Masa promedio lote Ms (g)           | 10.409  | 10.409  | 10.409    |
| Diámetro máximo d <sub>1</sub> (cm) | 1,25    | 1,27    | 1,27      |
| Diámetro mínimo d <sub>2</sub> (cm) | 0,63    | 0,635   | 0,635     |
| Diámetro (cm)                       | 1,033   | 1,048   | 1,048     |
| Constante C <sub>α</sub>            | 15,2    | 33,8    | 50,0      |
| Constante K                         | 15,4    | 34,6    | 51,2      |

En la Tabla 8.16. se entrega la estimación de la constante C<sub>α</sub> correspondiente para cada elemento. En detalle, para el caso del cobre total se espera un valor entre 2 y 20, y se calcula una constante de 15,2. Para el molibdeno se obtiene un valor de 33,8 que se encuentra en el rango esperado (15 a 100). Finalmente, el arsénico adquiere un valor igual a 50 que se encuentra bajo lo esperado (100 a 500).

A partir de la constante  $C_{\alpha}$ , se puede calcular la constante K, necesaria para construir el nomograma correspondiente a cada protocolo de muestreo.

#### 8.4.2.1. Protocolos de muestreo

##### A. Sondaje in fill

La varianza del error fundamental en los elementos de cobre, molibdeno y arsénico para cada una de las etapas del protocolo, se describen en las Tablas 8.17. a 8.19. respectivamente.

**Tabla 8.17. Cálculo estadístico del error fundamental para el elemento cobre en sondaje *in fill* para la Unidad Brecha Donoso.**

| PROTOCOLO DE PREPARACIÓN DE MUESTRAS - ELEMENTO Cu |          |                        |                |                   |                |
|--|----------|------------------------|----------------|-------------------|----------------|
| SONDAJE <i>IN FILL</i> (NQ-HQ)                     |          |                        |                |                   |                |
| Brecha Donoso                                      |          |                        |                | K=                | 10,13          |
| Proceso  | Peso (g) | D <sub>95</sub> % (cm) | C <sub>α</sub> | Error fundamental | Error relativo |
| Muestra de Sondaje (5 m)                           | 50.000   | 0,63                   | 19,42          | 0,0000971         |                |
| Muestra tomada en Bandeja                          | 14.000   | 0,63                   | 19,42          | 0,0003469         | 1,9            |
| Chancado bajo 10#                                  | 14.000   | 0,17                   | 37,39          | 0,0000131         |                |
| Divisor rotatorio                                  | 600      | 0,17                   | 37,39          | 0,0003062         | 1,7            |
| Pulverizado <150#                                  | 600      | 0,01                   | 149,74         | 0,0000003         |                |
| Análisis químico                                   | 1        | 0,01                   | 149,74         | 0,0001783         | 1,3            |
| <b>TOTAL</b>                                       |          |                        |                | <b>0,0009420</b>  | <b>3,1</b>     |

**Tabla 8.18. Cálculo estadístico del error fundamental para el elemento molibdeno en sondaje *in fill* para la Unidad Brecha Donoso.**

| PROTOCOLO DE PREPARACIÓN DE MUESTRAS - ELEMENTO Mo |          |                        |                |                   |                |
|--|----------|------------------------|----------------|-------------------|----------------|
| SONDAJE <i>IN FILL</i> (NQ-HQ)                     |          |                        |                |                   |                |
| Brecha Donoso                                      |          |                        |                | K=                | 482,42         |
| Proceso  | Peso (g) | D <sub>95</sub> % (cm) | C <sub>α</sub> | Error fundamental | Error relativo |
| Muestra de Sondaje (5m)                            | 50.000   | 0,63                   | 43,62          | 0,0002181         |                |
| Muestra tomada en Bandeja                          | 14.000   | 0,63                   | 43,62          | 0,0007791         | 2,8            |
| Chancado bajo 10#                                  | 14.000   | 0,17                   | 83,97          | 0,0000295         |                |
| Divisor rotatorio                                  | 600      | 0,17                   | 83,97          | 0,0006876         | 2,6            |
| Pulverizado <150#                                  | 600      | 0,01                   | 336,28         | 0,0000007         |                |
| Análisis químico                                   | 1        | 0,01                   | 336,28         | 0,0004005         | 2,0            |
| <b>TOTAL</b>                                       |          |                        |                | <b>0,0021154</b>  | <b>4,6</b>     |

Tabla 8.19. Cálculo estadístico del error fundamental para el elemento arsénico en sondaje *in fill* para la Unidad Brecha Donoso.

| PROTOCOLO DE PREPARACIÓN DE MUESTRAS - ELEMENTO As |          |                        |                |                   |                |
|--|----------|------------------------|----------------|-------------------|----------------|
| SONDAJE <i>IN FILL</i> (NQ-HQ)                     |          |                        |                |                   |                |
| Brecha Donoso                                      |          |                        |                | K= 57,41          |                |
| Proceso  | Peso (g) | D <sub>95</sub> % (cm) | C <sub>α</sub> | Error fundamental | Error relativo |
| Muestra de Sondaje (5m)                            | 50.000   | 0,63                   | 64,52          | 0,0003227         |                |
| Muestra tomada en Bandeja                          | 14.000   | 0,63                   | 64,52          | 0,0011524         | 3,4            |
| Chancado bajo 10#                                  | 14.000   | 0,17                   | 124,21         | 0,0000436         |                |
| Divisor rotatorio                                  | 600      | 0,17                   | 124,21         | 0,0010171         | 3,2            |
| Pulverizado <150#                                  | 600      | 0,01                   | 497,42         | 0,0000010         |                |
| Análisis químico                                   | 1        | 0,01                   | 497,42         | 0,0005924         | 2,4            |
| <b>TOTAL</b>                                       |          |                        |                | <b>0,0031291</b>  | <b>5,6</b>     |

El nomograma (Figura 8.21.) se construye a partir de las Tablas 8.17. a 8.19., y permite concluir que el protocolo establecido para sondajes tipo *in fill* es el correcto para los tres elementos en la Unidad Brecha Donoso.

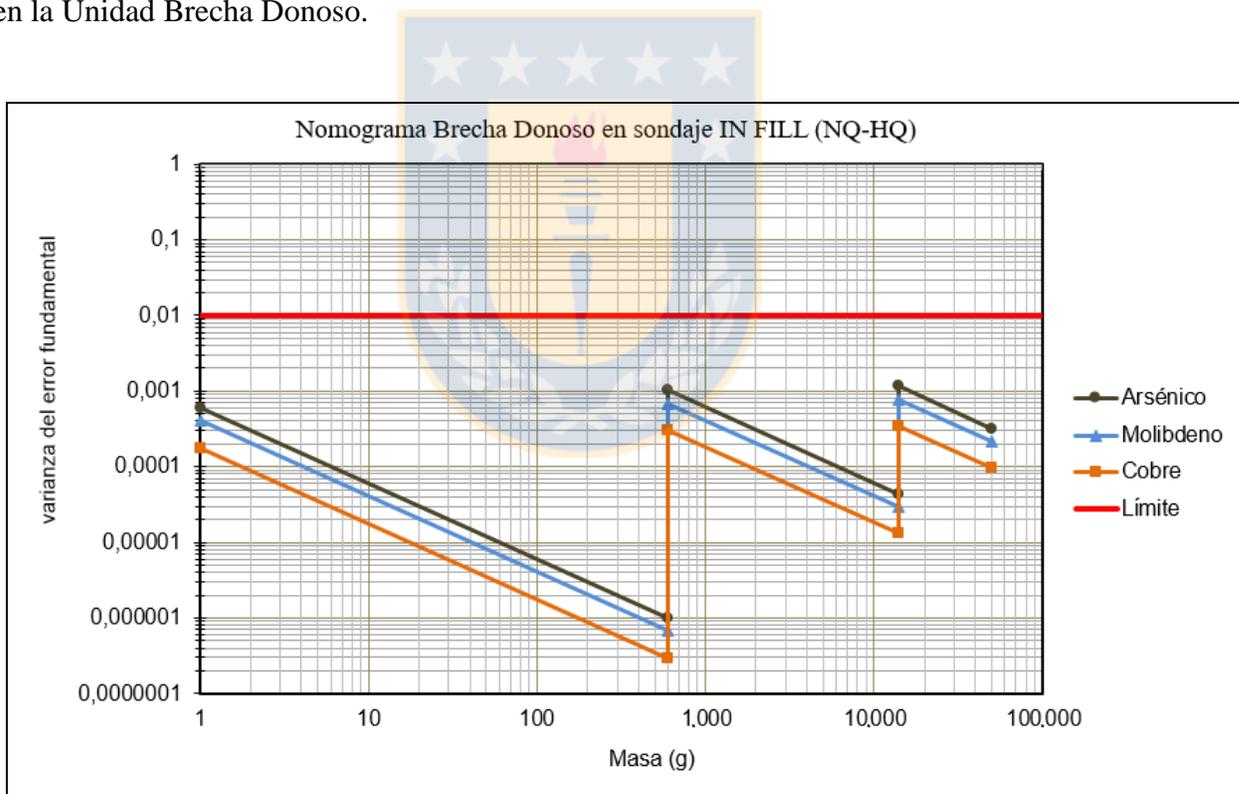


Figura 8.21. Nomograma del protocolo de muestro en sondaje *in fill* para la Unidad Brecha Donoso en los tres elementos de interés.

B. Sondaje diamantino

Las Tablas 8.20. a 8.22. permiten calcular la varianza del error fundamental para cada una de las etapas del protocolo en sondajes diamantinos para los tres elementos.

**Tabla 8.20. Cálculo estadístico del error fundamental para el elemento cobre en sondaje diamantino para la Unidad Brecha Donoso.**

| <b>PROTOCOLO DE PREPARACIÓN DE MUESTRAS - ELEMENTO Cu</b> |          |                        |                |                   |                |
|---|----------|------------------------|----------------|-------------------|----------------|
| <b>SONDAJE DIAMANTINO</b>                                 |          |                        |                |                   |                |
| <b>Brecha Donoso</b>                                      |          |                        |                | <b>K= 10,13</b>   |                |
| Proceso   | Peso (g) | D <sub>95</sub> % (cm) | C <sub>α</sub> | Error fundamental | Error relativo |
| Muestra de Sondaje (5 m)                                  | 25.000   | 0,63                   | 19,42          | 0,0001943         |                |
| Muestra tomada en Bandeja                                 | 14.000   | 0,63                   | 19,42          | 0,0003469         | 1,9            |
| Chancado bajo 10#   | 14.000   | 0,17                   | 37,39          | 0,0000131         |                |
| Divisor rotatorio   | 600      | 0,17                   | 37,39          | 0,0003062         | 1,7            |
| Pulverizado <150#   | 600      | 0,01                   | 149,74         | 0,0000003         |                |
| Análisis químico  | 1        | 0,01                   | 149,74         | 0,0001783         | 1,3            |
| <b>TOTAL</b>  |          |                        |                | <b>0,0010391</b>  | <b>3,2</b>     |

**Tabla 8.21. Cálculo estadístico del error fundamental para el elemento molibdeno en sondaje diamantino para la Unidad Brecha Donoso.**

| <b>PROTOCOLO DE PREPARACIÓN DE MUESTRAS - ELEMENTO Mo</b> |          |                        |                |                   |                |
|---|----------|------------------------|----------------|-------------------|----------------|
| <b>SONDAJE DIAMANTINO</b>                                 |          |                        |                |                   |                |
| <b>Brecha Donoso</b>                                      |          |                        |                | <b>K= 482,42</b>  |                |
| Proceso   | Peso (g) | D <sub>95</sub> % (cm) | C <sub>α</sub> | Error fundamental | Error relativo |
| Muestra de Sondaje (5m)                                   | 25.000   | 0,63                   | 43,62          | 0,0004363         |                |
| Muestra tomada en Bandeja                                 | 14.000   | 0,63                   | 43,62          | 0,0007791         | 2,8            |
| Chancado bajo 10#   | 14.000   | 0,17                   | 83,97          | 0,0000295         |                |
| Divisor rotatorio   | 600      | 0,17                   | 83,97          | 0,0006876         | 2,6            |
| Pulverizado <150#   | 600      | 0,01                   | 336,28         | 0,0000007         |                |
| Análisis químico  | 1        | 0,01                   | 336,28         | 0,0004005         | 2,0            |
| <b>TOTAL</b>  |          |                        |                | <b>0,0023336</b>  | <b>4,8</b>     |

**Tabla 8.22. Cálculo estadístico del error fundamental para el elemento arsénico en sondaje diamantino para la Unidad Brecha Donoso.**

| <b>PROTOCOLO DE PREPARACIÓN DE MUESTRAS - ELEMENTO As</b> |          |                        |                |                   |                |
|---|----------|------------------------|----------------|-------------------|----------------|
| <b>SONDAJE DIAMANTINO</b>                                 |          |                        |                |                   |                |
| <b>Brecha Donoso</b>                                      |          |                        |                | <b>K= 57,41</b>   |                |
| Proceso   | Peso (g) | D <sub>95</sub> % (cm) | C <sub>α</sub> | Error fundamental | Error relativo |
| Muestra de Sondaje (5m)                                   | 25.000   | 0,63                   | 64,52          | 0,0006453         |                |
| Muestra tomada en Bandeja                                 | 14.000   | 0,63                   | 64,52          | 0,0011524         | 3,4            |
| Chancado bajo 10#   | 14.000   | 0,17                   | 124,21         | 0,0000436         |                |
| Divisor rotatorio   | 600      | 0,17                   | 124,21         | 0,0010171         | 3,2            |
| Pulverizado <150#   | 600      | 0,01                   | 497,42         | 0,0000010         |                |
| Análisis químico  | 1        | 0,01                   | 497,42         | 0,0005924         | 2,4            |
| <b>TOTAL</b>  |          |                        |                | <b>0,0034518</b>  | <b>5,9</b>     |

A partir de las Tablas 8.20. a 8.22. se construye el nomograma de dicho protocolo de muestreo (Figura 8.22.). La grafica permite concluir que el protocolo establecido para sondajes tipo diamantino es el correcto para los tres elementos en la Unidad Brecha Donoso.

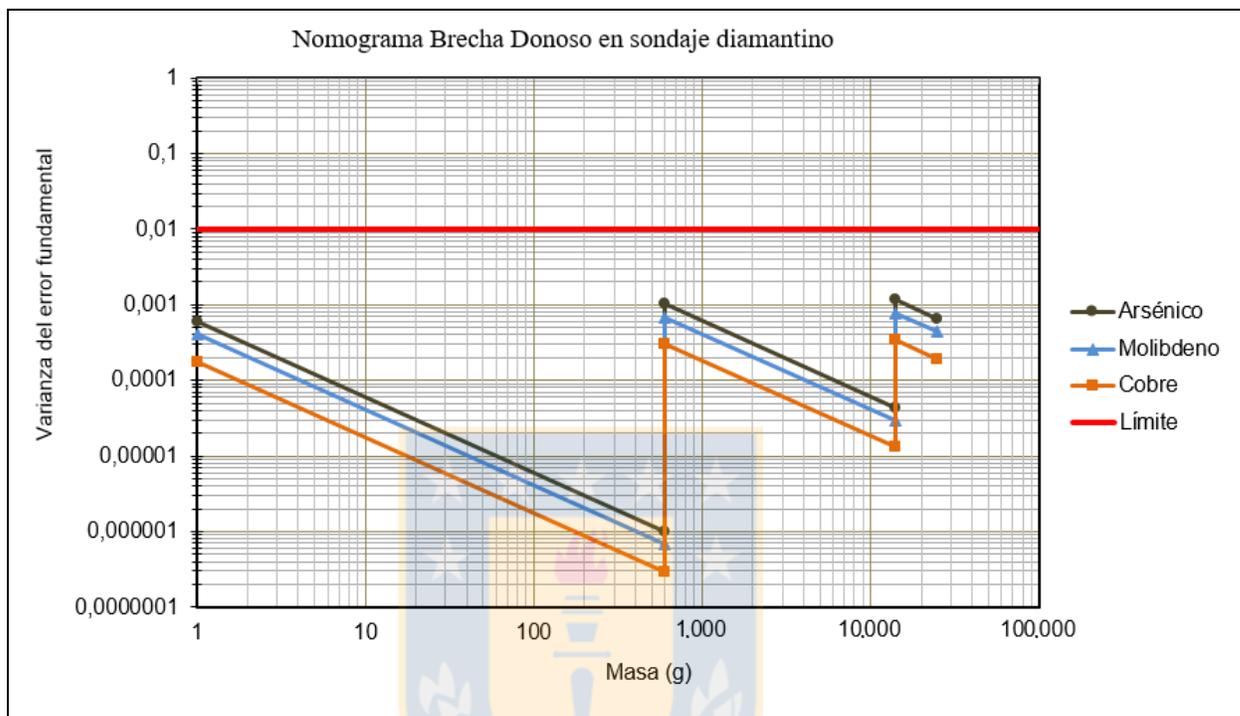


Figura 8.22. Nomograma del protocolo de muestreo en sondaje diamantino para la Unidad Brecha Donoso en los tres elementos de interés.

### C. Sondaje de aire reverso

La varianza del error fundamental en los elementos de cobre, molibdeno y arsénico para cada una de las etapas del protocolo en sondaje de aire reverso se indica en las Tablas 8.23. a 8.25. respectivamente.

A partir de las Tablas 8.23. a 8.25. se construye el nomograma de dicho protocolo de muestreo (Figura 8.23.). La grafica permite concluir que el protocolo establecido para sondajes de aire reverso es el correcto para dos de los tres elementos en la Unidad Brecha Donoso.

**Tabla 8.23. Cálculo estadístico del error fundamental para el elemento cobre en sondaje de aire reverso para la Unidad Brecha Donoso.**

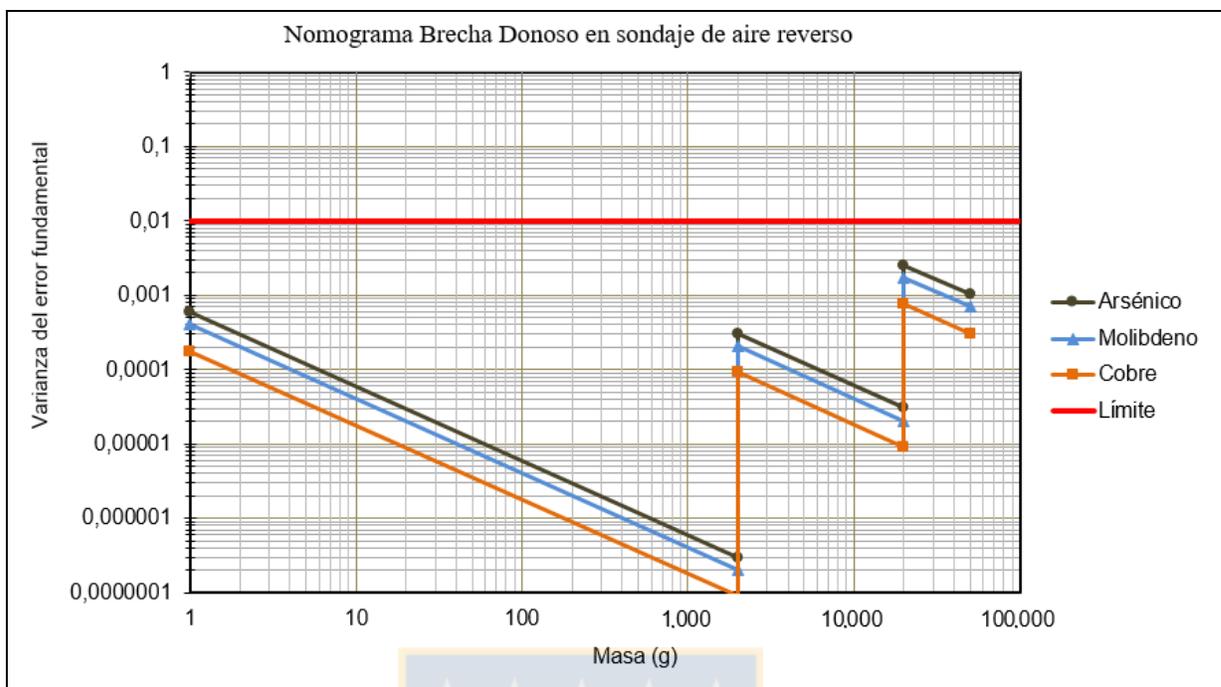
| <b>PROTOCOLO DE PREPARACIÓN DE MUESTRAS - ELEMENTO Cu</b> |          |                        |                |                   |                |
|---|----------|------------------------|----------------|-------------------|----------------|
| <b>SONDAJE DE AIRE REVERSO</b>                            |          |                        |                |                   |                |
| <b>Brecha Donoso</b>                                      |          |                        |                | <b>K= 10,13</b>   |                |
| Proceso   | Peso (g) | D <sub>95</sub> % (cm) | C <sub>α</sub> | Error fundamental | Error relativo |
| Muestra de Sondaje (5 m)                                  | 50.000   | 1,00                   | 15,42          | 0,0003083         |                |
| Muestra tomada en Bandeja                                 | 20.000   | 1,00                   | 15,42          | 0,0007708         | 2,8            |
| Chancado bajo 10#   | 20.000   | 0,17                   | 37,39          | 0,0000092         |                |
| Divisor rotatorio   | 2.000    | 0,17                   | 37,39          | 0,0000918         | 1,0            |
| Pulverizado <150#   | 2.000    | 0,01                   | 149,74         | 0,0000001         |                |
| Análisis químico  | 1        | 0,01                   | 149,74         | 0,0001783         | 1,3            |
| <b>TOTAL</b>  |          |                        |                | <b>0,0013586</b>  | <b>3,7</b>     |

**Tabla 8.24. Cálculo estadístico del error fundamental para el elemento molibdeno en sondaje de aire reverso para la Unidad Brecha Donoso.**

| <b>PROTOCOLO DE PREPARACIÓN DE MUESTRAS - ELEMENTO Mo</b> |          |                        |                |                   |                |
|---|----------|------------------------|----------------|-------------------|----------------|
| <b>SONDAJE DE AIRE REVERSO</b>                            |          |                        |                |                   |                |
| <b>Brecha Donoso</b>                                      |          |                        |                | <b>K= 482,42</b>  |                |
| Proceso   | Peso (g) | D <sub>95</sub> % (cm) | C <sub>α</sub> | Error fundamental | Error relativo |
| Muestra de Sondaje (5m)                                   | 50.000   | 1,00                   | 34,62          | 0,0006924         |                |
| Muestra tomada en Bandeja                                 | 20.000   | 1,00                   | 34,62          | 0,0017311         | 4,2            |
| Chancado bajo 10#   | 20.000   | 0,17                   | 83,97          | 0,0000206         |                |
| Divisor rotatorio   | 2.000    | 0,17                   | 83,97          | 0,0002063         | 1,4            |
| Pulverizado <150#   | 2.000    | 0,01                   | 336,28         | 0,0000002         |                |
| Análisis químico  | 1        | 0,01                   | 336,28         | 0,0004005         | 2,0            |
| <b>TOTAL</b>  |          |                        |                | <b>0,0030511</b>  | <b>5,5</b>     |

**Tabla 8.25. Cálculo estadístico del error fundamental para el elemento arsénico en sondaje de aire reverso para la Unidad Brecha Donoso.**

| <b>PROTOCOLO DE PREPARACIÓN DE MUESTRAS - ELEMENTO As</b> |          |                        |                |                   |                |
|---|----------|------------------------|----------------|-------------------|----------------|
| <b>SONDAJE DE AIRE REVERSO</b>                            |          |                        |                |                   |                |
| <b>Brecha Donoso</b>                                      |          |                        |                | <b>K= 57,41</b>   |                |
| Proceso   | Peso (g) | D <sub>95</sub> % (cm) | C <sub>α</sub> | Error fundamental | Error relativo |
| Muestra de Sondaje (5m)                                   | 50.000   | 1,00                   | 51,21          | 0,0010242         |                |
| Muestra tomada en Bandeja                                 | 20.000   | 1,00                   | 51,21          | 0,0025606         | 5,1            |
| Chancado bajo 10#   | 20.000   | 0,17                   | 124,21         | 0,0000305         |                |
| Divisor rotatorio   | 2.000    | 0,17                   | 124,21         | 0,0003051         | 1,7            |
| Pulverizado <150#   | 2.000    | 0,01                   | 497,42         | 0,0000003         |                |
| Análisis químico  | 1        | 0,01                   | 497,42         | 0,0005924         | 2,4            |
| <b>TOTAL</b>  |          |                        |                | <b>0,0045132</b>  | <b>6,7</b>     |



**Figura 8.23.** Nomograma del protocolo de muestreo en sondaje de aire reverso para la Unidad Brecha Donoso en los tres elementos de interés.

#### D. Pozo de tronadura

Las Tablas 8.26. a 8.28. permiten calcular la varianza del error fundamental para cada una de las etapas del protocolo en pozo de tronadura para los elementos de cobre, molibdeno y arsénico respectivamente.

**Tabla 8.26.** Cálculo estadístico del error fundamental para el elemento cobre en pozo de tronadura para la Unidad Brecha Donoso.

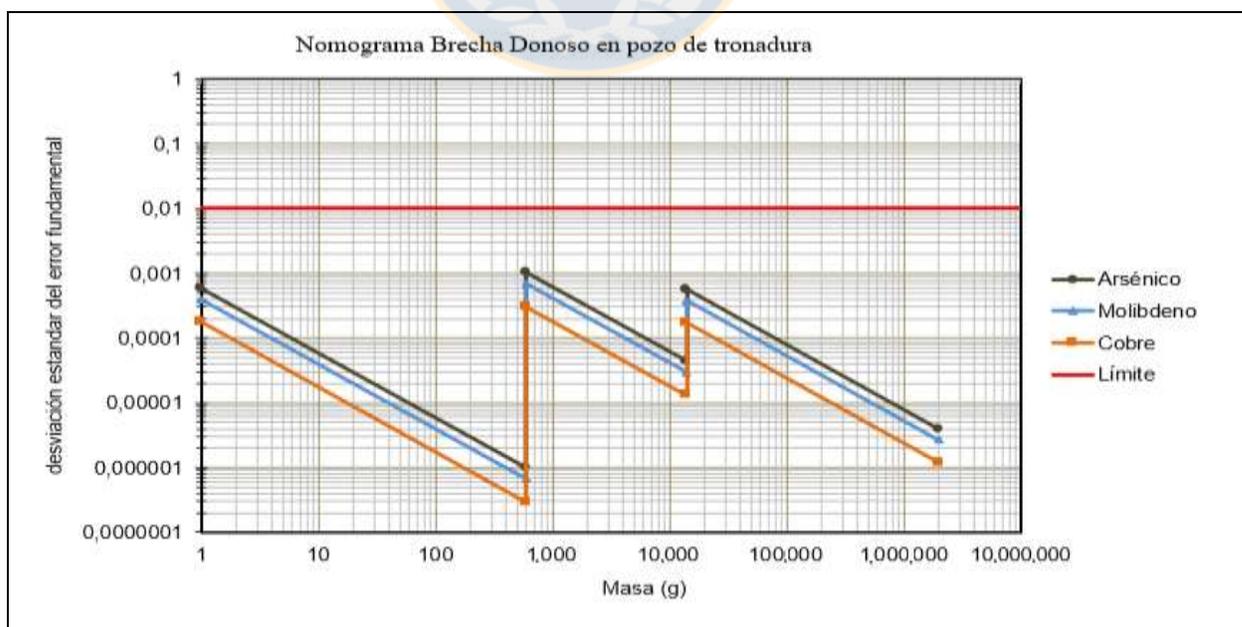
| PROTOCOLO DE PREPARACIÓN DE MUESTRAS - ELEMENTO Cu |           |                        |                |                   |                |
|--|-----------|------------------------|----------------|-------------------|----------------|
| POZO DE TRONADURA                                  |           |                        |                |                   |                |
| Brecha Donoso                                      |           |                        |                | K= 10,13          |                |
| Proceso  | Peso (g)  | D <sub>95</sub> % (cm) | C <sub>α</sub> | Error fundamental | Error relativo |
| Muestra de Sondaje (5 m)                           | 2.000.000 | 0,48                   | 22,37          | 0,0000012         |                |
| Muestra tomada en Bandeja                          | 14.000    | 0,48                   | 22,37          | 0,0001712         | 1,3            |
| Chancado bajo 10#                                  | 14.000    | 0,17                   | 37,39          | 0,0000131         |                |
| Divisor rotatorio                                  | 600       | 0,17                   | 37,39          | 0,0003062         | 1,7            |
| Pulverizado <150#                                  | 600       | 0,01                   | 149,74         | 0,0000003         |                |
| Análisis químico                                   | 1         | 0,01                   | 149,74         | 0,0001783         | 1,3            |
| <b>TOTAL</b>                                       |           |                        |                | <b>0,0006704</b>  | <b>2,6</b>     |

**Tabla 8.27.** Cálculo estadístico del error fundamental para el elemento molibdeno en pozo de tronadura para la Unidad Brecha Donoso.

| PROTOCOLO DE PREPARACIÓN DE MUESTRAS - ELEMENTO Mo |           |                        |                |                   |                |
|--|-----------|------------------------|----------------|-------------------|----------------|
| POZO DE TRONADURA                                  |           |                        |                |                   |                |
| Brecha Donoso                                      |           |                        |                | K=                | 482,42         |
| Proceso  | Peso (g)  | D <sub>95</sub> % (cm) | C <sub>α</sub> | Error fundamental | Error relativo |
| Muestra de Sondaje (5m)                            | 2.000.000 | 0,48                   | 50,23          | 0,0000027         |                |
| Muestra tomada en Bandeja                          | 14.000    | 0,48                   | 50,23          | 0,0003846         | 2,0            |
| Chancado bajo 10#                                  | 14.000    | 0,17                   | 83,97          | 0,0000295         |                |
| Divisor rotatorio                                  | 600       | 0,17                   | 83,97          | 0,0006876         | 2,6            |
| Pulverizado <150#                                  | 600       | 0,01                   | 336,28         | 0,0000007         |                |
| Análisis químico                                   | 1         | 0,01                   | 336,28         | 0,0004005         | 2,0            |
| <b>TOTAL</b>                                       |           |                        |                | <b>0,0015055</b>  | <b>3,9</b>     |

**Tabla 8.28.** Cálculo estadístico del error fundamental para el elemento arsénico en pozo de tronadura para la Unidad Brecha Donoso.

| PROTOCOLO DE PREPARACIÓN DE MUESTRAS - ELEMENTO As |           |                        |                |                   |                |
|--|-----------|------------------------|----------------|-------------------|----------------|
| POZO DE TRONADURA                                  |           |                        |                |                   |                |
| Brecha Donoso                                      |           |                        |                | K=                | 57,41          |
| Proceso  | Peso (g)  | D <sub>95</sub> % (cm) | C <sub>α</sub> | Error fundamental | Error relativo |
| Muestra de Sondaje (5m)                            | 2.000.000 | 0,48                   | 74,31          | 0,0000040         |                |
| Muestra tomada en Bandeja                          | 14.000    | 0,48                   | 74,31          | 0,0005688         | 2,4            |
| Chancado bajo 10#                                  | 14.000    | 0,17                   | 124,21         | 0,0000436         |                |
| Divisor rotatorio                                  | 600       | 0,17                   | 124,21         | 0,0010171         | 3,2            |
| Pulverizado <150#                                  | 600       | 0,01                   | 497,42         | 0,0000010         |                |
| Análisis químico                                   | 1         | 0,01                   | 497,42         | 0,0005924         | 2,4            |
| <b>TOTAL</b>                                       |           |                        |                | <b>0,0022269</b>  | <b>4,7</b>     |



**Figura 8.24.** Nomograma del protocolo de muestreo en pozo de tronadura para la Unidad Brecha Donoso en los tres elementos de interés.

Se construye el nomograma (Figura 8.24.) a partir de las Tablas 8.12. a 8.14. La grafica permite concluir que el protocolo establecido para pozos de tronadura es el correcto para los tres elementos en la Unidad Brecha Donoso.

#### 8.4.3. GRUPO BRECHAS CENTRO

Los resultados en detalle para las 100 muestras del grupo brechas centro se encuentran en el Anexo (Anexo III, Tabla 60). En la Tabla 8.29. se resumen los resultados estadísticos de acuerdo a lo descrito en el capítulo denominado marco teórico de esta investigación

**Tabla 8.29. Resumen estadístico grupo brechas centro.**

| Variable                                   | Valor    |
|--|----------|
| Masa Total (g)                             | 9.365,60 |
| Masa Promedio (g)                          | 93,66    |
| Número de muestras                         | 100      |
| Densidad (kg/m <sup>3</sup> )              | 2,5      |
| Densidad Sulfuros (kg/m <sup>3</sup> )     | 2,6      |
| Número de fragmentos                       | 40       |
| Volumen de un fragmento ( m <sup>3</sup> ) | 0,937    |
| Factor de forma f                          | 0,850    |

A partir de la tabla anterior y los resultados químicos para cada una de las muestras del grupo, es posible calcular las variables indicadas en la Tabla 8.30.

**Tabla 8.30. Variables necesarias para el cálculo de las contantes C y K para cada uno de los elementos de interés en el grupo brechas centro.**

| Variable                            | CuT (%) | MoT (%) | As (%)    |
|-------------------------------------|---------|---------|-----------|
| Promedio (%)                        | 0,447   | 0,020   | 0,0032    |
| Promedio ponderado (%)              | 0,446   | 0,020   | 0,0032    |
| Varianza                            | 0,012   | 0,00020 | 0,0000422 |
| Desviación estándar                 | 0,110   | 0,014   | 64,9943   |
| Masa promedio muestra Ms (g)        | 93,66   | 93,66   | 93,66     |
| Masa promedio lote Ms (g)           | 9.366   | 9.366   | 9.366     |
| Diámetro máximo d <sub>1</sub> (cm) | 1,25    | 1,27    | 1,27      |
| Diámetro mínimo d <sub>2</sub> (cm) | 0,63    | 0,635   | 0,635     |
| Diámetro (cm)                       | 1,033   | 1,048   | 1,048     |
| Constante C <sub>α</sub>            | 5,2     | 41,0    | 342,1     |
| Constante K                         | 5,3     | 42,0    | 350,3     |

En la Tabla 8.30. se entrega la estimación de la constante C<sub>α</sub> correspondiente para cada elemento. En detalle, para el caso del cobre total se espera un valor entre 2 y 20, y se obtiene una

constante de 5,2. Para el molibdeno se calcular un valor de 41 que se encuentra en el rango esperado (15 a 100). Finalmente, el arsénico alcanza un valor igual a 342,1 que se encuentra también dentro de lo esperado (100 a 500).

A partir de la constante  $C_{\alpha}$ , se puede calcular la constante K, necesaria para construir el nomograma correspondiente a cada protocolo de muestreo.

#### 8.4.3.1. Protocolos de muestreo

##### A. Sondaje in fill

Las Tablas 8.31. a 8.33. permiten calcular la varianza del error fundamental para cada una de las etapas del protocolo en sondaje tipo *in fill* para los elementos de cobre, molibdeno y arsénico respectivamente.

**Tabla 8.31. Cálculo estadístico del error fundamental para el elemento cobre en sondaje *in fill* para el grupo brechas centro.**

| <b>PROTOCOLO DE PREPARACIÓN DE MUESTRAS - ELEMENTO Cu</b> |          |                        |                |                   |                |
|---|----------|------------------------|----------------|-------------------|----------------|
| <b>SONDAJE IN FILL (NQ-HQ)</b>                            |          |                        |                |                   |                |
| <b>grupo brechas centro</b>                               |          |                        |                | <b>K= 10,13</b>   |                |
| Proceso   | Peso (g) | D <sub>95</sub> % (cm) | C <sub>α</sub> | Error fundamental | Error relativo |
| Muestra de Sondaje (5 m)                                  | 50.000   | 0,63                   | 6,64           | 0,0000332         |                |
| Muestra tomada en Bandeja                                 | 14.000   | 0,63                   | 6,64           | 0,0001186         | 1,1            |
| Chancado bajo 10#   | 14.000   | 0,17                   | 12,78          | 0,0000045         |                |
| Divisor rotatorio   | 600      | 0,17                   | 12,78          | 0,0001046         | 1,0            |
| Pulverizado <150#   | 600      | 0,01                   | 51,17          | 0,0000001         |                |
| Análisis químico  | 1        | 0,01                   | 51,17          | 0,0000609         | 0,8            |
| <b>TOTAL</b>  |          |                        |                | <b>0,0003219</b>  | <b>1,8</b>     |

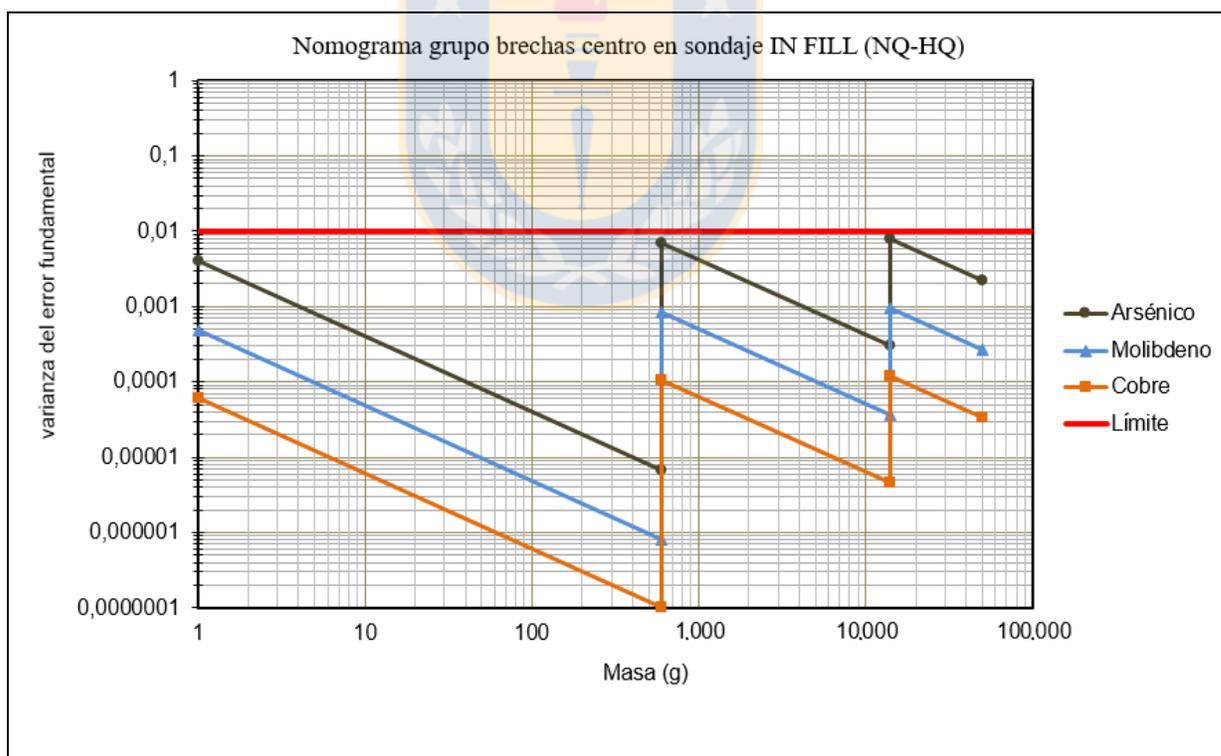
**Tabla 8.32. Cálculo estadístico del error fundamental para el elemento molibdeno en sondaje *in fill* para el grupo brechas centro.**

| <b>PROTOCOLO DE PREPARACIÓN DE MUESTRAS - ELEMENTO Mo</b> |          |                        |                |                   |                |
|---|----------|------------------------|----------------|-------------------|----------------|
| <b>SONDAJE IN FILL (NQ-HQ)</b>                            |          |                        |                |                   |                |
| <b>grupo brechas centro</b>                               |          |                        |                | <b>K= 482,42</b>  |                |
| Proceso   | Peso (g) | D <sub>95</sub> % (cm) | C <sub>α</sub> | Error fundamental | Error relativo |
| Muestra de Sondaje (5m)                                   | 50.000   | 0,63                   | 52,88          | 0,0002645         |                |
| Muestra tomada en Bandeja                                 | 14.000   | 0,63                   | 52,88          | 0,0009445         | 3,1            |
| Chancado bajo 10#   | 14.000   | 0,17                   | 101,81         | 0,0000357         |                |
| Divisor rotatorio   | 600      | 0,17                   | 101,81         | 0,0008336         | 2,9            |
| Pulverizado <150#   | 600      | 0,01                   | 407,70         | 0,0000008         |                |
| Análisis químico  | 1        | 0,01                   | 407,70         | 0,0004856         | 2,2            |
| <b>TOTAL</b>  |          |                        |                | <b>0,0025647</b>  | <b>5,1</b>     |

**Tabla 8.33. Cálculo estadístico del error fundamental para el elemento arsénico en sondaje *in fill* para el grupo brechas centro.**

| PROTOCOLO DE PREPARACIÓN DE MUESTRAS - ELEMENTO As |          |                        |                |                   |                |
|--|----------|------------------------|----------------|-------------------|----------------|
| SONDAJE <i>IN FILL</i> (NQ-HQ)                     |          |                        |                |                   |                |
| grupo brechas centro                               |          |                        |                | K=                | 57,41          |
| Proceso  | Peso (g) | D <sub>95</sub> % (cm) | C <sub>α</sub> | Error fundamental | Error relativo |
| Muestra de Sondaje (5m)                            | 50.000   | 0,63                   | 441,33         | 0,0022071         |                |
| Muestra tomada en Bandeja                          | 14.000   | 0,63                   | 441,33         | 0,0078824         | 8,9            |
| Chancado bajo 10#                                  | 14.000   | 0,17                   | 849,59         | 0,0002981         |                |
| Divisor rotatorio                                  | 600      | 0,17                   | 849,59         | 0,0069567         | 8,3            |
| Pulverizado <150#                                  | 600      | 0,01                   | 3.402,36       | 0,0000068         |                |
| Análisis químico                                   | 1        | 0,01                   | 3.402,36       | 0,0040523         | 6,4            |
| <b>TOTAL</b>                                       |          |                        |                | <b>0,0214033</b>  | <b>14,6</b>    |

A partir de las Tablas 8.31. a 8.33. se construye el nomograma de dicho protocolo de muestreo (Figura 8.25.). La grafica permite concluir que el protocolo establecido para sondajes tipo *in fill* es el correcto para los tres elementos en el grupo brechas centro.



**Figura 8.25. Nomograma del protocolo de muestreo en sondaje *in fill* para el grupo brechas centro en los tres elementos de interés.**

B. Sondaje diamantino

La varianza del error fundamental para cada una de las etapas del protocolo en sondaje diamantino para los tres elementos se resume en las Tablas 8.34. a 8.36.

**Tabla 8.34. Cálculo estadístico del error fundamental para el elemento cobre en sondaje diamantino para el grupo brechas centro.**

| <b>PROTOCOLO DE PREPARACIÓN DE MUESTRAS - ELEMENTO Cu</b> |          |                        |                |                   |                |
|---|----------|------------------------|----------------|-------------------|----------------|
| <b>SONDAJE DIAMANTINO</b>                                 |          |                        |                |                   |                |
| <b>grupo brechas centro</b>                               |          |                        |                | <b>K= 10,13</b>   |                |
| Proceso   | Peso (g) | D <sub>95</sub> % (cm) | C <sub>α</sub> | Error fundamental | Error relativo |
| Muestra de Sondaje (5 m)                                  | 25.000   | 0,63                   | 6,64           | 0,0000664         |                |
| Muestra tomada en Bandeja                                 | 14.000   | 0,63                   | 6,64           | 0,0001186         | 1,1            |
| Chancado bajo 10#   | 14.000   | 0,17                   | 12,78          | 0,0000045         |                |
| Divisor rotatorio   | 600      | 0,17                   | 12,78          | 0,0001046         | 1,0            |
| Pulverizado <150#   | 600      | 0,01                   | 51,17          | 0,0000001         |                |
| Análisis químico  | 1        | 0,01                   | 51,17          | 0,0000609         | 0,8            |
| <b>TOTAL</b>  |          |                        |                | <b>0,0003551</b>  | <b>1,9</b>     |

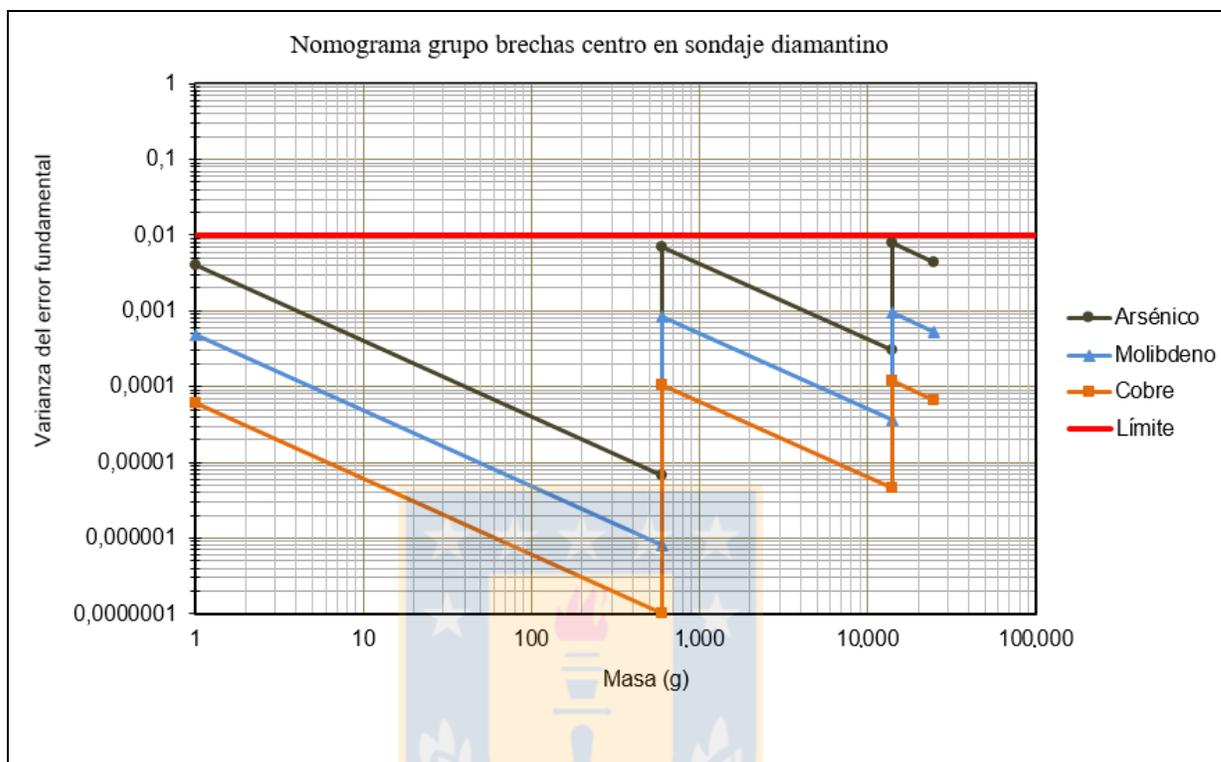
**Tabla 8.35. Cálculo estadístico del error fundamental para el elemento molibdeno en sondaje diamantino para el grupo brechas centro.**

| <b>PROTOCOLO DE PREPARACIÓN DE MUESTRAS - ELEMENTO Mo</b> |          |                        |                |                   |                |
|---|----------|------------------------|----------------|-------------------|----------------|
| <b>SONDAJE DIAMANTINO</b>                                 |          |                        |                |                   |                |
| <b>grupo brechas centro</b>                               |          |                        |                | <b>K= 482,42</b>  |                |
| Proceso   | Peso (g) | D <sub>95</sub> % (cm) | C <sub>α</sub> | Error fundamental | Error relativo |
| Muestra de Sondaje (5m)                                   | 25.000   | 0,63                   | 52,88          | 0,0005289         |                |
| Muestra tomada en Bandeja                                 | 14.000   | 0,63                   | 52,88          | 0,0009445         | 3,1            |
| Chancado bajo 10#   | 14.000   | 0,17                   | 101,81         | 0,0000357         |                |
| Divisor rotatorio   | 600      | 0,17                   | 101,81         | 0,0008336         | 2,9            |
| Pulverizado <150#   | 600      | 0,01                   | 407,70         | 0,0000008         |                |
| Análisis químico  | 1        | 0,01                   | 407,70         | 0,0004856         | 2,2            |
| <b>TOTAL</b>  |          |                        |                | <b>0,0028292</b>  | <b>5,3</b>     |

**Tabla 8.36. Cálculo estadístico del error fundamental para el elemento arsénico en sondaje diamantino para el grupo brechas centro.**

| <b>PROTOCOLO DE PREPARACIÓN DE MUESTRAS - ELEMENTO As</b> |          |                        |                |                   |                |
|---|----------|------------------------|----------------|-------------------|----------------|
| <b>SONDAJE DIAMANTINO</b>                                 |          |                        |                |                   |                |
| <b>grupo brechas centro</b>                               |          |                        |                | <b>K= 57,41</b>   |                |
| Proceso   | Peso (g) | D <sub>95</sub> % (cm) | C <sub>α</sub> | Error fundamental | Error relativo |
| Muestra de Sondaje (5m)                                   | 25.000   | 0,63                   | 441,33         | 0,0044141         |                |
| Muestra tomada en Bandeja                                 | 14.000   | 0,63                   | 441,33         | 0,0078824         | 8,9            |
| Chancado bajo 10#   | 14.000   | 0,17                   | 849,59         | 0,0002981         |                |
| Divisor rotatorio   | 600      | 0,17                   | 849,59         | 0,0069567         | 8,3            |
| Pulverizado <150#   | 600      | 0,01                   | 3.402,36       | 0,0000068         |                |
| Análisis químico  | 1        | 0,01                   | 3.402,36       | 0,0040523         | 6,4            |
| <b>TOTAL</b>  |          |                        |                | <b>0,0236104</b>  | <b>15,4</b>    |

La grafica (Figura 8.26.) permite concluir que el protocolo establecido para sondajes tipo diamantino es el correcto para los tres elementos en el grupo brechas centro.



**Figura 8.26.** Nomograma del protocolo de muestreo en sondaje diamantino para el grupo brechas centro en los tres elementos de interés.

### C. Sondaje de aire reverso

La Tablas 8.37. a 8.39. permiten calcular la varianza del error fundamental para cada una de las etapas del protocolo en los elementos de cobre, molibdeno y arsénico respectivamente.

El nomograma (Figura 8.27.), permite concluir que el protocolo establecido para sondajes de aire reverso es el correcto para dos de los tres elementos en el grupo brechas centro. Para el caso del elemento de arsénico se observa que este supera levemente el límite máximo esperado para dicho protocolo.

**Tabla 8.37. Cálculo estadístico del error fundamental para el elemento cobre en sondaje de aire reverso para el grupo brechas centro.**

| <b>PROTOCOLO DE PREPARACIÓN DE MUESTRAS - ELEMENTO Cu</b> |          |                        |                |                   |                |
|---|----------|------------------------|----------------|-------------------|----------------|
| <b>SONDAJE DE AIRE REVERSO</b>                            |          |                        |                |                   |                |
| <b>grupo brechas centro</b>                               |          |                        |                | <b>K=</b>         | <b>10,13</b>   |
| Proceso   | Peso (g) | D <sub>95</sub> % (cm) | C <sub>α</sub> | Error fundamental | Error relativo |
| Muestra de Sondaje (5 m)                                  | 50.000   | 1,00                   | 5,27           | 0,0001054         |                |
| Muestra tomada en Bandeja                                 | 20.000   | 1,00                   | 5,27           | 0,0002634         | 1,6            |
| Chancado bajo 10#   | 20.000   | 0,17                   | 12,78          | 0,0000031         |                |
| Divisor rotatorio   | 2.000    | 0,17                   | 12,78          | 0,0000314         | 0,6            |
| Pulverizado <150#   | 2.000    | 0,01                   | 51,17          | 0,0000000         |                |
| Análisis químico  | 1        | 0,01                   | 51,17          | 0,0000609         | 0,8            |
| <b>TOTAL</b>  |          |                        |                | <b>0,0004643</b>  | <b>2,2</b>     |

**Tabla 8.38. Cálculo estadístico del error fundamental para el elemento molibdeno en sondaje de aire reverso para el grupo brechas centro.**

| <b>PROTOCOLO DE PREPARACIÓN DE MUESTRAS - ELEMENTO Mo</b> |          |                        |                |                   |                |
|---|----------|------------------------|----------------|-------------------|----------------|
| <b>SONDAJE DE AIRE REVERSO</b>                            |          |                        |                |                   |                |
| <b>grupo brechas centro</b>                               |          |                        |                | <b>K=</b>         | <b>482,42</b>  |
| Proceso   | Peso (g) | D <sub>95</sub> % (cm) | C <sub>α</sub> | Error fundamental | Error relativo |
| Muestra de Sondaje (5m)                                   | 50.000   | 1,00                   | 41,98          | 0,0008395         |                |
| Muestra tomada en Bandeja                                 | 20.000   | 1,00                   | 41,98          | 0,0020988         | 4,6            |
| Chancado bajo 10#   | 20.000   | 0,17                   | 101,81         | 0,0000250         |                |
| Divisor rotatorio   | 2.000    | 0,17                   | 101,81         | 0,0002501         | 1,6            |
| Pulverizado <150#   | 2.000    | 0,01                   | 407,70         | 0,0000002         |                |
| Análisis químico  | 1        | 0,01                   | 407,70         | 0,0004856         | 2,2            |
| <b>TOTAL</b>  |          |                        |                | <b>0,0036992</b>  | <b>6,1</b>     |

**Tabla 8.39. Cálculo estadístico del error fundamental para el elemento arsénico en sondaje de aire reverso para el grupo brechas centro.**

| <b>PROTOCOLO DE PREPARACIÓN DE MUESTRAS - ELEMENTO As</b> |          |                        |                |                   |                |
|---|----------|------------------------|----------------|-------------------|----------------|
| <b>SONDAJE DE AIRE REVERSO</b>                            |          |                        |                |                   |                |
| <b>grupo brechas centro</b>                               |          |                        |                | <b>K=</b>         | <b>57,41</b>   |
| Proceso   | Peso (g) | D <sub>95</sub> % (cm) | C <sub>α</sub> | Error fundamental | Error relativo |
| Muestra de Sondaje (5m)                                   | 50.000   | 1,00                   | 350,29         | 0,0070059         |                |
| Muestra tomada en Bandeja                                 | 20.000   | 1,00                   | 350,29         | 0,0175147         | 13,2           |
| Chancado bajo 10#   | 20.000   | 0,17                   | 849,59         | 0,0002087         |                |
| Divisor rotatorio   | 2.000    | 0,17                   | 849,59         | 0,0020870         | 4,6            |
| Pulverizado <150#   | 2.000    | 0,01                   | 3.402,36       | 0,0000020         |                |
| Análisis químico  | 1        | 0,01                   | 3.402,36       | 0,0040523         | 6,4            |
| <b>TOTAL</b>  |          |                        |                | <b>0,0308707</b>  | <b>17,6</b>    |

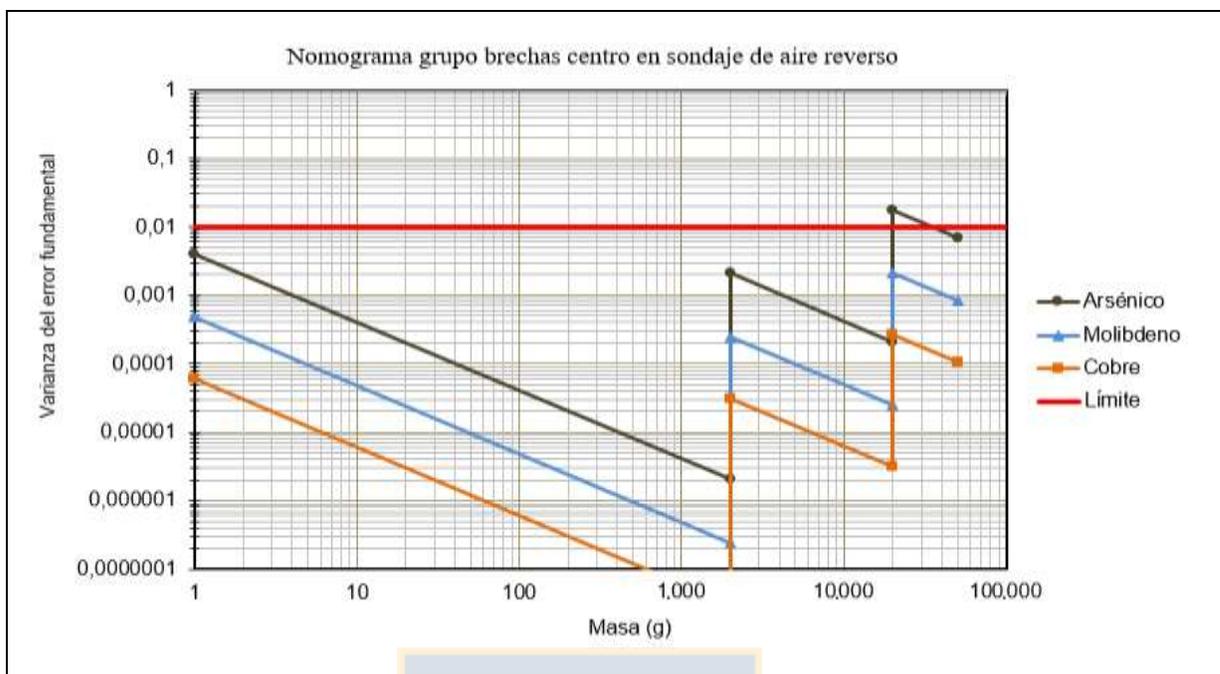


Figura 8.27. Nomograma del protocolo de muestreo en sondaje de aire reverso para el grupo brechas centro en los tres elementos de interés.

#### D. Pozo de tronadura

Las Tablas 8.40. a 8.42. permiten calcular la varianza del error fundamental para cada una de las etapas del protocolo en los elementos de cobre, molibdeno y arsénico respectivamente.

Tabla 8.40. Cálculo estadístico del error fundamental para el elemento cobre en pozo de tronadura para el grupo brechas centro.

| PROTOCOLO DE PREPARACIÓN DE MUESTRAS - ELEMENTO Cu |           |                        |                |                   |                |  |
|--|-----------|------------------------|----------------|-------------------|----------------|--|
| POZO DE TRONADURA                                  |           |                        |                |                   |                |  |
| grupo brechas centro                               |           |                        |                | K=                | 10,13          |  |
| Proceso  | Peso (g)  | D <sub>95</sub> % (cm) | C <sub>α</sub> | Error fundamental | Error relativo |  |
| Muestra de Sondaje (5 m)                           | 2.000.000 | 0,48                   | 7,64           | 0,0000004         |                |  |
| Muestra tomada en Bandeja                          | 14.000    | 0,48                   | 7,64           | 0,0000585         | 0,8            |  |
| Chancado bajo 10#                                  | 14.000    | 0,17                   | 12,78          | 0,0000045         |                |  |
| Divisor rotatorio                                  | 600       | 0,17                   | 12,78          | 0,0001046         | 1,0            |  |
| Pulverizado <150#                                  | 600       | 0,01                   | 51,17          | 0,0000001         |                |  |
| Análisis químico                                   | 1         | 0,01                   | 51,17          | 0,0000609         | 0,8            |  |
| <b>TOTAL</b>                                       |           |                        |                | <b>0,0002291</b>  | <b>1,5</b>     |  |

Tabla 8.41. Cálculo estadístico del error fundamental para el elemento molibdeno en pozo de tronadura para el grupo brechas centro.

| PROTOCOLO DE PREPARACIÓN DE MUESTRAS - ELEMENTO Mo |           |                        |                |                   |                |
|--|-----------|------------------------|----------------|-------------------|----------------|
| POZO DE TRONADURA                                  |           |                        |                |                   |                |
| grupo brechas centro                               |           |                        |                | K=                | 482,42         |
| Proceso  | Peso (g)  | D <sub>95</sub> % (cm) | C <sub>α</sub> | Error fundamental | Error relativo |
| Muestra de Sondaje (5m)                            | 2.000.000 | 0,48                   | 60,90          | 0,0000033         |                |
| Muestra tomada en Bandeja                          | 14.000    | 0,48                   | 60,90          | 0,0004662         | 2,2            |
| Chancado bajo 10#                                  | 14.000    | 0,17                   | 101,81         | 0,0000357         |                |
| Divisor rotatorio                                  | 600       | 0,17                   | 101,81         | 0,0008336         | 2,9            |
| Pulverizado <150#                                  | 600       | 0,01                   | 407,70         | 0,0000008         |                |
| Análisis químico                                   | 1         | 0,01                   | 407,70         | 0,0004856         | 2,2            |
| <b>TOTAL</b>                                       |           |                        |                | <b>0,0018252</b>  | <b>4,3</b>     |

Tabla 8.42. Cálculo estadístico del error fundamental para el elemento arsénico en pozo de tronadura para el grupo brechas centro.

| PROTOCOLO DE PREPARACIÓN DE MUESTRAS - ELEMENTO As |           |                        |                |                   |                |
|--|-----------|------------------------|----------------|-------------------|----------------|
| POZO DE TRONADURA                                  |           |                        |                |                   |                |
| grupo brechas centro                               |           |                        |                | K=                | 57,41          |
| Proceso  | Peso (g)  | D <sub>95</sub> % (cm) | C <sub>α</sub> | Error fundamental | Error relativo |
| Muestra de Sondaje (5m)                            | 2.000.000 | 0,48                   | 508,26         | 0,0000272         |                |
| Muestra tomada en Bandeja                          | 14.000    | 0,48                   | 508,26         | 0,0038908         | 6,2            |
| Chancado bajo 10#                                  | 14.000    | 0,17                   | 849,59         | 0,0002981         |                |
| Divisor rotatorio                                  | 600       | 0,17                   | 849,59         | 0,0069567         | 8,3            |
| Pulverizado <150#                                  | 600       | 0,01                   | 3.402,36       | 0,0000068         |                |
| Análisis químico                                   | 1         | 0,01                   | 3.402,36       | 0,0040523         | 6,4            |
| <b>TOTAL</b>                                       |           |                        |                | <b>0,0152319</b>  | <b>12,3</b>    |

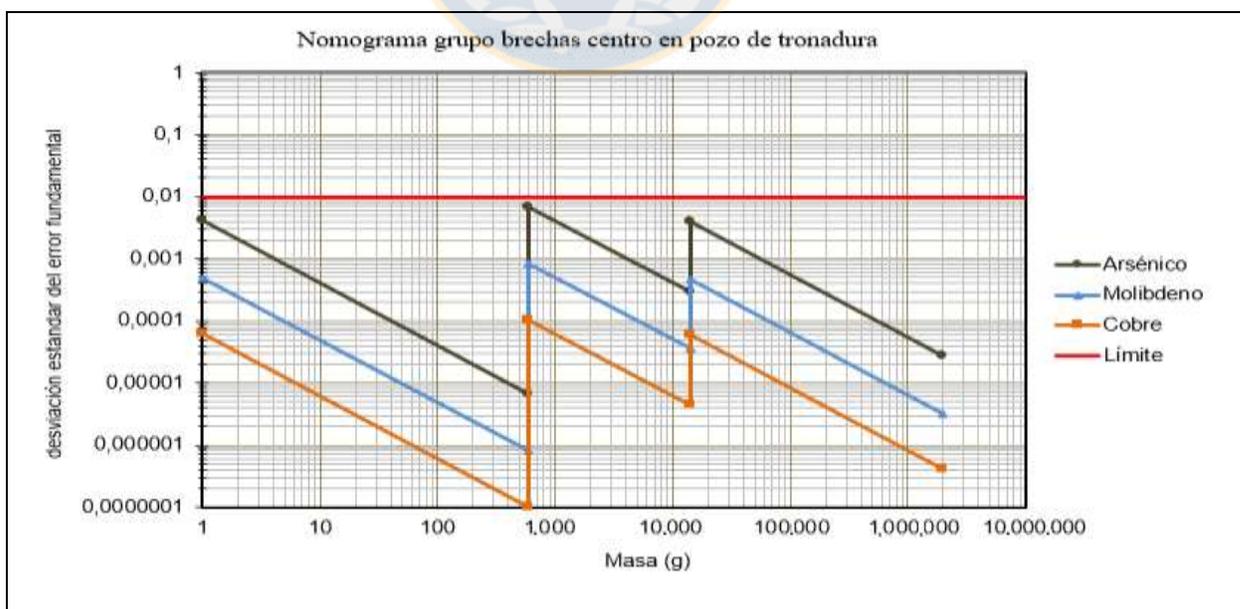


Figura 8.28. Nomograma del protocolo de muestreo en pozo de tronadura para el grupo brechas centro en los tres elementos de interés.

A partir de las Tablas 8.40. a 8.42. se construye el nomograma de dicho protocolo de muestreo (Figura 8.28.). La grafica permite concluir que el protocolo establecido para pozos de tronadura es el correcto para los tres elementos en el grupo brechas centro.

#### 8.4.4. GRUPO BRECHAS SUR

Los resultados en detalle para las 100 muestras del grupo brechas sur se encuentran en el Anexo (Anexo III, Tabla 61). En la Tabla 8.43. se resumen los resultados estadísticos de acuerdo a lo descrito en el capítulo denominado marco teórico de esta investigación

**Tabla 8.43. Resumen estadístico grupo brechas sur.**

| Variable                                   | Valor    |
|--|----------|
| Masa Total (g)                             | 9.539,40 |
| Masa Promedio (g)                          | 95,39    |
| Número de muestras                         | 100      |
| Densidad (kg/m <sup>3</sup> )              | 2,5      |
| Densidad Sulfuros (kg/m <sup>3</sup> )     | 2,63     |
| Número de fragmentos                       | 40       |
| Volumen de un fragmento ( m <sup>3</sup> ) | 0,954    |
| Factor de forma f                          | 0,866    |

A partir de la tabla anterior y los resultados químicos para cada una de las muestras del grupo, es posible calcular las variables indicadas en la Tabla 8.44.

**Tabla 8.44. Variables necesarias para el cálculo de las contantes C y K para cada uno de los elementos de interés en el grupo brechas sur.**

| Variable                            | CuT (%) | MoT (%) | As (%)    |
|-------------------------------------|---------|---------|-----------|
| Promedio (%)                        | 0,480   | 0,016   | 0,0032    |
| Promedio ponderado (%)              | 0,479   | 0,016   | 0,0033    |
| Varianza                            | 0,020   | 0,00016 | 0,0000155 |
| Desviación estándar                 | 0,140   | 0,013   | 39,4019   |
| Masa promedio muestra Ms (g)        | 95,39   | 95,39   | 95,39     |
| Masa promedio lote Ms (g)           | 9.539   | 9.539   | 9.539     |
| Diámetro máximo d <sub>1</sub> (cm) | 1,25    | 1,27    | 1,27      |
| Diámetro mínimo d <sub>2</sub> (cm) | 0,63    | 0,635   | 0,635     |
| Diámetro (cm)                       | 1,033   | 1,048   | 1,048     |
| Constante C <sub>α</sub>            | 7,4     | 52,8    | 128,5     |
| Constante K                         | 7,5     | 54,1    | 131,5     |

En la Tabla 8.44. se entrega la estimación de la constante C<sub>α</sub> correspondiente para cada elemento. En detalle, para el caso del cobre total se espera un valor entre 2 y 20, y se adquiere una

constante de 7,4. Para el molibdeno se calcula un valor de 52,8 que se encuentra en el rango esperado (15 a 100). Finalmente, el arsénico adquiere un valor igual a 128,5 que se encuentra también dentro de lo esperado (100 a 500).

A partir de la constante  $C_{\alpha}$ , se puede calcular la constante K, necesaria para construir el nomograma correspondiente a cada protocolo de muestreo.

#### 8.4.4.1. Protocolos de muestreo

##### A. Sondaje in fill

La varianza del error fundamental para cada una de las etapas del protocolo en sondajes *in fill* para los elementos de cobre, molibdeno y arsénico, se resume las Tablas 8.45. a 8.47.

Tabla 8.45. Cálculo estadístico del error fundamental para el elemento cobre en sondaje *in fill* para el grupo brechas sur.

| PROTOCOLO DE PREPARACIÓN DE MUESTRAS - ELEMENTO Cu |          |                        |                |                   |                |
|--|----------|------------------------|----------------|-------------------|----------------|
| SONDAJE IN FILL (NQ-HQ)                            |          |                        |                |                   |                |
| grupo brechas sur                                  |          |                        |                | K=                | 10,13          |
| Proceso  | Peso (g) | D <sub>95</sub> % (cm) | C <sub>α</sub> | Error fundamental | Error relativo |
| Muestra de Sondaje (5 m)                           | 50.000   | 0,63                   | 9,48           | 0,0000474         |                |
| Muestra tomada en Bandeja                          | 14.000   | 0,63                   | 9,48           | 0,0001694         | 1,3            |
| Chancado bajo 10#                                  | 14.000   | 0,17                   | 18,26          | 0,0000064         |                |
| Divisor rotatorio                                  | 600      | 0,17                   | 18,26          | 0,0001495         | 1,2            |
| Pulverizado <150#                                  | 600      | 0,01                   | 73,12          | 0,0000001         |                |
| Análisis químico                                   | 1        | 0,01                   | 73,12          | 0,0000871         | 0,9            |
| <b>TOTAL</b>                                       |          |                        |                | <b>0,0004600</b>  | <b>2,1</b>     |

Tabla 8.46. Cálculo estadístico del error fundamental para el elemento molibdeno en sondaje *in fill* para el grupo brechas sur.

| PROTOCOLO DE PREPARACIÓN DE MUESTRAS - ELEMENTO Mo |          |                        |                |                   |                |
|--|----------|------------------------|----------------|-------------------|----------------|
| SONDAJE IN FILL (NQ-HQ)                            |          |                        |                |                   |                |
| grupo brechas sur                                  |          |                        |                | K=                | 482,42         |
| Proceso  | Peso (g) | D <sub>95</sub> % (cm) | C <sub>α</sub> | Error fundamental | Error relativo |
| Muestra de Sondaje (5m)                            | 50.000   | 0,63                   | 68,10          | 0,0003405         |                |
| Muestra tomada en Bandeja                          | 14.000   | 0,63                   | 68,10          | 0,0012162         | 3,5            |
| Chancado bajo 10#                                  | 14.000   | 0,17                   | 131,09         | 0,0000460         |                |
| Divisor rotatorio                                  | 600      | 0,17                   | 131,09         | 0,0010734         | 3,3            |
| Pulverizado <150#                                  | 600      | 0,01                   | 524,98         | 0,0000010         |                |
| Análisis químico                                   | 1        | 0,01                   | 524,98         | 0,0006253         | 2,5            |
| <b>TOTAL</b>                                       |          |                        |                | <b>0,0033025</b>  | <b>5,7</b>     |

Tabla 8.47. Cálculo estadístico del error fundamental para el elemento arsénico en sondaje *in fill* para el grupo brechas sur.

| PROTOCOLO DE PREPARACIÓN DE MUESTRAS - ELEMENTO As |          |                        |                |                   |                |
|--|----------|------------------------|----------------|-------------------|----------------|
| SONDAJE <i>IN FILL</i> (NQ-HQ)                     |          |                        |                |                   |                |
| grupo brechas sur                                  |          |                        |                | K=                | 57,41          |
| Proceso  | Peso (g) | D <sub>95</sub> % (cm) | C <sub>α</sub> | Error fundamental | Error relativo |
| Muestra de Sondaje (5m)                            | 50.000   | 0,63                   | 165,72         | 0,0008288         |                |
| Muestra tomada en Bandeja                          | 14.000   | 0,63                   | 165,72         | 0,0029598         | 5,4            |
| Chancado bajo 10#                                  | 14.000   | 0,17                   | 319,02         | 0,0001120         |                |
| Divisor rotatorio                                  | 600      | 0,17                   | 319,02         | 0,0026123         | 5,1            |
| Pulverizado <150#                                  | 600      | 0,01                   | 1.277,59       | 0,0000025         |                |
| Análisis químico                                   | 1        | 0,01                   | 1.277,59       | 0,0015216         | 3,9            |
| <b>TOTAL</b>                                       |          |                        |                | <b>0,0080370</b>  | <b>9,0</b>     |

A partir de las Tablas 8.45. a 8.47. se construye el nomograma de dicho protocolo de muestreo (Figura 8.29.). La grafica permite concluir que el protocolo establecido para sondajes tipo *in fill* es el correcto para los tres elementos en el grupo brechas sur.

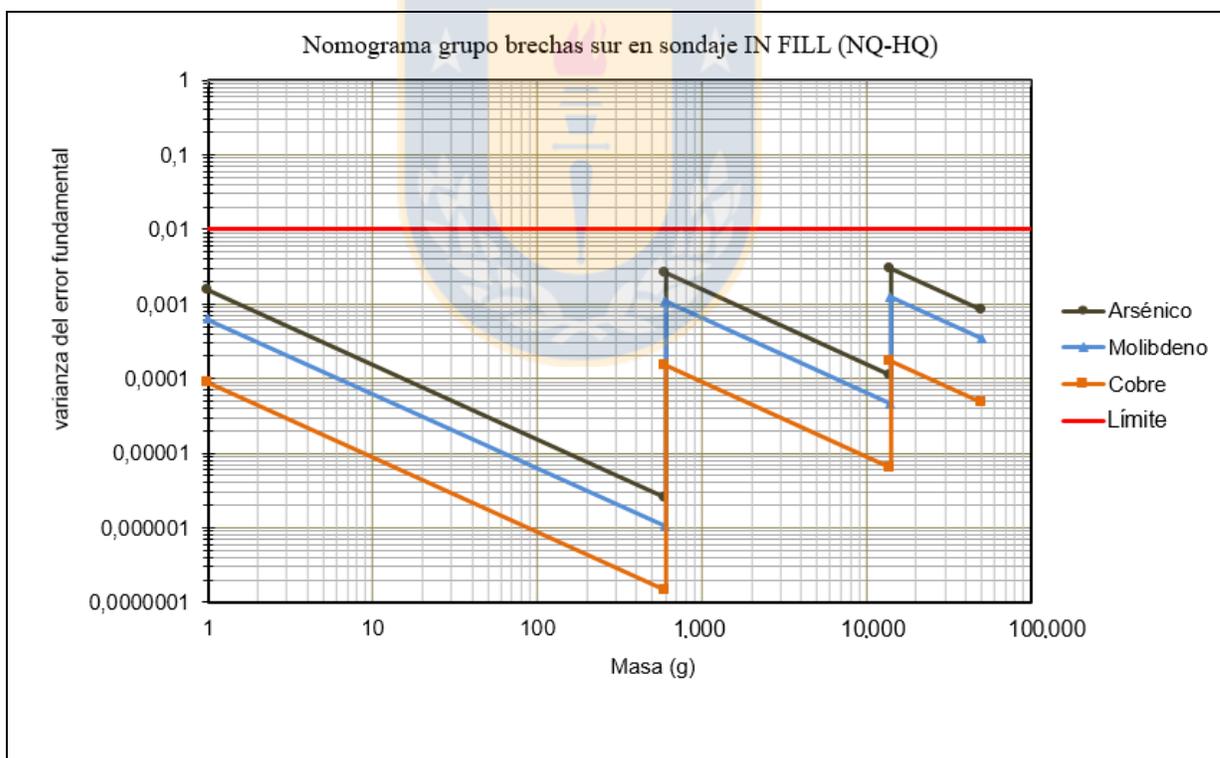


Figura 8.29. Nomograma del protocolo de muestreo en sondaje *in fill* para el grupo brechas sur en los tres elementos de interés.

B. Sondaje diamantino

Las Tablas 8.48. a 8.50. permiten calcular la varianza del error fundamental para cada una de las etapas del protocolo en sondaje diamantino para los tres elementos.

**Tabla 8.48. Cálculo estadístico del error fundamental para el elemento cobre en sondaje diamantino para el grupo brechas sur.**

| <b>PROTOCOLO DE PREPARACIÓN DE MUESTRAS - ELEMENTO Cu</b> |          |                        |                |                   |                |
|---|----------|------------------------|----------------|-------------------|----------------|
| <b>SONDAJE DIAMANTINO</b>                                 |          |                        |                |                   |                |
| <b>grupo brechas sur</b>                                  |          |                        |                | <b>K= 10,13</b>   |                |
| Proceso   | Peso (g) | D <sub>95</sub> % (cm) | C <sub>α</sub> | Error fundamental | Error relativo |
| Muestra de Sondaje (5 m)                                  | 25.000   | 0,63                   | 9,48           | 0,0000949         |                |
| Muestra tomada en Bandeja                                 | 14.000   | 0,63                   | 9,48           | 0,0001694         | 1,3            |
| Chancado bajo 10#   | 14.000   | 0,17                   | 18,26          | 0,0000064         |                |
| Divisor rotatorio   | 600      | 0,17                   | 18,26          | 0,0001495         | 1,2            |
| Pulverizado <150#   | 600      | 0,01                   | 73,12          | 0,0000001         |                |
| Análisis químico  | 1        | 0,01                   | 73,12          | 0,0000871         | 0,9            |
| <b>TOTAL</b>  |          |                        |                | <b>0,0005074</b>  | <b>2,3</b>     |

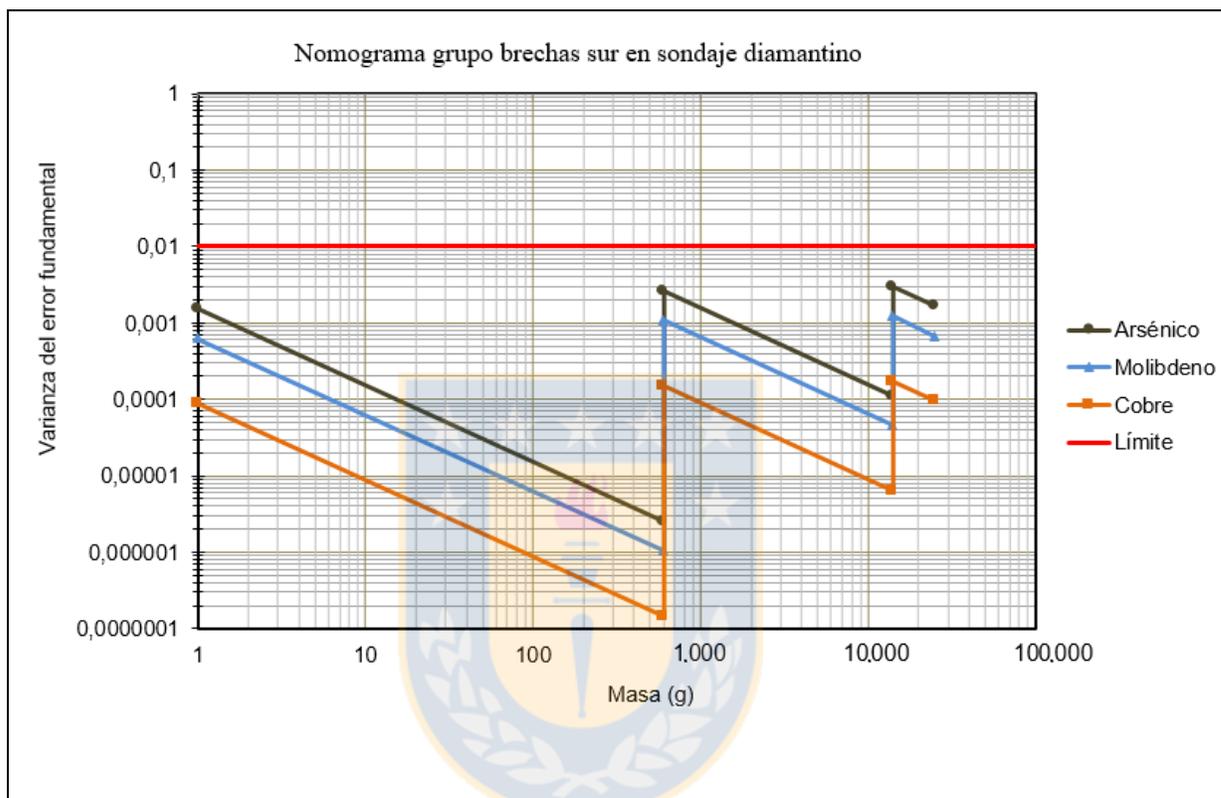
**Tabla 8.49. Cálculo estadístico del error fundamental para el elemento molibdeno en sondaje diamantino para el grupo brechas sur.**

| <b>PROTOCOLO DE PREPARACIÓN DE MUESTRAS - ELEMENTO Mo</b> |          |                        |                |                   |                |
|---|----------|------------------------|----------------|-------------------|----------------|
| <b>SONDAJE DIAMANTINO</b>                                 |          |                        |                |                   |                |
| <b>grupo brechas sur</b>                                  |          |                        |                | <b>K= 482,42</b>  |                |
| Proceso   | Peso (g) | D <sub>95</sub> % (cm) | C <sub>α</sub> | Error fundamental | Error relativo |
| Muestra de Sondaje (5m)                                   | 25.000   | 0,63                   | 68,10          | 0,0006811         |                |
| Muestra tomada en Bandeja                                 | 14.000   | 0,63                   | 68,10          | 0,0012162         | 3,5            |
| Chancado bajo 10#   | 14.000   | 0,17                   | 131,09         | 0,0000460         |                |
| Divisor rotatorio   | 600      | 0,17                   | 131,09         | 0,0010734         | 3,3            |
| Pulverizado <150#   | 600      | 0,01                   | 524,98         | 0,0000010         |                |
| Análisis químico  | 1        | 0,01                   | 524,98         | 0,0006253         | 2,5            |
| <b>TOTAL</b>  |          |                        |                | <b>0,0036431</b>  | <b>6,0</b>     |

**Tabla 8.50. Cálculo estadístico del error fundamental para el elemento arsénico en sondaje diamantino para el grupo brechas sur.**

| <b>PROTOCOLO DE PREPARACIÓN DE MUESTRAS - ELEMENTO As</b> |          |                        |                |                   |                |
|---|----------|------------------------|----------------|-------------------|----------------|
| <b>SONDAJE DIAMANTINO</b>                                 |          |                        |                |                   |                |
| <b>grupo brechas sur</b>                                  |          |                        |                | <b>K= 57,41</b>   |                |
| Proceso   | Peso (g) | D <sub>95</sub> % (cm) | C <sub>α</sub> | Error fundamental | Error relativo |
| Muestra de Sondaje (5m)                                   | 25.000   | 0,63                   | 165,72         | 0,0016575         |                |
| Muestra tomada en Bandeja                                 | 14.000   | 0,63                   | 165,72         | 0,0029598         | 5,4            |
| Chancado bajo 10#   | 14.000   | 0,17                   | 319,02         | 0,0001120         |                |
| Divisor rotatorio   | 600      | 0,17                   | 319,02         | 0,0026123         | 5,1            |
| Pulverizado <150#   | 600      | 0,01                   | 1.277,59       | 0,0000025         |                |
| Análisis químico  | 1        | 0,01                   | 1.277,59       | 0,0015216         | 3,9            |
| <b>TOTAL</b>  |          |                        |                | <b>0,0088657</b>  | <b>9,4</b>     |

El nomograma de dicho protocolo de muestreo (Figura 8.30.) permite concluir que la metodología empleada para la extracción de muestras es el correcto para los tres elementos en el grupo brechas sur.



**Figura 8.30.** Nomograma del protocolo de muestreo en sondaje diamantino para el grupo brechas sur en los tres elementos de interés.

### C. Sondaje de aire reverso

Las Tablas 8.51. a 8.53. indican la varianza del error fundamental para cada una de las etapas del protocolo en sondaje de aire reverso para los elementos de cobre, molibdeno y arsénico respectivamente.

**Tabla 8.51. Cálculo estadístico del error fundamental para el elemento cobre en sondaje de aire reverso para el grupo brechas sur.**

| <b>PROTOCOLO DE PREPARACIÓN DE MUESTRAS - ELEMENTO Cu</b> |          |                        |                |                   |                |
|---|----------|------------------------|----------------|-------------------|----------------|
| <b>SONDAJE DE AIRE REVERSO</b>                            |          |                        |                |                   |                |
| <b>grupo brechas sur</b>                                  |          |                        |                | <b>K=</b>         | <b>10,13</b>   |
| Proceso   | Peso (g) | D <sub>95</sub> % (cm) | C <sub>α</sub> | Error fundamental | Error relativo |
| Muestra de Sondaje (5 m)                                  | 50.000   | 1,00                   | 7,53           | 0,0001506         |                |
| Muestra tomada en Bandeja                                 | 20.000   | 1,00                   | 7,53           | 0,0003764         | 1,9            |
| Chancado bajo 10#   | 20.000   | 0,17                   | 18,26          | 0,0000045         |                |
| Divisor rotatorio   | 2.000    | 0,17                   | 18,26          | 0,0000449         | 0,7            |
| Pulverizado <150#   | 2.000    | 0,01                   | 73,12          | 0,0000000         |                |
| Análisis químico  | 1        | 0,01                   | 73,12          | 0,0000871         | 0,9            |
| <b>TOTAL</b>  |          |                        |                | <b>0,0006634</b>  | <b>2,6</b>     |

**Tabla 8.52. Cálculo estadístico del error fundamental para el elemento molibdeno en sondaje de aire reverso para el grupo brechas sur.**

| <b>PROTOCOLO DE PREPARACIÓN DE MUESTRAS - ELEMENTO Mo</b> |          |                        |                |                   |                |
|---|----------|------------------------|----------------|-------------------|----------------|
| <b>SONDAJE DE AIRE REVERSO</b>                            |          |                        |                |                   |                |
| <b>grupo brechas sur</b>                                  |          |                        |                | <b>K=</b>         | <b>482,42</b>  |
| Proceso   | Peso (g) | D <sub>95</sub> % (cm) | C <sub>α</sub> | Error fundamental | Error relativo |
| Muestra de Sondaje (5m)                                   | 50.000   | 1,00                   | 54,05          | 0,0010810         |                |
| Muestra tomada en Bandeja                                 | 20.000   | 1,00                   | 54,05          | 0,0027025         | 5,2            |
| Chancado bajo 10#   | 20.000   | 0,17                   | 131,09         | 0,0000322         |                |
| Divisor rotatorio   | 2.000    | 0,17                   | 131,09         | 0,0003220         | 1,8            |
| Pulverizado <150#   | 2.000    | 0,01                   | 524,98         | 0,0000003         |                |
| Análisis químico  | 1        | 0,01                   | 524,98         | 0,0006253         | 2,5            |
| <b>TOTAL</b>  |          |                        |                | <b>0,0047633</b>  | <b>6,9</b>     |

**Tabla 8.53. Cálculo estadístico del error fundamental para el elemento arsénico en sondaje de aire reverso para el grupo brechas sur.**

| <b>PROTOCOLO DE PREPARACIÓN DE MUESTRAS - ELEMENTO As</b> |          |                        |                |                   |                |
|---|----------|------------------------|----------------|-------------------|----------------|
| <b>SONDAJE DE AIRE REVERSO</b>                            |          |                        |                |                   |                |
| <b>grupo brechas sur</b>                                  |          |                        |                | <b>K=</b>         | <b>57,41</b>   |
| Proceso   | Peso (g) | D <sub>95</sub> % (cm) | C <sub>α</sub> | Error fundamental | Error relativo |
| Muestra de Sondaje (5m)                                   | 50.000   | 1,00                   | 131,54         | 0,0026307         |                |
| Muestra tomada en Bandeja                                 | 20.000   | 1,00                   | 131,54         | 0,0065768         | 8,1            |
| Chancado bajo 10#   | 20.000   | 0,17                   | 319,02         | 0,0000784         |                |
| Divisor rotatorio   | 2.000    | 0,17                   | 319,02         | 0,0007837         | 2,8            |
| Pulverizado <150#   | 2.000    | 0,01                   | 1.277,59       | 0,0000008         |                |
| Análisis químico  | 1        | 0,01                   | 1.277,59       | 0,0015216         | 3,9            |
| <b>TOTAL</b>  |          |                        |                | <b>0,0115920</b>  | <b>10,8</b>    |

A partir de las Tablas 8.51. a 8.53. se construye el nomograma de dicho protocolo de muestreo (Figura 8.31.). La grafica permite concluir que el protocolo establecido para pozos de tronadura es el correcto para los tres elementos en el grupo brechas sur.

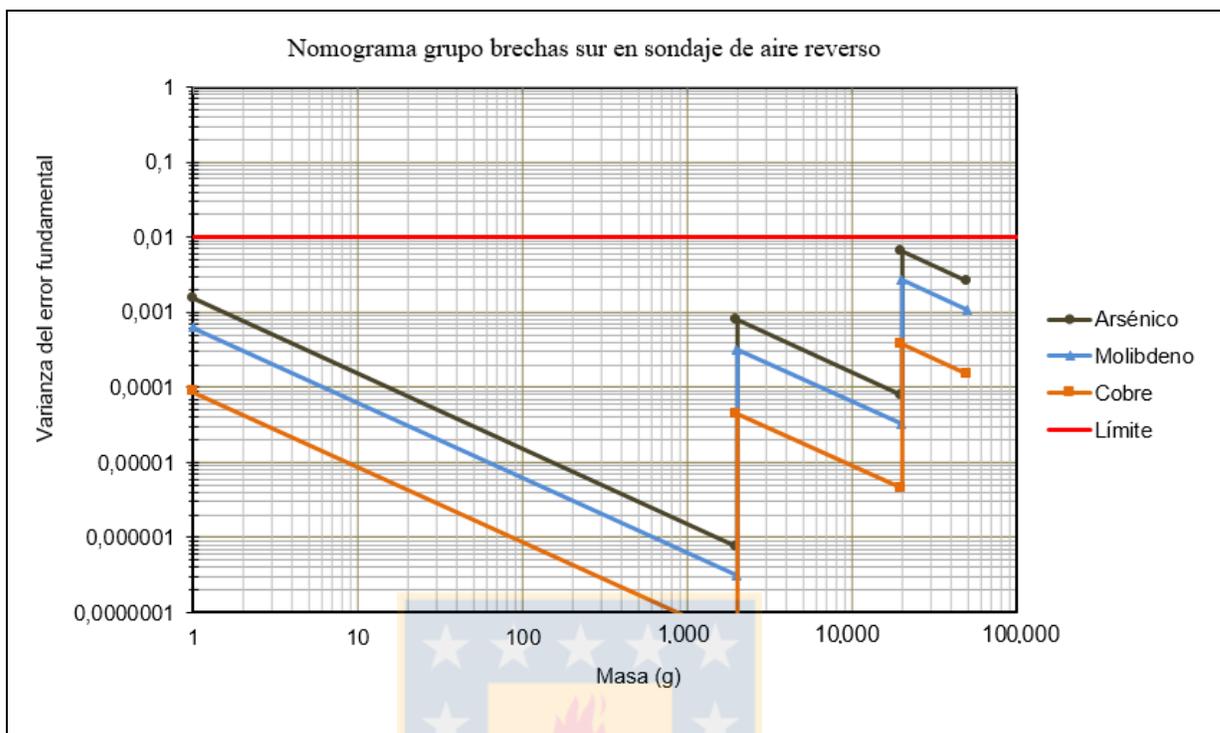


Figura 8.31. Nomograma del protocolo de muestreo en sondaje de aire reverso para el grupo brechas sur en los tres elementos de interés.

D. Pozo de tronadura

Las Tablas 8.54. a 8.56. permiten calcular la varianza del error fundamental para cada una de las etapas del protocolo en pozo de tronadura para los elementos de cobre, molibdeno y arsénico respectivamente.

Tabla 8.54. Cálculo estadístico del error fundamental para el elemento cobre en pozo de tronadura para el grupo brechas sur.

| PROTOCOLO DE PREPARACIÓN DE MUESTRAS - ELEMENTO Cu |           |                        |                |                   |                |
|--|-----------|------------------------|----------------|-------------------|----------------|
| POZO DE TRONADURA                                  |           |                        |                |                   |                |
| grupo brechas sur                                  |           |                        |                | K=                | 10,13          |
| Proceso  | Peso (g)  | D <sub>95</sub> % (cm) | C <sub>α</sub> | Error fundamental | Error relativo |
| Muestra de Sondaje (5 m)                           | 2.000.000 | 0,48                   | 10,92          | 0,0000006         |                |
| Muestra tomada en Bandeja                          | 14.000    | 0,48                   | 10,92          | 0,0000836         | 0,9            |
| Chancado bajo 10#                                  | 14.000    | 0,17                   | 18,26          | 0,0000064         |                |
| Divisor rotatorio                                  | 600       | 0,17                   | 18,26          | 0,0001495         | 1,2            |
| Pulverizado <150#                                  | 600       | 0,01                   | 73,12          | 0,0000001         |                |
| Análisis químico                                   | 1         | 0,01                   | 73,12          | 0,0000871         | 0,9            |
| <b>TOTAL</b>                                       |           |                        |                | <b>0,0003273</b>  | <b>1,8</b>     |

Tabla 8.55. Cálculo estadístico del error fundamental para el elemento molibdeno en pozo de tronadura para el grupo brechas sur.

| PROTOCOLO DE PREPARACIÓN DE MUESTRAS - ELEMENTO Mo |           |                        |                |                   |                |
|--|-----------|------------------------|----------------|-------------------|----------------|
| POZO DE TRONADURA                                  |           |                        |                |                   |                |
| grupo brechas sur                                  |           |                        |                | K=                | 482,42         |
| Proceso  | Peso (g)  | D <sub>95</sub> % (cm) | C <sub>α</sub> | Error fundamental | Error relativo |
| Muestra de Sondaje (5m)                            | 2.000.000 | 0,48                   | 78,42          | 0,0000042         |                |
| Muestra tomada en Bandeja                          | 14.000    | 0,48                   | 78,42          | 0,0006003         | 2,5            |
| Chancado bajo 10#                                  | 14.000    | 0,17                   | 131,09         | 0,0000460         |                |
| Divisor rotatorio                                  | 600       | 0,17                   | 131,09         | 0,0010734         | 3,3            |
| Pulverizado <150#                                  | 600       | 0,01                   | 524,98         | 0,0000010         |                |
| Análisis químico                                   | 1         | 0,01                   | 524,98         | 0,0006253         | 2,5            |
| <b>TOTAL</b>                                       |           |                        |                | <b>0,0023503</b>  | <b>4,8</b>     |

Tabla 8.56. Cálculo estadístico del error fundamental para el elemento arsénico en pozo de tronadura para el grupo brechas sur.

| PROTOCOLO DE PREPARACIÓN DE MUESTRAS - ELEMENTO As |           |                        |                |                   |                |
|--|-----------|------------------------|----------------|-------------------|----------------|
| POZO DE TRONADURA                                  |           |                        |                |                   |                |
| grupo brechas sur                                  |           |                        |                | K=                | 57,41          |
| Proceso  | Peso (g)  | D <sub>95</sub> % (cm) | C <sub>α</sub> | Error fundamental | Error relativo |
| Muestra de Sondaje (5m)                            | 2.000.000 | 0,48                   | 190,85         | 0,0000102         |                |
| Muestra tomada en Bandeja                          | 14.000    | 0,48                   | 190,85         | 0,0014610         | 3,8            |
| Chancado bajo 10#                                  | 14.000    | 0,17                   | 319,02         | 0,0001120         |                |
| Divisor rotatorio                                  | 600       | 0,17                   | 319,02         | 0,0026123         | 5,1            |
| Pulverizado <150#                                  | 600       | 0,01                   | 1.277,59       | 0,0000025         |                |
| Análisis químico                                   | 1         | 0,01                   | 1.277,59       | 0,0015216         | 3,9            |
| <b>TOTAL</b>                                       |           |                        |                | <b>0,0057196</b>  | <b>7,6</b>     |

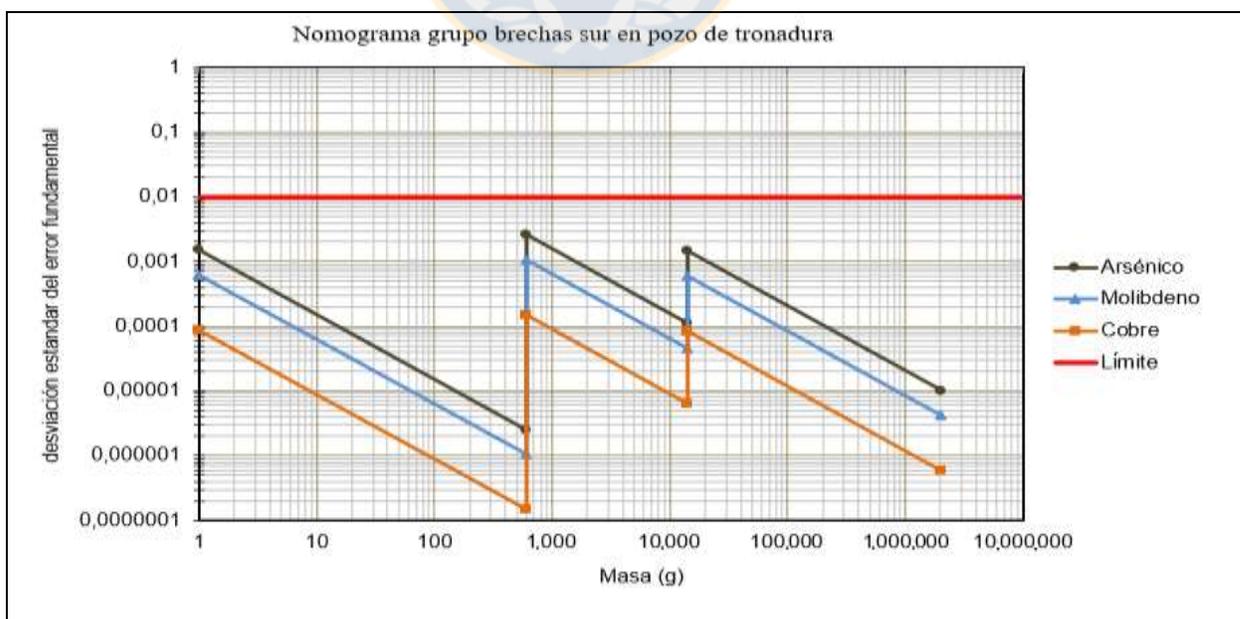


Figura 8.32. Nomograma del protocolo de muestreo en pozo de tronadura para el grupo brechas sur en los tres elementos de interés.

Se puede establecer por medio del nomograma (figura 8.32.) que el protocolo establecido para pozos de tronadura es el correcto para los tres elementos en el grupo brechas sur, esto es posible observar en el nomograma.

## 8.5. FACTORES DE LA CONSTANTE DE MUESTRO

Desde el punto de vista teórico, es posible determinar el factor de constitución mineralógica ( $c_{\alpha}$ ), factor de liberación ( $l_{\alpha}$ ) y diámetro de liberación ( $d_l$ ). Para ello es necesario asumir que el factor granulométrico ( $g_{\alpha}$ ) posee valor 1 y simplificar los minerales de interés presentes en el yacimiento. En específico, se considera que el mineral de cobre es calcopirita, para el molibdeno es molibdenita y finalmente el mineral de arsénico es a enargita (Tabla 8.57.).

**Tabla 8.57. Densidad y porcentaje de los minerales que contienen los elementos de interés.**

| Mineral     | Densidad | Cobre (%) | Molibdeno (%) | Arsénico (%) |
|-------------|----------|-----------|---------------|--------------|
| Calcopirita | 4,3      | 34,6      | -             | -            |
| Molibdenita | 4,8      | -         | 59,9          | -            |
| Enargita    | 4,5      | -         | -             | 19,1         |

Utilizando las ecuaciones planteadas en el marco teórico de esta investigación se obtienen los siguientes resultados para cada uno de los compósitos (Tablas 8.58 a 8.61.).

**Tabla 8.58. Resumen de los valores de los diferentes factores de la constante de muestreo para los elementos de interés en la Unidad Cuarzomonzonita.**

| Variable                           | Cobre   | Molibdeno | Arsénico |
|------------------------------------|---------|-----------|----------|
| Concentración mineral              | 0,00984 | 0,00013   | 0,00007  |
| factor mineralógico $c_{\alpha}$   | 431,0   | 36.646,6  | 58.324,9 |
| factor granulométrico $g_{\alpha}$ | 1       | 1         | 1        |
| factor de liberación $l_{\alpha}$  | 0,027   | 0,015     | 0,001    |
| diámetro de liberación (cm)        | 0,00074 | 0,00023   | 0,000001 |
| diámetro de liberación (mm)        | 7,44    | 2,33      | 0,013    |

**Tabla 8.59. Resumen de los valores de los diferentes factores de la constante de muestreo para los elementos de interés en la Unidad Brecha Donoso.**

| Variable                           | Cobre   | Molibdeno | Arsénico  |
|------------------------------------|---------|-----------|-----------|
| Concentración mineral              | 0,02990 | 0,00006   | 0,00005   |
| factor mineralógico $c_{\alpha}$   | 137,8   | 79.547,8  | 80.592,5  |
| factor granulométrico $g_{\alpha}$ | 1       | 1         | 1         |
| factor de liberación $l_{\alpha}$  | 0,1     | 0,0004    | 0,001     |
| diámetro de liberación (cm)        | 0,0140  | 0,0000002 | 0,0000005 |
| diámetro de liberación (mm)        | 140,27  | 0,002     | 0,005     |

**Tabla 8.60. Resumen de los valores de los diferentes factores de la constante de muestreo para los elementos de interés en el grupo brechas centro.**

| <b>Variable</b>                    | <b>Cobre</b> | <b>Molibdeno</b> | <b>Arsénico</b> |
|------------------------------------|--------------|------------------|-----------------|
| Concentración mineral              | 0,01293      | 0,00034          | 0,00017         |
| factor mineralógico $c_{\alpha}$   | 326,5        | 13.863,0         | 25.342,7        |
| factor granulométrico $g_{\alpha}$ | 1            | 1                | 1               |
| factor de liberación $l_{\alpha}$  | 0,019        | 0,003            | 0,016           |
| diámetro de liberación (cm)        | 0,00036      | 0,00001          | 0,000264        |
| diámetro de liberación (mm)        | 3,60         | 0,13             | 2,643           |

**Tabla 8.61. Resumen de los valores de los diferentes factores de la constante de muestreo para los elementos de interés en el grupo brechas sur.**

| <b>Variable</b>                    | <b>Cobre</b> | <b>Molibdeno</b> | <b>Arsénico</b> |
|------------------------------------|--------------|------------------|-----------------|
| Concentración mineral              | 0,01388      | 0,00027          | 0,00017         |
| factor mineralógico $c_{\alpha}$   | 303,7        | 17.078,7         | 25.381,8        |
| factor granulométrico $g_{\alpha}$ | 1            | 1                | 1               |
| factor de liberación $l_{\alpha}$  | 0,028        | 0,004            | 0,006           |
| diámetro de liberación (cm)        | 0,00082      | 0,00001          | 0,000036        |
| diámetro de liberación (mm)        | 8,19         | 0,13             | 0,358           |

Los resultados calculados de forma experimental son acordes a los esperados, lo que junto a los nomogramas construidos valida los cuatro protocolos actuales de toma y preparación de muestras de operación.

## **9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

En este capítulo se enuncian las principales conclusiones que se pueden obtener a partir de esta investigación.

### **9.1. TRATAMIENTO Y PREPARACIÓN DE MUESTRAS**

Se descarta el uso de muestras de frente de tronadura para estudios prácticos de heterogeneidad, debido a su baja representatividad vertical, a la no equiprobabilidad de seleccionar una muestra en terreno, la que sumado a riesgo de seguridad que implica y a la pérdida económica de detener la operación minera en el frente de tronadura para tomar las muestras.

Las muestras evidencian en el proceso de secado un porcentaje de humedad que cumple con las condiciones necesarias para realizar el estudio, lo que apela a la buena conservación de los ejemplares en las dependencias de la testigoteca.

Las pérdidas de masa a lo largo de cada proceso (chancado, tamizaje, selección, pulverizado y reducción de masa), son consideradas como mermas menores. Lo que permite situar a dichas pérdidas dentro de los rangos aceptables, validando a su vez el tratamiento de las muestras.

Todas las muestras fueron tratadas bajo los mismos parámetros de calidad, tiempo y supervisión, evitando de esa forma el sesgo por algún compósito o muestra en específico.

### **9.2. ANÁLISIS QUÍMICOS**

Se determina por medio de datos bibliográfico, descripciones macroscópicas y microscópicas de las unidades litológicas del Yacimiento Los Bronces, que los elementos a analizar químicamente para la validación de los protocolos de muestreo son: cobre, molibdeno y arsénico. Los dos primeros por constituir elementos químicos de importancia económica y el tercero, por ser un elemento químico de cuidado en la labor minera.

También, se recomienda realizar análisis químicos periódicos de los elementos de antimonio y bismuto, con el fin de corroborar su baja concentración.

Los resultados de los análisis químicos para cada material de referencia (estándar 10 y 12) y muestras blancas, coinciden con los valores esperados, validando el análisis químico y el trabajo de preparación de muestras por parte del laboratorio.

La variabilidad de ley para cada compuesto, a partir de los espectros de ley de las 100 muestras para cada unidad o grupo, está dentro del rango de ley esperado, mostrando una distribución normal, acorde a la esperada (Capítulo 8).

### **9.3. LEYES MEDIAS PARA CADA UNA DE LAS SEIS FRACCIONES**

El resultado químico es similar para los elementos de cobre, molibdeno y arsénico en las muestras duplicado, lo que confirma que el tratamiento de las muestras y proceso realizado para elaborar el estudio de heterogeneidad son adecuados.

El resultado matemático de dividir el valor mayor de ley (fracción más fina) por el de menor valor de ley (fracción más gruesa) para cada uno de los compósitos, otorga valores inferiores a 10 en cobre, molibdeno y arsénico, con esto se cumple el requerimiento básico para la validez de un test práctico de heterogeneidad en cada uno de los *test* prácticos.

Las menores leyes se concentran en las fracciones más gruesas de cada unidad o grupo y las fracciones más pequeñas contienen el mayor contenido en ley de cada compuesto. Sobre la base de lo anterior, se recomienda; 1) Evitar procedimientos que lleven a la segregación de la muestra y/o a no considerar su distribución por gravedad. Por ejemplo al momento de extraer las muestras desde el cono de tronadura; 2) Se debe ser cuidadoso con la pérdida de la fracción más fina al momento de ejecutar la acción de muestreo, dado que esta granulometría contiene la mayor proporción de ley. Por ejemplo, al realizar la operación de perforación en pozos de tronadura, esta debe bajar siempre el faldón para evitar perder el material de menor granulometría. De igual manera, se debe evitar que por movimiento de equipos se pasen a llevar algunos conos de muestras, que afecte su representatividad.

Evitar la pérdida de finos, dado que al perder material con alto contenido del elemento crítico (mena), se obtendrá un sesgo negativo (ley estimada menor a la real). Por otra parte la pérdida de material estéril fino, producirá un sesgo positivo (ley estimada mayor a ley real).

#### **9.4. ERROR ANALÍTICO**

El error analítico para el elemento cobre con un 95% de confiabilidad corresponde a  $\pm 0,03\%$ . Respecto de la exactitud se verifican que los resultados de cobre son insesgados con un error de sesgo igual a 0,5%.

Respecto del análisis de molibdeno se verifica una moderada precisión, el error de análisis con 95% de confiabilidad para un nivel de 53 ppm es igual a  $\pm 16$  ppm y para un nivel de 79 ppm es igual  $\pm 9$  ppm. En relación a la exactitud el error de sesgo es igual a 4,6% y corresponde a una diferencia de 2,3 ppm.

Los resultados de arsénico son de baja precisión y sesgados, el error de análisis con un 95% de confianza para un nivel de arsénico de 76 es igual a  $\pm 26$  ppm y el error de sesgo es igual a -13,4 %, que indica que existe subestimación de la ley.

Del análisis granulométrico se verifica que la diferencia de la distribución granulométrica no supera el 1% para las cuatro unidades geológicas. La correlación entre la muestra original y el duplicado para las seis fracciones es de un coeficiente de 0,99 %

Además se demuestra que la varianza del error de preparación más análisis químico es igual a la varianza analítica obtenida a través de los estándares insertados, lo cual implica que el error entre algunos duplicados se debe al error analítico, siendo cercano a cero la varianza de preparación para los tres elementos analizados.

#### **9.5. LAS CONSTANTES DE MUESTRO**

La Unidad Brecha Donoso tiene la mayor constante de muestreo para el elemento de cobre (Tabla 9.1.), por ende corresponder al material más heterogéneo de los estudiados. Situación esperada a partir de la información preliminar. Además, es importante mencionar que el valor de

la constante de muestreo para esta unidad ésta dentro de los valores esperados para un depósito del tipo pórfido cuprífero (2 a 20).

**Tabla 9.1. Resumen del valor calculado para las constantes de muestreo.**

| Unidad                 | Cobre              |                  | Molibdeno          |                  | Arsénico           |                  |
|------------------------|--------------------|------------------|--------------------|------------------|--------------------|------------------|
|                        | Constante<br>$C_a$ | Constante<br>$K$ | Constante<br>$C_a$ | Constante<br>$K$ | Constante<br>$C_a$ | Constante<br>$K$ |
| Unidad Cuarzomonzonita | 10,0               | 10,1             | 471,2              | 482,4            | 56,1               | 57,4             |
| Unidad Brecha Donoso   | 15,2               | 15,4             | 33,8               | 34,6             | 50,0               | 51,2             |
| grupo brechas centro   | 5,2                | 5,3              | 41,0               | 42,0             | 342,1              | 350,3            |
| grupo brechas sur      | 7,4                | 7,5              | 52,8               | 54,1             | 128,5              | 131,5            |

La Unidad Cuarzomonzonita expresa la mayor constante de muestreo para el elemento de Molibdeno, de hecho su valor es bastante alto y no es semejante al resto de las unidades litológicas de este estudio. Esto se debe a su bajo contenido del elemento en las muestras analizadas, con excepción de algunas (6 de 100 muestras). Lo mencionado conduce a un error analítico, por lo que se recomienda usar un método más preciso y exacto, que permita determinar en detalle el contenido de dichas muestras.

El grupo brechas centro expresa la mayor constante de muestreo para el elemento de arsénico, valor que se encuentra dentro de los resultados esperados para un depósito del tipo pórfido cuprífero (100 a 500).

La similitud entre las constantes de muestreo de los elementos cobre y molibdeno del grupo brechas centro (brechas Occidente y Central) y grupo brechas sur (brecha Fantasma, Infiernillo y Anhidrita), podría ser indicador que la mineralización de las rocas es bastante similar por lo que se podría discutir la posibilidad de ser tratadas todas en su conjunto como un gran grupo.

Se corrobora que las unidades de estimación empleadas en Los Bronces, tienen concordancia con su heterogeneidad de constitución. Ya que para modelar se emplean las brechas en su conjunto con excepción de la Unidad Brecha Donoso. Lo anterior, también se puede corroborar al revisar las reconciliaciones semanales y mensuales de la División, donde el material estimado, con el extraído y el reportado por la planta, tienen directa relación y concordancia.

## 9.6. ERROR FUNDAMENTAL

A partir de las constantes de heterogeneidad ( $C_\alpha$  y K) se puede calcular el error fundamental de los actuales protocolos de toma y preparación de muestras en sondajes *in fill* (Tabla 9.2.), sondajes diamantino (Tabla 9.3.), sondajes de aire reverso (Tabla 9.4.) y pozo de tronadura (Tabla 9.5.)

**Tabla 9.2. Resumen del valor del error fundamental para el protocolo de toma y preparación de muestras en sondajes *in fill*.**

| SONDAJE <i>IN FILL</i> (NQ-HQ) |           |               |              |
|--------------------------------|-----------|---------------|--------------|
| Unidad                         | Cobre (%) | Molibdeno (%) | Arsénico (%) |
| Unidad Cuarzomonzonita         | 2,5       | 17,2          | 5,9          |
| Unidad Brecha Donoso           | 3,1       | 4,6           | 5,6          |
| grupo brechas centro           | 1,8       | 5,1           | 14,6         |
| grupo brechas sur              | 2,1       | 5,7           | 9,0          |

**Tabla 9.3. Resumen del valor del error fundamental para el protocolo de toma y preparación de muestras en sondajes diamantinos.**

| SONDAJE DIAMANTINOS    |           |               |              |
|------------------------|-----------|---------------|--------------|
| Unidad                 | Cobre (%) | Molibdeno (%) | Arsénico (%) |
| Unidad Cuarzomonzonita | 2,6       | 18,0          | 6,2          |
| Unidad Brecha Donoso   | 3,2       | 4,8           | 5,9          |
| grupo brechas centro   | 1,9       | 5,3           | 15,4         |
| grupo brechas sur      | 2,3       | 6,0           | 9,4          |

**Tabla 9.4. Resumen del valor del error fundamental para el protocolo de toma y preparación de muestras en sondajes de aire reverso.**

| SONDAJE DIAMANTINOS    |           |               |              |
|------------------------|-----------|---------------|--------------|
| Unidad                 | Cobre (%) | Molibdeno (%) | Arsénico (%) |
| Unidad Cuarzomonzonita | 3,0       | 20,6          | 7,1          |
| Unidad Brecha Donoso   | 3,7       | 5,5           | 6,7          |
| grupo brechas centro   | 2,2       | 6,1           | 17,6         |
| grupo brechas sur      | 2,6       | 6,9           | 10,8         |

**Tabla 9.5. Resumen del valor del error fundamental para el protocolo de toma y preparación de muestras en pozo de tronadura.**

| POZO DE TRONADURA      |           |               |              |
|------------------------|-----------|---------------|--------------|
| Unidad                 | Cobre (%) | Molibdeno (%) | Arsénico (%) |
| Unidad Cuarzomonzonita | 2,1       | 14,5          | 5,0          |
| Unidad Brecha Donoso   | 2,6       | 3,9           | 4,7          |
| grupo brechas centro   | 1,5       | 4,3           | 12,3         |
| grupo brechas sur      | 1,8       | 4,8           | 7,6          |

La constante de muestreo más desfavorable en el caso del cobre, corresponde a la Unidad Brecha Donoso (Tabla 9.1.). Al calcular el error fundamental (Tablas 9.2. a 9.5.) se construyen los nomogramas (capítulo 8). Esas graficas permiten la validación del procedimiento de toma y preparación de muestras para la extracción de sondajes *in fill*, sondajes diamantinos, sondajes de aire reverso y en pozo de tronadura, dado que ninguna supera el límite permitido.

La constante de muestreo más desfavorable en el caso del molibdeno, corresponde a la Unidad Cuarzomonzonita (Tabla 9.1.). Al calcular el error fundamental (Tablas 9.2. a 9.5.) se construyen los nomogramas (capítulo 8). Esas graficas permiten la validación del procedimiento de toma y preparación de muestras para la extracción de sondajes tipo *in fill*, diamantino y Pozo de Tronadura. Para el caso del protocolo de muestreo de sondajes de aire reverso, el nomograma (Figura 8.9.) indica que el procedimiento es levemente incorrecto y se debería establecer una mejora, pero dado que este tipo de roca tiene un contenido bajo del elemento, incluso bajo el límite de detección del procedimiento de análisis químico, se recomienda analizar las ventajas económicas y costos operacionales que tomaría, efectuar un cambio en procedimiento por dicha unidad.

En el caso de considerar la segunda constante de muestro más desfavorable para el caso del molibdeno, que corresponde al grupo brechas sur (Tabla 9.1.). Al calcular el error fundamental se construyen los nomogramas (capítulo 8). Esas graficas permiten la validación del procedimiento de toma y preparación de muestras para la extracción de sondajes *in fill*, sondajes diamantinos, sondajes de aire reverso y en pozo de tronadura, dado que ninguna supera el límite permitido.

La constante de muestreo más desfavorable en el caso del arsénico, corresponde a al grupo brechas centro (Tabla 9.1). Al calcular el error fundamental (Tablas 9.2. a 9.5.) se construyen los nomogramas (capítulo 8). Esas graficas permiten la validación del procedimiento de toma y preparación de muestras para la extracción de sondajes *in fill*, sondajes diamantinos, sondajes de aire reverso y en pozo de tronadura, dado que ninguna supera el límite permitido.

A modo de resumen, el error fundamental obtenido para los tres elementos en los cuatro protocolos permite validar todos los procedimientos de toma y preparación de muestras analizados

en esta investigación. No obstante, se recomienda a futuro ampliar este estudio con un mayor número de muestras de sondajes que permitan una mejor cobertura del depósito tanto profundidad como en superficie.

Sobre la base de lo señalado, se establece que el estudio práctico de heterogeneidad bajo los parámetros y requisitos establecidos a lo largo de esta investigación constituye un método válido para que la caracterización de las unidades litológicas del yacimiento Los Bronces.



## REFERENCIAS

**ABARZUA, A. 2014.** Zonación y temporalidad relativa de los tipos de alteración hidrotermal en el sector los bronces del complejo porfídico Cu-Mo Río Blanco-Los Bronces, Región Metropolitana, Chile. Memoria para optar al título de Geólogo, Universidad de Chile, Departamento de Geología (Inédito): 93 pp. Santiago.

**AGUIRRE, L. 1960.** Geología de Los Andes de Chile Central, Provincia de Aconcagua. Instituto de Investigaciones Geológicas. Vol. **9**: 70 pp. Santiago.

**AGUIRRE, L. Y EGERT, E. 1965.** Cuadrángulo Quebrada Marquesa, provincia de Coquimbo, Carta Geológica de Chile N° 15, Instituto de Investigaciones Geológicas; 92 pp. Santiago.

**AGUIRRE, L.; CHARRIER, R. Y DAVIDSON, J. 1974.** Andean Magmatism: Its Paleogeographic and Structural Setting in the Central Part (30-35°) of the Southern Andes. Geologic, Vol. **8**: 1-38.

**ALFARO, M. 1969.** Estudio Geológico de la Mina Los Bronces, Provincia de Santiago. Memoria para optar al título de Geólogo, Universidad de Chile, Departamento de Geología (Inédito): 87 pp. Santiago.

**BARASSI, S. 1978.** Los Bronces Expansion Project. Informe Interno de la Compañía Disputada Las Condes, Superintendencia de Geología (Inédito): 45 pp. Santiago.

**BARASSI, S; CASTRO, C. Y WALTER, C. 1984.** Mapeo de Vetas en Superficie e Interior Mina, Área Los Pilches. Informe interno de la Compañía Disputada Las Condes, Superintendencia de Geología (Inédito): 37 pp. Santiago

**BARROS, C. 2007.** Distribución y Modelamiento del Arsénico y otros elementos asociados: Bismuto, Plomo y Antimonio en la Mineralización Primaria de la Mina Los Bronces, Región

Metropolitana, Chile. Memoria para optar al título de Geólogo, Universidad Católica del Norte, Departamento de Ciencias Geológicas (Inédito): 93 pp. Antofagasta.

**BECCAR, I.; VERGARA, M. y MUNIZAGA, F. 1986.** Edades K-Ar de la Formación Farellones, en el Cordón del Cerro La Parva, Cordillera de los Andes de Santiago, Chile. *Revista Geológica de Chile*. N° 28-29: 109-113. Santiago.

**BLONDEL, J. 1980.** Pórfido de Composición Granodiorítica de la Mina Río Blanco. Memoria para optar al título de Geólogo. Universidad de Chile. Departamento de Geología (Inédito): 88 pp. Santiago.

**CARRIZO, D.; BARROS, C. Y GALLARDO, S. 2013.** Modelo estructural 3D de la Mina Los Bronces, Informe interno de Anglo American Sur S.A. (Inédito): 42 pp. Santiago

**CARRIZO, D.; SILVA, W.; VELA, I. y COMTE, D. 2012.** Búsqueda del control estructural en la evolución de la permeabilidad del Yacimiento Río Blanco - Los Bronces. Congreso Geológico Chileno N° 13: 16-18. Antofagasta.

**CEPEDA, A. 1974.** Geología del área del Yacimiento Río Blanco, Provincia de Aconcagua, Instituto de Investigaciones Geológicas (Informe Inédito): 14 pp. Santiago.

**CEPEDA, A. 1976.** Geología Económica y Evaluación del Área Andina - Disputada. Instituto de Investigaciones Geológicas, 40 pp. Santiago.

**CHARRIER, R.; FARÍAS, M. Y MAKSAEV, V. 2009.** Evolución tectónica, paleogeográfica y metalogénica durante el Cenozoico en los Andes de Chile norte y central e implicaciones para las regiones adyacentes de Bolivia y Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*. Vol. 65, (1): 5-35. Buenos Aires.

**CHARRIER, R.; BAEZA, O.; ELGUETA, S.; FLYNN, J.; GANS, P.; KAY, S.; MUÑOZ, N.; WYSS, A. Y 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**, (1): 117-139.

**CONTRERAS, A. 2003.** Geología Sondajes Profundos en la Mina Los Bronces. Informe interno de Anglo American Chile, División Los Bronces, Superintendencia de Geología (Inédito): 38 pp. Santiago.

**COOKE, D.; HOLLINGS, P. Y WALSHE, J. 2005.** Giant Porphyry Deposits: Characteristics, Distribution, and Tectonic Control, *Economic Geology*, Vol. **100**: 801-818.

**CORTÉS, J. 2011.** Evolución geológica de los Sistemas Porfídicos de Cu-Mo Amos y Andrés. Andes Centrales de Chile y Argentina. Tesis para optar al grado de Magister de ciencias mención geología, Universidad de Chile, Departamento de Geología (Inédito): 104 pp. Santiago.

**CUADRA, W. 1980.** Geología y Petrogénesis de la Brecha Donoso en Mina Los Bronces. Memoria para optar al Título de Geólogo. Universidad de Chile, Departamento de Geología (Inédito): 102 pp. Santiago.

**DAVIDSON, P.; KAMENETSKY, V.; COOKE, D.; FRIKKEN, P.; HOLLINGS, P.; RYAN, C.; ACHTERBERGH, E.; MERNAGH, T.; SKARMETA, J.; SERRANO, L. Y VARGAS, R. 2005.** Magmatic Precursors of Hydrothermal Fluids at the Río Blanco Cu-Mo Deposit, Chile: Links to Silicate Magmas and metal Transport. *Economic Geology*, Vol. 100: 963-978.

**DECKART, K.; CLARK, A. H.; CUADRA, P. Y FANNING, M. 2013.** Refinement of the time-space evolution of the giant Mio-Pliocene Río Blanco-Los Bronces porphyry Cu-Mo cluster, Central Chile: new U-Pb (SHRIMP II) and Re-Os geochronology and  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  thermochronology data". *Miner Deposita*. N° **28**: 57-79.

**DECKART, K.; SILVA, W.; SPRÖHNLO, C. Y VELA, I. 2014.** Timing and duration of hydrothermal activity at the Los Bronces porphyry cluster: an update. *Miner Deposita*, N° **49**: 535-546.

**DECKART, K.; CLARK, A.; AGUILAR, C.; VARGAS, R.; BERTENS, A.; MORTENSEN, J. Y FANNING, M. 2005.** Magmatic and Hydrothermal Chronology of the Giant Río Blanco Porphyry Copper Deposit, Central Chile: Implications of an Integrated U-Pb and  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  Database, *Economic Geology*, Vol. **100**: 905-934.

**DRAKE, R.; VERGARA, M.; MUNIZAGA, F Y VICENTE, J. 1976.** Geochronology of Mesozoic-Cenozoic Magmatism in Central Chile, lat 31° - 36°S, *Earth-Science*, Vol. 16: 353-363.

**FRANÇOIS-BONGARÇON, D. Y GY, P. 1999.** El error más común en la aplicación de la “fórmula de Gy” en la teoría del muestreo de minerales y un histórico del factor de liberación. *Miner Deposita*. Vol. **54**: 19-22.

**FRIKKEN, P.; COOKE, D.; WALSH, J.; ARCHIBALD, D.; SKARMETA, J.; SERRANO, L. Y VARGAS, R. 2005.** Mineralogical and Isotopic Zonation in the Sur - Sur Tourmaline Breccia, Río Blanco-Los Bronces Cu-Mo Deposit, Chile: Implications for Ore Genesis., *Economic Geology*. Vol. **100**: 935-961.

**FUENTES, F. 2004.** Petrología y metamorfismo de muy bajo grado de unidades volcánicas oligoceno-miocenas en la ladera occidental de los Andes de Chile Central (33°S). Tesis para optar al grado de Doctorado en ciencias mención geología, Universidad de Chile, Departamento de Geología (Inédito): 398 pp. Santiago.

**GREZ, E. Y SPRÖHNLE, C. 2003.** Los Bronces Porphyry Copper Target. Informe interno de Anglo American Chile, División Los Bronces, Gerencia de Exploraciones, Exploraciones Categoría III (Inédito). 63 pp. Santiago.

**HOFFSTTER, C.; FUENZALIDA, H. Y CECCIONI, G. 1957.** Lexique Stratigraphic International, Chile, Centre de Recherche Scientifique. Vol. **5**, Fase 7: 444 pp. Paris.

**HOLLINGS, P.; COOKE, D. Y CLARK, A. 2005.** Regional Geochemistry of Tertiary Igneous Rocks in Central Chile: Implications for the Geodynamic Environment of Giant Porphyry Copper and Epithermal Gold Mineralization, *Economic Geology*, Vol. **100**: 887-904.

**HOLMGREN, C.; MARTI, M.; SKEWES, M.; SCHNEIDER, A. Y HARMON, R. 1988.** Análisis Isotópico y de Inclusiones Fluidas en el Yacimiento Los Bronces, Chile Central. Congreso Geológico Chileno N° 5. Vol. **1**: 299-313. Santiago

**JARA, S. 2005.** Distribución y composición de la bornita, en relación con la génesis de la mina Los Bronces, Yacimiento Río Blanco-Los Bronces, Región Metropolitana, Chile. Memoria para optar al Título de Geólogo, Universidad de Concepción, Departamento de Ciencias de la Tierra (Inédito): 97 pp. Concepción.

**JARA, P. Y CHARRIER, R. 2014.** Nuevos antecedentes estratigráficos y geocronológicos para el Meso-Cenozoico de la Cordillera Principal de Chile entre 32° y 32°30'S: Implicancias estructurales y paleogeográficas. *Andean Geology*. Vol. **41** (1): 174-209. Santiago.

**KAY, S.; GODOY, E. Y KURTZ, A. 2005.** Episodic Arc Migration, Crustal Thickening, Subduction Erosion and Magmatism in the South Central Andes. *Geological Society of América Bulletin*. Vol. **117** (1/2): 67-68.

**KLOHN, 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 N°**8**. 95 pp. Santiago.

**LATORRE, M. J. 1981.** La Formación Río Blanco en el Área de la Mina Andina. Memoria para optar al Título de Geólogo, Universidad de Chile, Departamento de Geología (Inédito): 112 pp. Santiago.

**LÓPEZ, L. Y VERGARA, M. 1982.** Geoquímica y Petrogénesis de Rocas Ígneas Asociadas al Pórfido Cuprífero Río Blanco – Los Bronces. *Revista Geológica Chilena*, N° **15**: 59-70. Santiago.

**MAKSAEV, V.; MUNIZAGA, F.; ZENTILLI, M. y CHARRIER, R., 2009.** Fission track thermochronology of Neogene plutons in the Principal Andean Cordillera of central Chile (33°-35°S): Implications for tectonics evolution and porphyry Cu-Mo mineralization. *Andean Geology*. Vol. **36** (2): 153-171. Santiago.

**MCCRACKEN, S; 2006.** Confección de Modelo Estructural 3D y Dominios Estructurales. Informe interno de Anglo American Chile, División Los Bronces, Superintendencia de Geología (Inédito). 44 pp. Santiago.

**MUÑOZ, M.; FUENTES, F.; VERGARA, M.; AGUIRRE, L.; NYSTRÖM, J.; FÉRAUD, G. Y DEMANT, A.; 2006.** Abanico East Formation: petrology and geochemistry of volcanic rocks behind Cenozoic arc front in the Andean Cordillera, Central Chile (33°50'S), *Revista Geológica de Chile*. Vol. **33**, (1): 109-140. Santiago.

**OYARZÚN, J. 1971.** Contribution a l'etude Geochimique Des Roches Volcaniques Et Plutoniques du Chili. Tesis para optar al grado de Doctorado, Universidad Paris-Sud (Inédito): 195 pp. Paris.

**PERELLÓ, J.; SILLITOE, R.H.; BROCKWAY, H.; POSSO, H. y MPODOZIS, C. 2009.** Contiguous Porphyry Cu-Mo and Cu-Au Mineralization at Los Pelambres, Central Chile. Congreso Geológico Chileno N° 12. Vol. **4**: 11-26, Santiago.

**PICHOTT, S. 1996.** Distribución de La Bornita y Minerales Diagnósticos de Alteración en el yacimiento Río Blanco, V Región, Chile. Memoria para optar al Título de Geólogo. Universidad de Concepción, Departamento de Ciencias de la Tierra (Inédito): 68 pp. Concepción.

**PILGER, R. 1984.** Cenozoic Plate Kinematics, Subduction and magmatism; South America Andes., *Journal of the Geological Society of London*. Vol. **77**: 901-925.

**PIQUER, J. Y SKARMENTA, J. 2012.** Structural controls on stratigraphy, magmatism and mineralization in the Rio Blanco-Los Bronces district, Central Chile. Congreso Geológico Chileno N° 13: 19-21. Antofagasta.

**PITARD, F. 1993.** Pierre Gy's Sampling Theory and Sampling Practice. CRC Press: 491 pp. Florida.

**RIVANO, S.; GODOY, E.; VERGARA, M. Y VILLAROEL, M. 1990.** Redefinición de la Formación Farellones de los Andes de Chile Central (32°-34°S). *Revista Geológica de Chile*, N° 15: 59-70. Santiago.

**SERRANO, L.; VARGAS, R.; STAMBUCK, V.; AGUILAR, C.; GALES, M.; HOLMGREN, C.; CONTRERAS, A.; GODOY, S.; VELA, I.; SKEWES, M. Y STERN, C. 1996.** The Late Miocene Early Pliocene Río Blanco - Los Bronces Cooper Deposit, Central Andes. In *Andean Cooper Deposits: New Discoveries, Mineralization, Styles and Metallogeny*, Society of Economic Geologists, Special Publication N° 5: 119-130.

**SILLITOE, R. H. Y PERELLÓ, J., 2005** Andean copper province: tectonomagmatic settings, deposit types, metallogeny, exploration, and discovery. *Economic Geology*. Vol. **100**: 845-890.

**SHAND, S. J. 1927.** The Eruptive Rocks. Edit. John Wiley. 188 pp. New Cork.

**SKEWES, M. Y HOLMGREN, C. 1993.** Solevantamiento Andino, Erosión y Emplazamiento de Brechas Mineralizadas en el Depósito de Cobre Porfídico Los Bronces, Chile Central (33°): Aplicación de Termometría de Inclusiones Fluidas. *Revista Geológica de Chile*. Vol. **20**: 71-84. Santiago.

**SKEWES, M. Y STERN, C. 1994.** Tectonic Tigger for the Formation of late Miocene Cu-Rich Mega-Breccias in the Andes of Central Chile. *Geology*. Vol. **22** (6): 551-554.

**SKEWES, M.; HOLMGREN, C. Y STERN, C. 2003.** The Donoso Copper Rich, Tourmaline-Bearing Breccia Pipe in Central Chile: Petrologic, Fluid Inclusion and Stable Isotope Evidence for an Origin from Magmatic Fluids. *Mineralium Deposita*. Vol. **38**: 2-21.

**SKEWES, M.; HOLMGREN, C. Y VARGAS, R. 1994.** Alteración a Anfibolita y Magnetita en el Megayacimiento Río Blanco-Los Bronces, Chile Central., Congreso Geológico Chileno N° 7, Vol. **2**: 1.623-1.626. Concepción.

**STAMBUK, V. Y SERRANO, L. 1980.** Programa de Exploración de Geometría del Yacimiento Río Blanco. Informe interno de Codelco Chile-División Andina, Departamento de Geología (Inédito): 21 pp. Santiago.

**STAMBUK, V.; SERRANO, L. Y BLONDEL, J. 1982.** Geología del Yacimiento Río Blanco. Congreso Geológico Chileno N° 3, Vol. **2**: E419-442. Concepción.

**STAMBUK, V.; HOLMGREN, C.; CONTRERAS, A.; SERRANO, L.; GODOY, S. Y VELA, I. 1994.** Geología del Megayacimiento Río Blanco-Los Bronces, Chile Central, Congreso Geológico Chileno N° 7, Vol. **2**: 1.627-1.628. Concepción.

**STERN, C.R. y SKEWES, M.A. 2004.** Origin of Giant Miocene and Pliocene Cu-Mo Deposits in Central Chile: Role of Ridge Subduction, Decreased Thickening, and Long-lived, Batholith-size, Open-system Magma Chambers. T.M. (Edit.), Super Porphyry Copper & Gold Deposits: A Global Perspective; PGC Publishing, Vol. **1**: 65-82. Adelaide.

**STRECKEISEN, A. 1979.** Classification of Igneous Rocks of Lamprophyres, Carbonitites, and Mililitic rock. *Geology*. Vol. N° **7**: 331-335.

**THIELE, R. 1964.** Reconocimiento geológico de la Alta Cordillera de Elqui. Universidad de Chile, Departamento de Geología, Publicaciones. N° **27**: 1-73. Santiago.

**THIELE, R. 1980.** Hoja Santiago, escala 1:250000, Carta Geológica de Chile N° 39, Instituto de Investigaciones Geológicas; 51 pp. Santiago.

**KLOHN, 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 N°8: 95 pp. Santiago.

**THOMAS, H. 1953.** Informe de la Comisión Geológica Thomas-Yun-Ge. Sobre la Alta Cordillera entre le Río Colorado y Aconcagua (Informe Inédito), Instituto de Investigaciones Geológicas. 76 pp. Santiago.

**TIDY, E. 1983.** Estudio Geológico-Estructural entre los Paralelos 18°S y 35°S, basado en imágenes Landsat, Parte II. Informe interno Codelco-Chile (Inédito): 202 pp. Santiago.

**TORO, J.C.; ORTÚZAR, J.; MAKSAEV, V. y BARRA, F. 2009.** Nuevos antecedentes geocronológicos franja de pórfidos Cu-Mo del Mioceno-Plioceno, Chile Central: Implicancias metalogénica. Congreso Geológico Chileno N° 12: S11-047. Santiago.

**TORO, J.; ORTÚZAR, J.; ZAMORANO, J.; CUADRA, P.; HERMOSILLA, J. Y SPRÖHNLE, C. 2012.** "Protracted Magmatic-Hydrothermal History of the Río Blanco-Los Bronces District, Central Chile: Development of World's Greatest Known Concentration of Copper". Society of Economic Geologists, Special Publication. Vol. 16: 105-126.

**VALLEBUONA, G. Y NIEDBALSKI, F. 2005.** Muestreo de minerales: análisis de sensibilidad y factores de corrección para la ecuación de Pierre Gy. *Revista de Metalurgia*. Vol. 41: 28-37.

**VARGAS, R. 1985.** Estudio Estructural del Yacimiento Los Bronces, Región Metropolitana, Chile, Síntesis Geológica, Memoria para optar al Título de Geólogo, Universidad Católica del Norte, Departamento de Ciencias Geológicas (Inédito): 133 pp. Antofagasta.

**VARGAS, F.; GUSTAFSON, L.; VUKASOVIC, M. Y SKEWES, A. 1999.** Ore Breccias in the Río Blanco-Los Bronces Porphyry Copper Deposit, Chile. Society of Economic Geologists, Special Publication. Vol. **7**: 281-297.

**VELA, I. 2005.** Modelamiento As 2005. Informe interno de Anglo American Chile, División Los Bronces, Superintendencia de Geología (Inédito): 19 pp. Santiago.

**VERDUGO, J. 2002.** Mineralización de arsénico en Don Luis Subterráneo, Yacimiento Río Blanco, V Región, Chile. Memoria para optar al Título de Geólogo. Universidad de Concepción, Departamento de Ciencias de la Tierra (Inédita): 112 pp. Concepción.

**VERGARA, M. Y DRAKE, R. 1979.** Edades de K/Ar en Secuencias Volcánicas Continentales Post-Neocomianas de Chile Central: su Depositación en Cuencas Intermontañas Restringidas *Revista de la Asociación Geológica de Argentina*, Vol. **24**, (1): 42-52. Buenos Aires.

**VILLAGRÁN, L. 2007.** Validación Estructural de Datos obtenidos a través de Televisor Acústico y Televisor Óptico de Pozos. Estado: elaboración. Versión 1.1. Informe interno de Anglo American Chile, División Los Bronces, Superintendencia de Geología (Inédito): 14 pp. Santiago.

**VRY, V.; WILKINSON, J.; SEGUEL, J. Y MILLÁN, J. 2009.** A new vein paragenesis for the El Teniente Porphyry Cu- Mo Deposit, Chile. Congreso Geológico Chileno N° 12: S11-051. Santiago.

**WARNAARS, F. 1978.** Geologic Synopsis of Los Bronces. Informe interno de la Compañía Minera Disputada Las Condes (Inédito): 18 pp. Santiago.

**WARNAARS, F.; HOLGREM, C. Y BARASSI, S. 1985.** Porphyry Copper and Tourmaline Breccias at Los Bronces, Chile, *Economic Geology*. Vol. **80**: 1544-1565.

**YÁÑEZ, G.; CEMBRANO, J.; PARDO, M.; RANERO, C. Y SELLES, D., 2002.** The Challenger-Juan Fernández-Maipo major tectonic transition of the Nazca-Andean subduction

system at 33 –34°S: Geodynamic evidence and implications. *Journal of South American Earth Sciences*. Vol. **15** (1): 23-38.

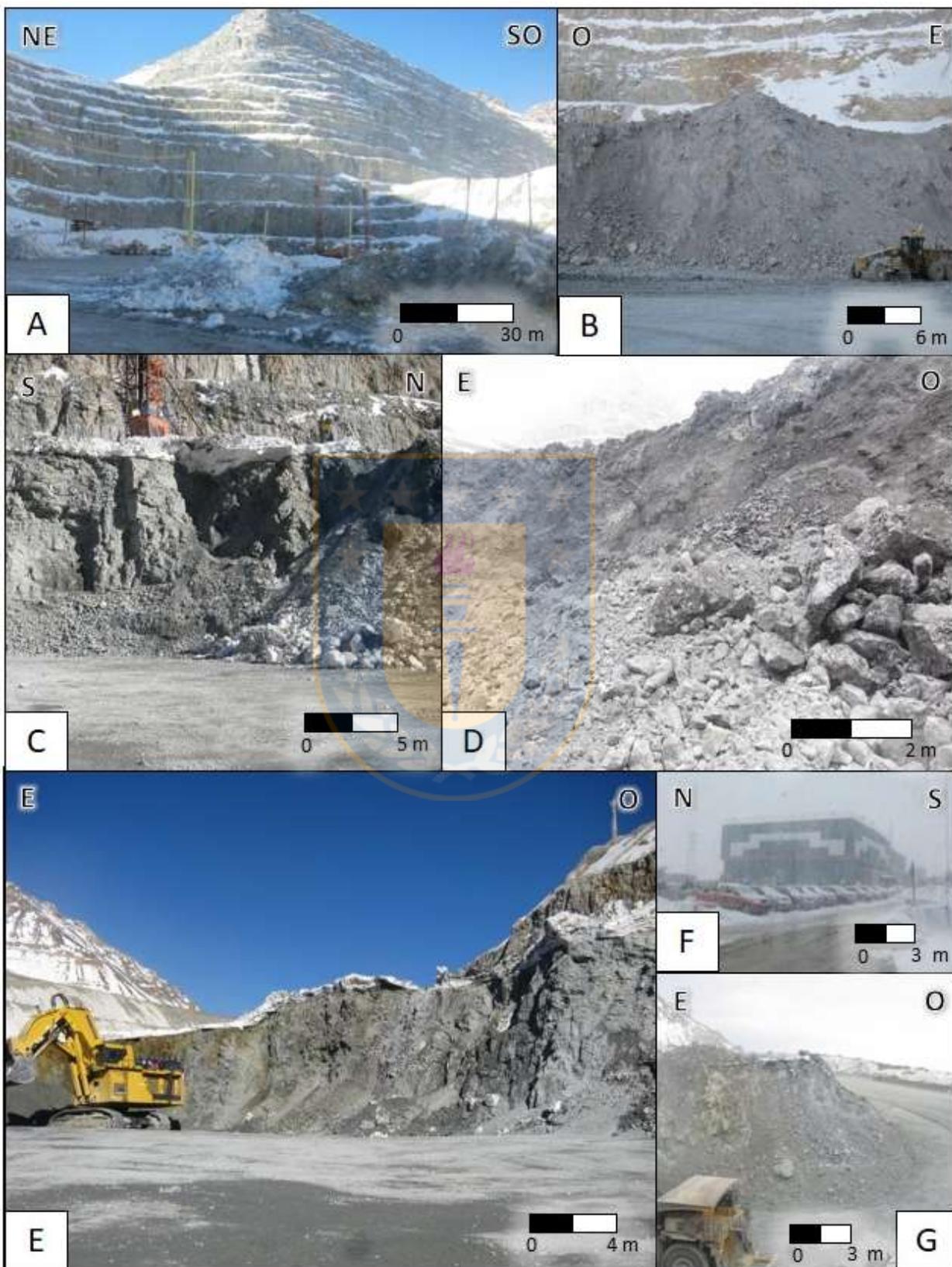


## Lámina I: Operación Minera División Los Bronces

- Figura A:** Fotografía de la Fase Donoso, tomada desde la cota 3385.
- Figura B:** Fotografía de una frente de tronadura en Fase Donoso correspondiente a la pared Norte (cota 3385).
- Figura C:** Fotografía de una frente de tronadura de la Fase Donoso, correspondiente a la pared Sur (Cota 3400).
- Figura D:** Fotografía desde la base del frente de tronadura en Fase Donoso correspondiente al sector central (cota 3370).
- Figura E:** Fotografía de frente de tronadura con clastos “colgados” y capa de nieve de 1 metro aproximadamente.
- Figura F:** Fotografía de condiciones climáticas invernales en estacionamiento edificio Titán.
- Figura G:** Equipos de alto tonelaje en frente de tronadura Fase Infiernillo (cota 3850).



# LÁMINA I



## Lámina II: Preparación de muestras para Test de Heterogeneidad

- Figura A:** Bolsas resistente de dimensiones 70 x 50 cm y espesor de 0,25 mm.
- Figura B:** Bolsa doble para preservar la integridad de cada una de las muestras.
- Figura C:** Balanza marca Zero, modelo “Paco Series”. Mide un peso máximo de 75,00 kg, con una precisión de 00,01 kg.
- Figura D:** Descripción grafica del proceso de control de peso de las submuestras para cada compósito.
- Figura E:** Muestra sellada y rotulada posterior al control de peso.
- Figura F:** Muestras agrupadas según compósito.
- Figura G:** Muestras agrupadas e identificadas en contenedor asignado.
- Figura H:** Contenedor plástico sellado y rotulado de 1 m<sup>3</sup> de volumen, empleado para guardar, preservar y transportar cada compósito.



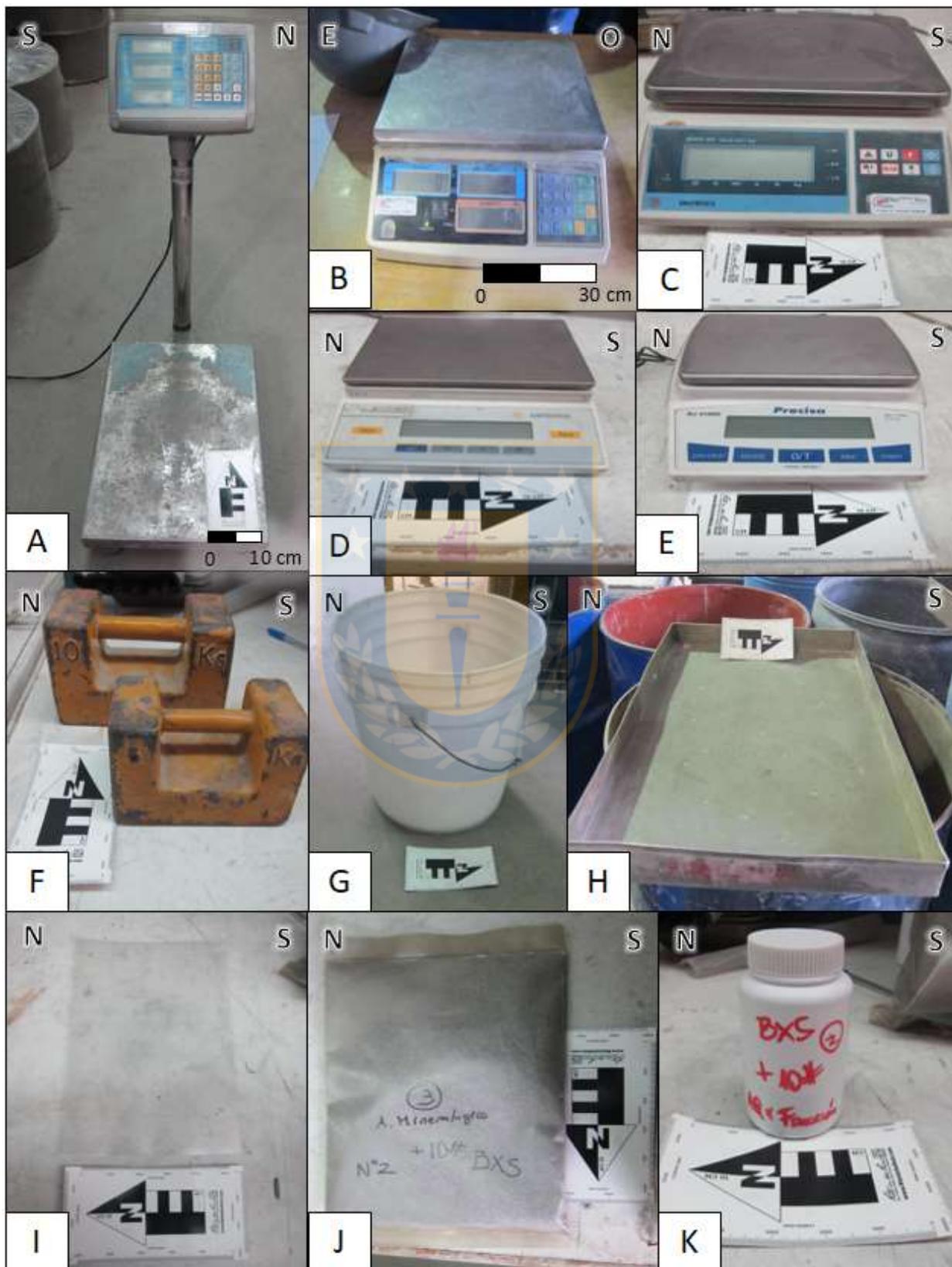
LÁMINA II



**Lámina III: Equipos y materiales propiedad del laboratorio SGS Minerals Services.**

- Figura A:** Balanza marca TCS, modelo “MI-011-HDM”. Mide un peso máximo de 100,00 kg, con una precisión de 0,001 kg y un error estimado de  $\pm 5$  g. Certificado de calibración con fecha 29/08/2014.
- Figura B:** Balanza marca TCS, modelo “MI-033-PHI”. Mide un peso máximo de 30,00 kg, con una precisión de 0,001 kg y un error de 2g. Certificado de calibración con fecha 06/09/2014.
- Figura C:** Balanza marca SNOWREX, modelo “NHV-30”. Mide un peso máximo de 30,00 kg, con una precisión de 0,001 kg y un error estimado de  $\pm 2$ g. Certificado de calibración con fecha 05/09/2014.
- Figura D:** Balanza marca CIENTEC, modelo “SARTORIUS”. Mide un peso máximo de 12,00 kg, con una precisión de 0,001 kg y un error estimado de  $\pm 1$ g. Certificado de calibración con fecha 06/09/2014.
- Figura E:** Balanza marca PRECISA, modelo “BJ 4100D”. Mide un peso máximo de 4,100 kg, con una precisión de 0,1 g y un error estimado de  $\pm 0,1$ g. Certificado de calibración con fecha 06/09/2014)
- Figura F:** Patrones de peso de 5 y 10 Kg.
- Figura G:** Contenedor plástico.
- Figura H:** Bandeja de acero inoxidable de 50 x 30 cm
- Figura I:** Bolsa resistente de dimensiones 30 x 15 cm y espesor de 5 mm
- Figura J:** Bolsa resistente sellada.
- Figura K:** Pomo empleado para transporte de submuestras.

## LÁMINA III



**Lámina IV: Equipos y materiales propiedad del laboratorio SGS Minerals Services.**

- Figura A:** Pala JIS N° 20 (capacidad de 300 ml según norma JIS)
- Figura B:** Pala JIS N° 15 (capacidad de 200 ml según norma JIS)
- Figura C:** Pala JIS N° 10 (capacidad de 125 ml según norma JIS)
- Figura D:** Pala de acero inoxidable.
- Figura E:** Pala JIS N° 40 (capacidad de 790 ml según norma JIS)
- Figura F:** Estufa de secado de muestras cerrada.
- Figura G:** Estufa de secado de muestras abierta.
- Figura H:** Vista frontal del chancador de mandíbula E-106-PM1.
- Figura I:** Vista Lateral del chancador de mandíbula E-106-PM1.
- Figura J:** Abertura para el ingreso de muestras del chancador de mandíbula E-106-PM1.



LÁMINA IV



**Lámina V: Equipos y materiales propiedad del laboratorio SGS Minerals Services.**

- Figura A:** Vista frontal del chancador de rodillo 10241475-XE.
- Figura B:** Abertura para el ingreso de muestras del chancador de rodillo 10241475-XE.
- Figura C:** Vista frontal del chancador de rodillo E-108-PM1.
- Figura D:** Abertura para el ingreso de muestras del chancador de rodillo E-108-PM1.
- Figura E:** Tamizador para fracciones finas.
- Figura F:** Set de tamices (mallas *Tyler* de 1/2"; 1/4"; #10Ty; #20Ty; #65Ty).
- Figura G:** Vista Frontal del Tamizador tipo rotap marca "ATM ARROW".
- Figura H:** Contenedores plásticos distribuidos en estructura metálica destinada para el proceso de separación por tamices.



## LÁMINA V



**Lámina VI: Equipos y materiales propiedad del laboratorio SGS Minerals Services.**

- Figura A:** Divisor rotatorio marca “LABTECH HEBRO” modelo DR-30V, con capacidad para 20 capachos.
- Figura B:** Capacho con contenido máximo de 2,5 kg.
- Figura C:** Divisor rotatorio marca “DELTALAB”, con capacidad para 10 capachos.
- Figura D:** Set de capachos, cada uno con capacidad máxima de 1 kg en su conjunto.
- Figura E:** Capacho con capacidad de 100 g.
- Figura F:** Pulverizador de muestras marca “LABTECH ESSA” modelo “LM1-P”.
- Figura G:** Olla de acero inoxidable, destinada a la pulverización de muestras (capacidad máxima de 200 g).



## LÁMINA VI



**Lámina VII: Recepción, primer control de peso, secado y segundo control de peso.**

**Figura A:** Compósito sellado.

**Figura B:** Compósito abierto con cada una de las muestras en sus bolsas dobles selladas y rotuladas.

**Figura C:** Medición de pesos patrones en balanza certificada.

**Figura D:** Medición del peso o tara de la bandeja metálica.

**Figura E:** Medición de peso de la muestra “húmeda” más la masa de la bandeja metálica.

**Figura F:** Compósito completo ubicado al interior de la estufa para su etapa de secado.

**Figura G:** Medición de peso de la muestra “seca” más la masa de la bandeja metálica.



## LÁMINA VII



**Lámina VIII: Chancado < 3/4" y tercer control de peso**

- Figura A:** Compósito secado y distribuido en contenedores plásticos.
- Figura B:** Granulometría promedio de los fragmentos de testigo de sondaje que componen los compósitos.
- Figura C:** Chancador de mandibulada E-108-PM1 ajustado para fragmentar rocas bajo los 3/4", y la malla 3/4" para verificar que el material chancado está bajo esa granulometría.
- Figura D:** Personal de SGS *Minerals Service* realiza la operación de chancado y tamizaje del compósito.
- Figura E:** Personal de SGS *Minerals Service* realiza corroboración que los fragmento logren una granulometría menor a los 3/4".
- Figura F:** Compósito fragmentado y distribuido en contenedores plásticos.
- Figura G:** Granulometría obtenida posterior al proceso de chancado bajo 3/4".
- Figura H:** Control de peso del proceso, midiendo el peso de la muestra más la masa del contenedor.

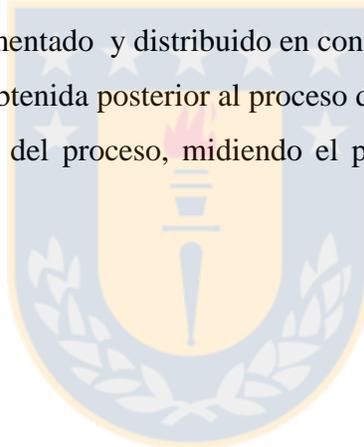


LÁMINA VIII



### Lámina IX: Tamizaje del compósito.

- Figura A:** Balanza y tara de contenedor.
- Figura B:** Control de peso de cantidad de muestra a procesar por el tamizador.
- Figura C:** Set de tamices ordenados según abertura decreciente desde arriba hacia abajo (mallas *Tyler* de 1/2"; 1/4"; #10Ty; #20Ty; #65Ty)
- Figura D:** Personal de *SGS Minerals Service* realiza la operación de tamizaje de una fracción del compósito.
- Figura E:** Personal de *SGS Minerals Service* realiza separación de tamices y vaciado según cada recipiente en su respectivo contenedor plástico.
- Figura F:** Fracción granulométrica A (-3/4" +1/2").
- Figura G:** Fracción granulométrica B (-1/2" +1/4").
- Figura H:** Fracción granulométrica C (-1/4" +#10Ty).
- Figura I:** Fracción granulométrica D (-#10Ty +#20Ty).
- Figura J:** Fracción granulométrica E (-#20Ty +#65Ty).
- Figura K:** Fracción granulométrica F (-#65Ty).



LÁMINA IX



**Lámina X: Selección de Fragmentos en la fracción B (-1/2” +1/4”).**

- Figura A:** Superficie de plástica dispuesta en el suelo para evitar la pérdida de material y contaminación de la fracción B de cada compósito.
- Figura B:** Personal de CMS asociados trazando el rectángulo donde se ubica la muestra.
- Figura C:** Distribución de la fracción B sobre la superficie plástica, dentro de los límites fijados.
- Figura D:** Personal de SGS *Minerals Service* realiza la segmentación del rectángulo inicial, en una malla de 10 x10, constituida de 100 rectángulos de igual largo y ancho.
- Figura E:** Malla segmentada para la selección de fragmentos en forma aleatoria, sin repetición.
- Figura F:** Ejemplo de las dimensiones de un rectángulo dentro de la malla de 10 x 10.
- Figura G:** Personal de CMS Asociados seleccionando 40 fragmentos en forma aleatoria para la confección de una submuestra para análisis químico posterior.
- Figura H:** Submuestra rotulada y envasada, constituida por 40 fragmentes seleccionados en forma aleatoria, sin repetición de algún rectángulo dentro de la malla.

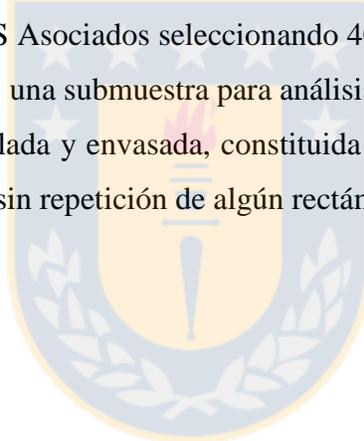


LÁMINA X



**Lámina XI: Molienda – 10#Ty para fracción A, B' y C**

- Figura A:** Chancador de rodillo ajustado para la obtención de una granulometría -10#Ty.
- Figura B:** Personal de *SGS Minerals Service* operando tamizador ajustado para granulometría de #10Ty.
- Figura C:** Personal de *SGS Minerals Service* empleando molino de rodillo ajustado para la obtención de una granulometría -10#Ty, pero a una menor revolución para evitar la sobremolienda.
- Figura D:** Granulometría resultante del proceso (-#10Ty).



## LÁMINA XI



**Lámina XII: Paleofraccionamiento (Fracción A, B' y C).**

- Figura A:** Personal de SGS *Minerals Services* limpia superficie para efectuar paleofraccionado.
- Figura B:** Fracción ejemplo para procedimiento (Fracción A)
- Figura C:** Personal de SGS *Minerals Services* distribuye de la fracción sobre la superficie en forma de cono.
- Figura D:** Cono resultante de la distribución de la fracción.
- Figura E:** Personal de SGS *Minerals Service* homogeniza la muestra, mediante un paleo radial al cono.
- Figura F:** Personal de SGS *Minerals Service* divide en 10 sublotos la fracción granulométrica, mediante un paleo radial al cono.



## LÁMINA XII



**Lámina XIII: División de las Fracción (A, B', C, D, E y F).**

- Figura A:** Personal de SGS Minerals Service introduce sublote al divisor rotatorio.
- Figura B:** Condiciones bajo las cuales opera el divisor rotatorio.
- Figura C:** Divisor rotatorio en funcionamiento.
- Figura D:** Submuestra seleccionada aleatoriamente del proceso. Caso particular corresponde al tercer sublote del grupo brechas sur, de la Fracción B (-1/4" + #10Ty) y al capacho número dos.
- Figura E:** Divisor rotatorio de la fracción más fina en funcionamiento.
- Figura F:** Submuestra envasada, rotulada y pesada.



## LÁMINA XIII



**Lámina XIV: Pulverización de submuestras.**

**Figura A:** Personal de SGS *Minerals Service* limpia instrumentos y área de trabajo.

**Figura B:** Olla de pulverización con submuestra de 40 fragmentos seleccionados.

**Figura C:** Personal de SGS *Minerals Service* ubica la olla de pulverización en el pulverizador.

**Figura D:** Olla con submuestra pulverizada.

**Figura E:** Personal de SGS *Minerals Service* limpia y extrae muestra desde la olla de pulverización.

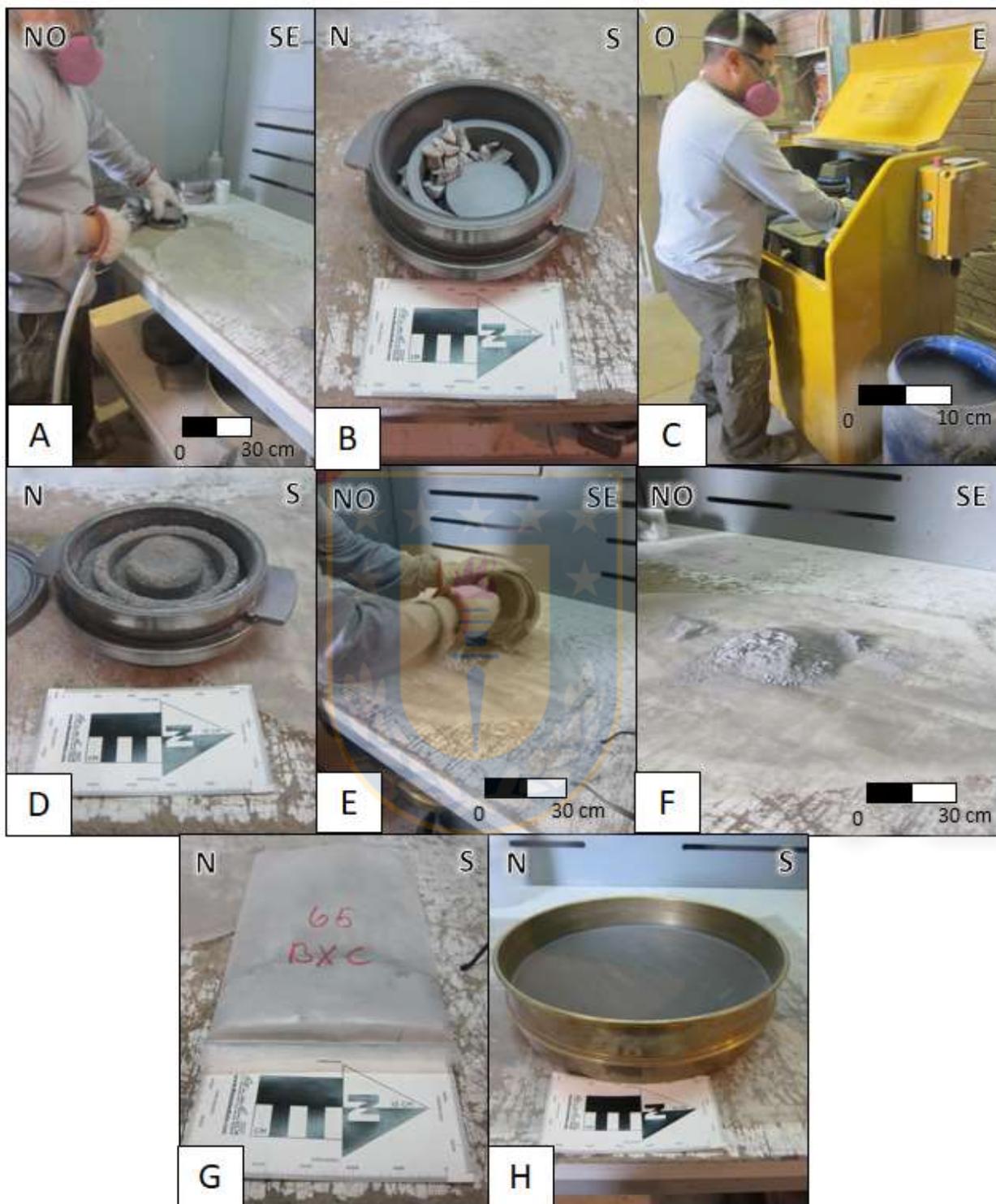
**Figura F:** Submuestra pulverizada sobre superficie plástica.

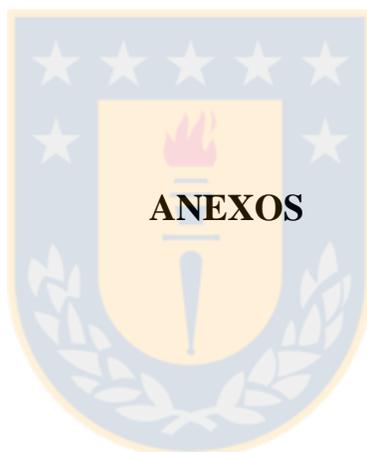
**Figura G:** Submuestra envasada y rotulada.

**Figura H:** Tamiz malla #100Ty



LÁMINA XIV





**ÍNDICE ANEXOS**

|                  | Página |
|------------------|--------|
| <b>ANEXO I</b>   | 223    |
| <b>ANEXO II</b>  | 225    |
| <b>ANEXO III</b> | 280    |
| <b>ANEXO IV</b>  | 341    |





## ABREVIATURAS

|       |                                |
|-------|--------------------------------|
| Ag:   | Plata                          |
| AND:  | Andesita                       |
| As:   | Arsénico                       |
| Au:   | Oro                            |
| Band: | Bandeja                        |
| Bo:   | Bornita                        |
| BTPR: | Brecha turmalina polvo de roca |
| BXA:  | Brecha anhidrita               |
| BXC:  | Brecha central                 |
| BXD:  | Brecha donoso                  |
| BXF:  | Brecha fantasma                |
| BXI:  | Brecha infiernillo             |
| BXO:  | Brecha occidente               |
| Cc:   | Calcosina                      |
| Cpy:  | Calcopirita                    |
| CuT:  | Cobre Total                    |
| CuS:  | Cobre Soluble                  |
| fi:   | Frecuencia absoluta            |
| Fi:   | Frecuencia absoluta acumulada  |
| hi:   | Frecuencia relativa            |
| Hi:   | Frecuencia relativa acumulada  |
| Hm:   | Hematita                       |
| LB:   | Los bronces                    |
| lm:   | Límite inferior                |
| ls:   | Límite superior                |
| Mc:   | Marca de clases                |
| Mg:   | Magnetita                      |
| Mo:   | Molibdenita                    |
| MoT:  | Molibdeno Total                |
| NC:   | Nicoles cruzados               |
| Ni:   | Intervalo                      |
| NP:   | Nicoles paralelos              |
| Py:   | Pirita                         |
| Tt:   | Tetraedrita                    |
| QM:   | Cuarzomonzonita                |

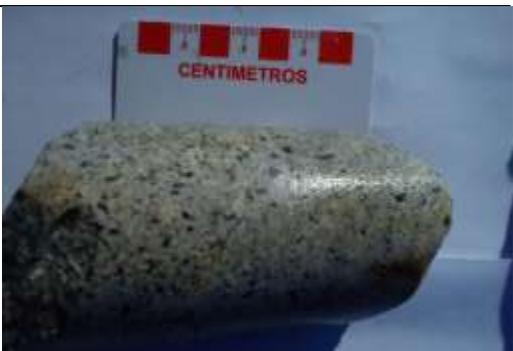


**ANEXO II: DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA Y MICROSCÓPICA.**



## MUESTRAS PARA TEST HETEROGENEIDAD

### DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA UNIDAD CUARZOMONZONITA

|                          |   |   |
|--------------------------|---|---|
| <b>Muestra</b>           | <b>LB140035@133,5</b>                                       |  |
| <b>Unidad litológica</b> | <b>Cuarzomonzonita</b>                                      |   |
| <b>Coordenadas</b>       | 99.401 m N / 100.539 m E<br>19 H / Sistema coordinado local |   |
| <b>Sondaje</b>           | LB140035  |   |
| <b>Elevación / Metro</b> | 3.206,59 m /133,5 m   |   |
| <b>Textura</b>           | Hipidiomorfica equigranular de grano medio (1 a 2 mm)       |   |

#### DESCRIPCIÓN GENERAL

Roca intrusiva de color blanco amarillento en superficie alterada y blanco rosáceo en superficie fresca, con textura hipidiomorfica equigranular de grano medio (1-2 mm), constituida de forma normalizada por plagioclasa (60,4%), feldespato potásico (23,1%) y cuarzo (16,5%).

La mineralización de cobre se encuentra diseminada y en vetillas con especularita (calcopirita), en cambio la molibdenita se dispone disemina y rellenando espacios en forma local.

La alteración es principalmente potásica moderada y una cloritización incipiente sobreimpuesta. Localmente se observa silicificación moderada, la que puede estar acompañada de sericita, que no se distingue a la lupa (alteración fílica).

Además, desarrolla vetillas finas (1 mm) con paredes rectas principalmente de clorita y algunos casos de cuarzo. Otras vetillas observadas son: de carácter irregular con halo de cuarzo y línea de sutura de clorita, sin mineralización; y vetillas de especularita con mineralización asociada de calcopirita.

**Ley de Cobre:** 0,34%

| <b>Composición</b> | <b>%</b> | <b>Tamaño (mm)</b> | <b>Forma</b> |
|--------------------|----------|--------------------|--------------|
| Cuarzo             | 15       | 0,2-1,5            | Anhedral     |
| Plagioclasa        | 55       | 0,3-2              | Subhedral    |
| Microclina         | 21       | 0,3-0,5            | Anhedral     |
| Biotita            | 2        | 0,3-0,8            | Euhedral     |
| Clorita            | 1        | 0,1-0,5            | Subhedral    |
| Máficos            | 1        | 0,3-1              | Anhedral     |
| Calcopirita        | 1        | <1                 | Anhedral     |
| Pirita             | 1        | <1                 | Subhedral    |
| Especularita       | 2        | <1                 | Subhedral    |
| Molibdenita        | 1        | <1                 | Anhedral     |

#### COMPOSICIÓN NORMALIZADA CLASTOS (STRECKEISEN, 1976)

|               |       |                    |       |                    |       |                        |
|---------------|-------|--------------------|-------|--------------------|-------|------------------------|
| <b>Cuarzo</b> | 16,5% | <b>Plagioclasa</b> | 60,4% | <b>F. Potásico</b> | 23,1% | <b>CUARZOMONZONITA</b> |
|---------------|-------|--------------------|-------|--------------------|-------|------------------------|

|                          |   |   |
|--------------------------|---|---|
| <b>Muestra</b>           | <b>LB43606@157</b>  |  |
| <b>Unidad Litológica</b> | <b>Cuarzomonzonita</b>  |   |
| <b>Coordenadas</b>       | 100.780 m N / 100.704,21 m E<br>19 H / Sistema coordinado local |   |
| <b>Sondaje</b>           | LB43606   |   |
| <b>Elevación / Metro</b> | 3.642,4 m / 157 m   |   |
| <b>Textura</b>           | Hipidiomorfica equigranular de grano medio (1 a 2 mm)           |   |

### DESCRIPCIÓN GENERAL

Roca intrusiva de color blanco rosáceo en superficie fresca y blanco grisáceo en superficie alterada, con textura hipidiomorfica equigranular de grano medio (1-2 mm), constituida de forma normalizada por plagioclasa (43,8%), feldespato potásico (37,5%) y cuarzo (18,8%).

La mineralización de cobre se encuentra diseminada, principalmente calcopirita, en cambio la molibdenita se encuentra disemina en forma local a lo largo del sondaje.

La alteración es principalmente potásica intensa, y una cloritización y argilización leve sobreimpuesta.

**Ley de Cobre:** 0,34%

| <b>Composición</b> | <b>%</b> | <b>Tamaño (mm)</b> | <b>Forma</b> |
|--------------------|----------|--------------------|--------------|
| Cuarzo             | 15       | 0,1-1,5            | Anhedral     |
| Plagioclasa        | 35       | 0,3-2              | Subhedral    |
| Microclina         | 30       | 0,3-1              | Anhedral     |
| Biotita            | 9        | 0,3-1              | Euhedral     |
| Clorita            | 2        | 0,3-0,5            | Anhedral     |
| Arcillas           | 2        | 0,1-0,5            | Anhedral     |
| Máficos            | 5        | 0,3-2              | Anhedral     |
| Calcopirita        | 1        | <1                 | Anhedral     |
| Pirita             | 1        | <1                 | Subhedral    |

### COMPOSICIÓN NORMALIZADA CLASTOS (STRECKEISEN, 1976)

|               |       |                    |       |                    |       |                        |
|---------------|-------|--------------------|-------|--------------------|-------|------------------------|
| <b>Cuarzo</b> | 18,8% | <b>Plagioclasa</b> | 43,8% | <b>F. Potásico</b> | 37,5% | <b>CUARZOMONZONITA</b> |
|---------------|-------|--------------------|-------|--------------------|-------|------------------------|

|                          |  |   |
|--------------------------|--|---|
| <b>Muestra</b>           | <b>LB140083@226,5</b>  |  |
| <b>Unidad Litológica</b> | <b>Cuarzomonzonita</b>   |   |
| <b>Coordenadas</b>       | 98.025 m N / 100.925,21 m E<br>19 H / Sistema coordinado local |   |
| <b>Sondaje</b>           | LB140083   |   |
| <b>Elevación / Metro</b> | 3.928 m / 226,5 m  |   |
| <b>Textura</b>           | Hipidiomorfica equigranular de grano medio a grueso (1 a 3 mm) |   |

### DESCRIPCIÓN GENERAL

Roca intrusiva de color blanco rosáceo en superficie fresca y gris rosáceo en superficie alterada, con textura hipidiomorfica equigranular de grano medio a grueso (1-3 mm), constituida de forma normalizada por plagioclasa (48,7%), feldespato potásico (34,2%) y cuarzo (17,1%). A la mineralogía anteriormente descrita destacan lóbulos de turmalina y albita con mineralización.

La mineralización de cobre se encuentra diseminada en los lóbulos, principalmente calcopirita y en vetillas finas (1 mm de espesor) con especularita. En cambio la molibdenita se encuentra diseminada en forma localizada a lo largo de la muestra.

La alteración es principalmente potásica intensa, acompañada de una albitización, marcada por el desarrollo de lóbulos con turmalina. Finalmente, se observa una argilización leve sobre impuesta.

**Ley de Cobre: 0,27%**

| <b>Composición</b> | <b>%</b> | <b>Tamaño (mm)</b> | <b>Forma</b> |
|--------------------|----------|--------------------|--------------|
| Cuarzo             | 13       | 0,1-1,5            | Anhedral     |
| Plagioclasa        | 37       | 0,5-3              | Subhedral    |
| Microclina         | 26       | 0,5-1,5            | Anhedral     |
| Turmalina          | 12       | 0,5-3              | Subhedral    |
| Biotita            | 5        | 0,5-1              | Euhedral     |
| Máficos            | 5        | 0,3-1,5            | Anhedral     |
| Calcopirita        | 0,8      | <1                 | Anhedral     |
| Pirita             | 1,2      | <1                 | Anhedral     |

### COMPOSICIÓN NORMALIZADA CLASTOS (STRECKEISEN, 1976)

|               |       |                    |       |                    |       |                        |
|---------------|-------|--------------------|-------|--------------------|-------|------------------------|
| <b>Cuarzo</b> | 17,1% | <b>Plagioclasa</b> | 48,7% | <b>F. Potásico</b> | 34,2% | <b>CUARZOMONZONITA</b> |
|---------------|-------|--------------------|-------|--------------------|-------|------------------------|

## DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA BRECHA DONOSO

|   |   |                    |              |   |           |                         |              |
|---|---|--------------------|--------------|---|-----------|-------------------------|--------------|
| <b>Muestra</b>  | LB43606@49  |                    |              |  |           |                         |              |
| <b>Unidad Litológica</b>  | Brecha Donoso   |                    |              |   |           |                         |              |
| <b>Coordenadas</b>  | 100.780 m N / 100.704,21 m E<br>19 H / Sistema coordinado local |                    |              |   |           |                         |              |
| <b>Sondaje</b>  | LB43606   |                    |              |   |           |                         |              |
| <b>Elevación / Metro</b>  | 3.642,4 m / 49 m  |                    |              |   |           |                         |              |
| <b>CLASTOS</b>  |   |                    |              |   |           |                         |              |
| <b>Composición</b>  | Cuarzomonzonita? (60%)  |                    |              |   |           |                         |              |
| <b>Forma</b>  | Angulares y subangulares  |                    |              |   |           |                         |              |
| <b>Tamaño</b>   | 2-100 mm  |                    |              |   |           |                         |              |
| <b>Textura</b>  | Obliterada  |                    |              |   |           |                         |              |
| <b>MATRIZ</b>   |   |                    |              |   |           |                         |              |
| Gris oscuro a negra (40%), constituido principalmente por turmalina y minerales máficos.  |   |                    |              |   |           |                         |              |
| <b>DESCRIPCIÓN GENERAL</b>  |   |                    |              |   |           |                         |              |
| <p>Brecha hidrotermal de color gris oscuro, constituido en un 60% por clastos de roca intrusiva gris en superficie fresca y gris claro en superficie alterada. La textura de los clastos esta obliterada por los proceso de alteraciones posteriores. Además, dado que la mineralogía original ha sido modificada por los sucesivos procesos de alteración, pero su tamaño de grano, color y minerales de alteración, hacen proponer que la composición de los clastos pertenece a la Unidad litológica Cuarzomonzonita.</p> <p>La matriz (40%), se caracteriza por un color negro. Constituida por un alto contenido turmalina negra, cuarzo, especularita y sulfuros diseminados.</p> <p>En términos generales la roca tiene una alteración cuarzo-sericita moderada a fuerte, que en algunos casos oblitera la mineralogía original. Locamente, se distingue una argilización leve en clastos y silicificación en algunos. La mineralización de cobre se encuentra diseminada tanto en clastos como matriz</p> |   |                    |              |   |           |                         |              |
| <b>Ley de Cobre: 0,68%</b>  |   |                    |              |   |           |                         |              |
| <b>CLASTOS</b>  |   |                    |              | <b>MATRIZ</b>   |           |                         |              |
| <b>Composición</b>  | <b>%</b>  | <b>Tamaño (mm)</b> | <b>Forma</b> | <b>Composición</b>  | <b>%</b>  | <b>Tamaño (mm)</b>      | <b>Forma</b> |
| Cuarzo secundario   | 35  | 0,1-1,5            | Anhedral     | Turmalina   | 30        | -                       | Anhedral     |
| Arcillas  | 5   | 0,1-0,3            | Anhedral     | Cuarzo  | 4,7       | 0,1-0,5                 | Anhedral     |
| Plagioclasa   | 18,2  | 0,3-1,5            | Subhedral    | Plagioclasas  | 2         | 0,1-1                   | Subhedral    |
| Calcopirita   | 0,8   | 0,5-2              | Anhedral     | Especularita  | 0,3       | 0,3-1                   | Anhedral     |
| Pirita  | 1   | 1                  | subhedral    | Calcopirita   | 2         | <1                      | Anhedral     |
|   |   |                    |              | Pirita  | 3         | <1                      | Subhedral    |
| <b>COMPOSICIÓN NORMALIZADA CLASTOS (STRECKEISEN, 1976)</b>  |   |                    |              |   |           |                         |              |
| <b>Cuarzo</b>   | <b>-%</b>   | <b>Plagioclasa</b> | <b>-%</b>    | <b>F. Potásico</b>  | <b>-%</b> | <b>CUARZOMONZONITA?</b> |              |

|  |   |                    |              |   |          |                        |              |
|--|---|--------------------|--------------|---|----------|------------------------|--------------|
| <b>Muestra</b>   | <b>LB43606@93</b>   |                    |              |  |          |                        |              |
| <b>Unidad Litológica</b>   | <b>Brecha Donoso</b>  |                    |              |   |          |                        |              |
| <b>Coordenadas</b>   | 100.780 m N / 100.704,21 m E<br>19 H / Sistema coordenado local |                    |              |   |          |                        |              |
| <b>Sondaje</b>   | LB43606   |                    |              |   |          |                        |              |
| <b>Elevación / Metro</b>   | 3.642,4 m / 93 m  |                    |              |   |          |                        |              |
| <b>CLASTOS</b>   |   |                    |              |   |          |                        |              |
| <b>Composición</b>   | Cuarzomonzonita (55%)   |                    |              |   |          |                        |              |
| <b>Forma</b>   | Angulares y subangulares  |                    |              |   |          |                        |              |
| <b>Tamaño</b>  | 2-50 mm   |                    |              |   |          |                        |              |
| <b>Textura</b>   | Hipidiomorfica equigranular de grano medio (1 a 2 mm)           |                    |              |   |          |                        |              |
| <b>MATRIZ</b>  |   |                    |              |   |          |                        |              |
| Gris oscuro a negra (45%), constituido principalmente por turmalina y minerales máficos.   |   |                    |              |   |          |                        |              |
| <b>DESCRIPCIÓN GENERAL</b>   |   |                    |              |   |          |                        |              |
| <p>Brecha hidrotermal de color blanco grisáceo, constituida en un 55% por clastos de roca intrusiva blanco rosáceo en superficie fresca y blanco amarillento en superficie alterada. La textura de estos clastos es en general hipidiomorfica equigranular de grano medio (1-2 mm), compuesta de forma normalizada por plagioclasa (48,8%), feldespato potásico (30,2%) y cuarzo (20,9%), que le otorga una composición de cuarzomonzonita (Streckeisen, 1976). Además de los minerales anteriormente mencionados, se distingue biotita, clorita de alteración en biotitas, y máficos.</p> <p>La matriz de la muestra (45%), se caracteriza por su tonalidad oscura. Constituida por un alto contenido turmalina negra, cuarzo, especularita y sulfuros diseminados.</p> <p>En términos generales los clastos poseen una alteración cuarzo-sericita moderada a fuerte, que en algunos casos oblitera la mineralogía original. Locamente, se distingue una cloritización leve. La mineralización de cobre se encuentra diseminada tanto en clastos como matriz (Calcopirita).</p> |   |                    |              |   |          |                        |              |
| <b>Ley de Cobre: 0,85%</b>   |   |                    |              |   |          |                        |              |
| <b>CLASTOS</b>   |   |                    |              | <b>MATRIZ</b>   |          |                        |              |
| <b>Composición</b>   | <b>%</b>  | <b>Tamaño (mm)</b> | <b>Forma</b> | <b>Composición</b>  | <b>%</b> | <b>Tamaño (mm)</b>     | <b>Forma</b> |
| Cuarzo   | 9   | 0,1-1,5            | Anhedral     | Turmalina   | 31       | -                      | Anhedral     |
| Plagioclasa  | 21  | 0,3-2              | Subhedral    | Cuarzo  | 3        | 0,5-1,5                | Anhedral     |
| Microclina   | 13  | 0,3-0,5            | Anhedral     | Plagioclasa   | 4        | 0,2-0,5                | Subhedral    |
| Biotita  | 3,8   | 0,5                | Euhedral     | Especularita  | 1,7      | 0,2-0,5                | Subhedral    |
| Máficos  | 2   | 0,5                | Anhedral     | Máficos   | 0,3      | 0,3-1                  | Anhedral     |
| Calcopirita  | 2   | <1                 | Anhedral     | Calcopirita   | 3        | <1                     | Anhedral     |
| Pirita   | 2   | <1                 | Subhedral    | Pirita  | 2        | <0,5                   | Subhedral    |
| Arcillas   | 2,2   | <1                 | Anhedral     |   |          |                        |              |
| <b>COMPOSICIÓN NORMALIZADA CLASTOS (STRECKEISEN, 1976)</b>   |   |                    |              |   |          |                        |              |
| <b>Cuarzo</b>  | 20,9%   | <b>Plagioclasa</b> | 48,8%        | <b>F. Potásico</b>  | 30,2%    | <b>CUARZOMONZONITA</b> |              |

## DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA BRECHA CENTRAL

|  |  |                    |              |                    |          |                        |              |
|--|--|--------------------|--------------|--------------------|----------|------------------------|--------------|
| <b>Muestra</b>   | <b>LB17808@59</b>  |                    |              |                    |          |                        |              |
| <b>Unidad Litológica</b>   | <b>Brecha Central</b>  |                    |              |                    |          |                        |              |
| <b>Coordenadas</b>   | 99.618,5 m N / 100.659,21 m E<br>19 H / Sistema coordinado local |                    |              |                    |          |                        |              |
| <b>Sondaje</b>   | LB17808  |                    |              |                    |          |                        |              |
| <b>Elevación / Metro</b>   | 3.313,29 m / 59 m  |                    |              |                    |          |                        |              |
| <b>CLASTOS</b>   |  |                    |              |                    |          |                        |              |
| <b>Composición</b>   | Cuarzomonzonita (37,5%)  |                    |              |                    |          |                        |              |
| <b>Forma</b>   | Subangulares   |                    |              |                    |          |                        |              |
| <b>Tamaño</b>  | 5-40 mm  |                    |              |                    |          |                        |              |
| <b>Textura</b>   | Hipidiomorfica equigranular de grano medio (1 a 2 mm)            |                    |              |                    |          |                        |              |
| <b>MATRIZ</b>  |  |                    |              |                    |          |                        |              |
| Gris oscura a negra (62,5%), constituido principalmente por turmalina y minerales máficos.   |  |                    |              |                    |          |                        |              |
| <b>DESCRIPCIÓN GENERAL</b>   |  |                    |              |                    |          |                        |              |
| Brecha hidrotermal de color blanco grisáceo, constituida en un 37,5% por clastos de roca intrusiva de color blanco rosáceo en superficie fresca y blanco grisáceo en superficie alterada. La textura de los clastos es en general hipidiomorfica equigranular de grano medio (1-2 mm), compuesta de forma normalizada por plagioclasa (52,4%), feldespato potásico (28,6%) y cuarzo (19%), que corresponde a una composición de Cuarzomonzonita (Streckeisen, 1976). Además de los minerales anteriormente mencionados, se distingue biotita, clorita, especularita y máficos. |  |                    |              |                    |          |                        |              |
| La matriz de la muestra (62,5%), se caracteriza por su tonalidad gris oscura a negra localmente. Constituida por turmalina y localmente especularita, sulfuros, polvo de roca y máficos.   |  |                    |              |                    |          |                        |              |
| La roca posee una alteración potásica y fílica. Localmente se distingue una incipiente cloritización. La mineralización de cobre se encuentra diseminada y en vetillas con especularita (calcopirita).   |  |                    |              |                    |          |                        |              |
| <b>Ley de Cobre: 0,17%</b>   |  |                    |              |                    |          |                        |              |
| <b>CLASTOS</b>   |  |                    |              | <b>MATRIZ</b>      |          |                        |              |
| <b>Composición</b>   | <b>%</b>   | <b>Tamaño (mm)</b> | <b>Forma</b> | <b>Composición</b> | <b>%</b> | <b>Tamaño (mm)</b>     | <b>Forma</b> |
| Cuarzo   | 4  | 0,1-0,5            | Anhedral     | Turmalina          | 32       | -                      | Anhedral     |
| Plagioclasa  | 11   | 0,3-2              | Subhedral    | Máficos            | 18       | -                      | Anhedral     |
| Microclina   | 6  | 0,3-0,5            | Anhedral     | Especularita       | 6        | 0,5                    | Subhedral    |
| Biotita  | 10   | 0,5                | Subhedral    | Polvo de roca      | 5        | 0,1-0,5                | Anhedral     |
| Clorita  | 2  | 0,1-0,5            | Subhedral    | Calcopirita        | 0,5      | <1                     | Anhedral     |
| Especularita   | 3  | 0,1-0,5            | Subhedral    | Pirita             | 1        | <1                     | Anhedral     |
| Calcopirita  | 0,5  | <1                 | Anhedral     |                    |          |                        |              |
| Pirita   | 1  | <1                 | Anhedral     |                    |          |                        |              |
| <b>COMPOSICIÓN NORMALIZADA CLASTOS (STRECKEISEN, 1976)</b>   |  |                    |              |                    |          |                        |              |
| <b>Cuarzo</b>  | 19%  | <b>Plagioclasa</b> | 52,4%        | <b>F. Potásico</b> | 28,6%    | <b>CUARZOMONZONITA</b> |              |

|  |   |                    |              |   |          |                        |              |
|--|---|--------------------|--------------|---|----------|------------------------|--------------|
| <b>Muestra</b>   | <b>LB47406@98</b>   |                    |              |  |          |                        |              |
| <b>Unidad Litológica</b>   | <b>Brecha Central</b>   |                    |              |   |          |                        |              |
| <b>Coordenadas</b>   | 100.296 m N / 100.439 m E<br>19 H / Sistema coordinado local                |                    |              |   |          |                        |              |
| <b>Sondaje</b>   | LB47406   |                    |              |   |          |                        |              |
| <b>Elevación / Metro</b>   | 3.587 m / 98 m  |                    |              |   |          |                        |              |
| <b>CLASTOS</b>   |   |                    |              |   |          |                        |              |
| <b>Composición</b>   | Cuarzomonzonita (8%)  |                    |              |   |          |                        |              |
| <b>Forma</b>   | Angulares y subangulares  |                    |              |   |          |                        |              |
| <b>Tamaño</b>  | 2-10 mm   |                    |              |   |          |                        |              |
| <b>Textura</b>   | Hipidiomorfica equigranular de grano fino (<math>\phi = 1\text{ mm}</math>) |                    |              |   |          |                        |              |
| <b>MATRIZ</b>  |   |                    |              |   |          |                        |              |
| Gris oscuro a negra (92%), constituido principalmente por turmalina y minerales máficos.   |   |                    |              |   |          |                        |              |
| <b>DESCRIPCIÓN GENERAL</b>   |   |                    |              |   |          |                        |              |
| Brecha hidrotermal de color grisáceo a negro, constituida en un 8 % por clastos de roca intrusiva de color blanco grisáceo en superficie fresca y gris claro en superficie alterada. La textura de estos clastos es en general hipidiomorfica equigranular de grano fino (<math>\phi = 1\text{ mm}</math>), compuesta de forma normalizada por plagioclasa (50%), Feldespato Potásico (33,3%) y cuarzo (16,7%), que le otorga la composición de Cuarzomonzonita (Streckeisen, 1976). Además de los minerales anteriormente mencionados, se distingue biotita y máficos indeterminados. |   |                    |              |   |          |                        |              |
| La matriz de la muestra (92%), se caracteriza por su tonalidad gris oscura a negra. Constituida por un alto contenido en turmalina y locamente especularita.   |   |                    |              |   |          |                        |              |
| En términos generales los clastos poseen una alteración potásica y fílica. La mineralización de cobre se encuentra ausente en los clastos pero diseminada en matriz (calcopirita)  |   |                    |              |   |          |                        |              |
| <b>Ley de Cobre: 0,17%</b>   |   |                    |              |   |          |                        |              |
| <b>CLASTOS</b>   |   |                    |              | <b>MATRIZ</b>   |          |                        |              |
| <b>Composición</b>   | <b>%</b>  | <b>Tamaño (mm)</b> | <b>Forma</b> | <b>Composición</b>  | <b>%</b> | <b>Tamaño (mm)</b>     | <b>Forma</b> |
| Cuarzo   | 1   | 0,1-0,5            | Anhedral     | Turmalina   | 60       | -                      | Anhedral     |
| Plagioclasa  | 3   | 0,3-1              | Subhedral    | Máficos   | 29       | -                      | Anhedral     |
| Microclina   | 2   | 0,3-0,5            | Anhedral     | Especularita  | 2,5      | 0,5                    | Subhedral    |
| Biotita  | 0,5   | 0,5                | Euhedral     | Calcopirita   | 0,5      | 0,5                    | Anhedral     |
| Máficos  | 1,5   | 0,5                | Anhedral     |   |          |                        |              |
| <b>COMPOSICIÓN NORMALIZADA CLASTOS (STRECKEISEN, 1976)</b>   |   |                    |              |   |          |                        |              |
| <b>Cuarzo</b>  | 16,7%   | <b>Plagioclasa</b> | 50%          | <b>F. Potásico</b>  | 33,3%    | <b>CUARZOMONZONITA</b> |              |

|  |  |                    |              |   |          |                        |              |
|--|--|--------------------|--------------|---|----------|------------------------|--------------|
| <b>Muestra</b>   | <b>LB14408@150</b>   |                    |              |  |          |                        |              |
| <b>Unidad Litológica</b>   | <b>Brecha Central</b>  |                    |              |   |          |                        |              |
| <b>Coordenadas</b>   | 99.849,5 m N / 100.600,21 m E<br>19 H / Sistema coordenado local |                    |              |   |          |                        |              |
| <b>Sondaje</b>   | LB14408  |                    |              |   |          |                        |              |
| <b>Elevación / Metro</b>   | 3.520,5 m / 150 m  |                    |              |   |          |                        |              |
| <b>CLASTOS</b>   |  |                    |              |   |          |                        |              |
| <b>Composición</b>   | Cuarzomonzonita (77%)  |                    |              |   |          |                        |              |
| <b>Forma</b>   | Subangulares   |                    |              |   |          |                        |              |
| <b>Tamaño</b>  | 5-80 mm  |                    |              |   |          |                        |              |
| <b>Textura</b>   | Hipidiomorfa equigranular de grano medio (1 mm)                  |                    |              |   |          |                        |              |
| <b>MATRIZ</b>  |  |                    |              |   |          |                        |              |
| Gris oscuro a negra (23%), constituido principalmente por turmalina y minerales máficos.   |  |                    |              |   |          |                        |              |
| <b>DESCRIPCIÓN GENERAL</b>   |  |                    |              |   |          |                        |              |
| <p>Brecha hidrotermal de color blanco grisáceo, constituida en un 77% por clastos de roca intrusiva de color blanco rosáceo en superficie fresca y blanco grisáceo en superficie alterada. La textura de estos clastos es hipidiomorfa equigranular de grano fino (1 mm), compuesta de forma normalizada por plagioclasa (56,3%), feldespato potásico (25,4%) y cuarzo (18,3%), que le otorga la composición de cuarzomonzonita (Streckeisen, 1976). Además de los minerales anteriormente mencionados, se distingue biotita, clorita (alteración de biotita) y máficos.</p> <p>La matriz (23%), se caracteriza por su tonalidad gris oscura a negra localmente. Constituida por un alto contenido en turmalina, sulfuros diseminados y máficos indiferenciados.</p> <p>En términos generales la roca tiene una alteración fílica intensa que en algunos casos oblitera la textura original. Locamente se distingue una incipiente cloritización en biotitas. La mineralización de cobre se encuentra desminada y en vetillas finas de 1 mm (calcopirita).</p> |  |                    |              |   |          |                        |              |
| <b>Ley de Cobre: 0,17%</b>   |  |                    |              |   |          |                        |              |
| <b>CLASTOS</b>   |  |                    |              | <b>MATRIZ</b>   |          |                        |              |
| <b>Composición</b>   | <b>%</b>   | <b>Tamaño (mm)</b> | <b>Forma</b> | <b>Composición</b>  | <b>%</b> | <b>Tamaño (mm)</b>     | <b>Forma</b> |
| Cuarzo   | 13   | 0,1-1,5            | Anhedral     | Turmalina   | 16       | -                      | Anhedral     |
| Plagioclasa  | 40   | 0,5-2              | Subhedral    | Máficos   | 6        | -                      | Anhedral     |
| Microclina   | 18   | 0,3-1              | Anhedral     | Calcopirita   | 0,5      | <0,5                   | Anhedral     |
| Biotita  | 3  | 0,3-1              | Euhedral     | Pirita  | 0,5      | <0,5                   | Anhedral     |
| Máficos  | 1  | 0,3                | Anhedral     |   |          |                        |              |
| Calcopirita  | 0,5  | <0,5               | Anhedral     |   |          |                        |              |
| Pirita   | 1,5  | <0,5               | Anhedral     |   |          |                        |              |
| <b>COMPOSICIÓN NORMALIZADA CLASTOS (STRECKEISEN, 1976)</b>   |  |                    |              |   |          |                        |              |
| <b>Cuarzo</b>  | 18,3%  | <b>Plagioclasa</b> | 56,3%        | <b>F. Potásico</b>  | 25,4%    | <b>CUARZOMONZONITA</b> |              |

|   |  |                    |              |                    |          |                    |              |
|---|--|--------------------|--------------|--------------------|----------|--------------------|--------------|
| <b>Muestra</b>  | <b>LB17808@70</b>  |                    |              |                    |          |                    |              |
| <b>Unidad Litológica</b>  | <b>Brecha Occidente</b>  |                    |              |                    |          |                    |              |
| <b>Coordenadas</b>  | 99.618,5 m N / 100.659,21 m E<br>19 H / Sistema coordenado local |                    |              |                    |          |                    |              |
| <b>Sondaje</b>  | LB17808  |                    |              |                    |          |                    |              |
| <b>Elevación / Metro</b>  | 3.313,29 m / 70 m  |                    |              |                    |          |                    |              |
| <b>CLASTOS</b>  |  |                    |              |                    |          |                    |              |
| <b>Composición</b>  | Cuarzomonzonita (70%)  |                    |              |                    |          |                    |              |
| <b>Forma</b>  | Subangulares   |                    |              |                    |          |                    |              |
| <b>Tamaño</b>   | 5-25 mm  |                    |              |                    |          |                    |              |
| <b>Textura</b>  | Hipidiomorfica equigranular de grano medio (1 a 2 mm)            |                    |              |                    |          |                    |              |
| <b>MATRIZ</b>   |  |                    |              |                    |          |                    |              |
| Gris verdosa (30%), constituido principalmente por turmalina, polvo de roca y minerales máficos.  |  |                    |              |                    |          |                    |              |
| <b>DESCRIPCIÓN GENERAL</b>  |  |                    |              |                    |          |                    |              |
| Brecha hidrotermal de color gris verdoso, constituido en un 70% por clastos de roca intrusiva blanco verdoso en superficie fresca y gris amarillento en superficie alterada. La textura de estos clastos es en general hipidiomorfica equigranular de grano medio (1-2 mm), compuesta de forma normalizada por plagioclasa (44,1%), feldespato potásico (37,3%) y cuarzo (18,6%), que le otorga la composición de cuarzomonzonita (Streckeisen, 1976). Además de los minerales anteriormente mencionados, se distingue biotita, clorita, especularita y máficos indeterminados. |  |                    |              |                    |          |                    |              |
| La matriz de la muestra (30%), se caracteriza por su tonalidad gris oscura con tonalidad verdosa. Constituida por un alto contenido en polvo de roca, clorita, turmalina, especularita y sulfuros diseminados y máficos indiferenciados. En términos generales la roca posee una alteración potásica y una posterior cloritización moderada a intensa. La mineralización de cobre se encuentra desminada tanto en matriz como en clastos (calcopirita).   |  |                    |              |                    |          |                    |              |
| <b>Ley de Cobre:</b> 0,17%  |  |                    |              |                    |          |                    |              |
| <b>CLASTOS</b>  |  |                    |              | <b>MATRIZ</b>      |          |                    |              |
| <b>Composición</b>  | <b>%</b>   | <b>Tamaño (mm)</b> | <b>Forma</b> | <b>Composición</b> | <b>%</b> | <b>Tamaño (mm)</b> | <b>Forma</b> |
| Cuarzo  | 11   | 0,1-1,5            | Subhedral    | Turmalina          | 8        | -                  | Anhedral     |
| Plagioclasa   | 26   | 0,3-2              | Subhedral    | Máficos            | 5        | -                  | Anhedral     |
| Microclina  | 22   | 0,3-0,5            | Anhedral     | Especularita       | 5,5      | 0,5                | Subhedral    |
| Biotita   | 2  | 0,3                | Euhedral     | Polvo de roca      | 5        | <0,5               | Anhedral     |
| Clorita   | 3  | 0,2-0,5            | Anhedral     | Clorita            | 5        | <0,5               | Anhedral     |
| Especularita  | 2  | 0,1-0,5            | Subhedral    | Calcopirita        | 0,6      | <0,5               | Anhedral     |
| Máficos   | 2,5  | 0,5                | Anhedral     | Pirita             | 1        | <0,5               | Anhedral     |
| Calcopirita   | 0,4  | <0,5               | Anhedral     |                    |          |                    |              |
| Pirita  | 1  | <0,5               | Anhedral     |                    |          |                    |              |
| <b>COMPOSICIÓN NORMALIZADA CLASTOS (STRECKEISEN, 1976)</b>  |  |                    |              |                    |          |                    |              |
| <b>Cuarzo</b>   | 18,6%  | <b>Plagioclasa</b> | 44,1%        | <b>F. Potásico</b> | 37,3%    | Cuarzomonzonita    |              |



|  |  |                    |              |   |          |                        |              |
|--|--|--------------------|--------------|---|----------|------------------------|--------------|
| <b>Muestra</b>   | <b>LB47406@138,2</b>   |                    |              |  |          |                        |              |
| <b>Unidad Litológica</b>   | <b>Brecha Occidente</b>                                      |                    |              |   |          |                        |              |
| <b>Coordenadas</b>   | 100.296 m N / 100.439 m E<br>19 H / Sistema coordenado local |                    |              |   |          |                        |              |
| <b>Sondaje</b>   | LB47406  |                    |              |   |          |                        |              |
| <b>Elevación / Metro</b>   | 3.587 m /138,2 m   |                    |              |   |          |                        |              |
| <b>CLASTOS</b>   |  |                    |              |   |          |                        |              |
| <b>Composición</b>   | Cuarzomonzonita (37,5%)                                      |                    |              |   |          |                        |              |
| <b>Forma</b>   | Angulares y subangulares                                     |                    |              |   |          |                        |              |
| <b>Tamaño</b>  | 5-40 mm  |                    |              |   |          |                        |              |
| <b>Textura</b>   | Hipidiomorfica equigranular de grano medio (1 a 2 mm)        |                    |              |   |          |                        |              |
| <b>MATRIZ</b>  |  |                    |              |   |          |                        |              |
| Gris oscura a negra (62,5%), constituido principalmente por turmalina y minerales máficos.   |  |                    |              |   |          |                        |              |
| <b>DESCRIPCIÓN GENERAL</b>   |  |                    |              |   |          |                        |              |
| <p>Brecha hidrotermal de color gris verdoso, constituido en un 37,5% por clastos de roca intrusiva blanco verdoso en superficie fresca y amarillo verdoso en superficie alterada. La textura de estos clastos es en general hipidiomorfica equigranular de grano medio (1-2 mm), compuesta de forma normalizada por plagioclasa (52,4%), feldespatos potásico (28,6%) y cuarzo (19%), que le otorga la composición de Cuarzomonzonita (Streckeisen, 1976). Además de los minerales anteriormente mencionados, se distingue biotita, clorita, especularita y máficos indeterminados.</p> <p>La matriz de la muestra (62,5%), se caracteriza por su tonalidad gris oscura a negra localmente, con textura afanática. Constituida por un alto contenido en turmalina y locamente especularita, sulfuros y máficos indiferenciados. En términos generales la roca tiene una alteración potásica y fílica en forma generalizada. Locamente se distingue una incipiente cloritización. La mineralización de cobre se encuentra desminada y en vetillas de especularita (principalmente Calcopirita).</p> |  |                    |              |   |          |                        |              |
| <b>Ley de Cobre: 0,17%</b>   |  |                    |              |   |          |                        |              |
| <b>CLASTOS</b>   |  |                    |              | <b>MATRIZ</b>   |          |                        |              |
| <b>Composición</b>   | <b>%</b>   | <b>Tamaño (mm)</b> | <b>Forma</b> | <b>Composición</b>  | <b>%</b> | <b>Tamaño (mm)</b>     | <b>Forma</b> |
| Cuarzo   | 4  | 0,1-1,5            | Subhedral    | Turmalina   | 26       | -                      | Anhedral     |
| Plagioclasa  | 11   | 0,3-2              | Subhedral    | Máficos   | 19       | -                      | Anhedral     |
| Microclina   | 6  | 0,3-1              | Anhedral     | Polvo de roca   | 5        | <0,5                   | Anhedral     |
| Biotita  | 7  | 0,5                | Euhedral     | Clorita   | 5        | <0,5                   | Anhedral     |
| Clorita  | 3  | 0,1-0,5            | Anhedral     | Especularita  | 6        | 0,5                    | Subhedral    |
| Especularita   | 3  | 0,1-0,5            | Subhedral    | Calcopirita   | 0,5      | <0,5                   | Anhedral     |
| Máficos  | 2  | 0,3                | Anhedral     | Pirita  | 1        | <0,5                   | Anhedral     |
| Calcopirita  | 0,5  | <1                 | Anhedral     |   |          |                        |              |
| Pirita   | 1  | <0,5               | Anhedral     |   |          |                        |              |
| <b>COMPOSICIÓN NORMALIZADA CLASTOS (STRECKEISEN, 1976)</b>   |  |                    |              |   |          |                        |              |
| <b>Cuarzo</b>  | 19%  | <b>Plagioclasa</b> | 52,4%        | <b>F. Potásico</b>  | 28,6%    | <b>CUARZOMONZONITA</b> |              |

|   |  |                    |              |   |           |                         |              |
|---|--|--------------------|--------------|---|-----------|-------------------------|--------------|
| <b>Muestra</b>  | <b>LB14408@136</b>   |                    |              |  |           |                         |              |
| <b>Unidad Litológica</b>  | <b>Brecha Occidente</b>  |                    |              |   |           |                         |              |
| <b>Coordenadas</b>  | 99.849,5 m N / 100.600,21 m E<br>19 H / Sistema coordenado local |                    |              |   |           |                         |              |
| <b>Sondaje</b>  | LB14408  |                    |              |   |           |                         |              |
| <b>Elevación / Metro</b>  | 3.520,5 m / 136 m  |                    |              |   |           |                         |              |
| <b>CLASTOS</b>  |  |                    |              |   |           |                         |              |
| <b>Composición</b>  | Cuarzomonzonita? (48%)   |                    |              |   |           |                         |              |
| <b>Forma</b>  | Subangulares   |                    |              |   |           |                         |              |
| <b>Tamaño</b>   | 5-25 mm  |                    |              |   |           |                         |              |
| <b>Textura</b>  | Hipidiomorfica equigranular de grano medio (1 a 2 mm)            |                    |              |   |           |                         |              |
| <b>MATRIZ</b>   |  |                    |              |   |           |                         |              |
| Gris oscura a negra (52%), constituido principalmente por turmalina y minerales máficos.  |  |                    |              |   |           |                         |              |
| <b>DESCRIPCIÓN GENERAL</b>  |  |                    |              |   |           |                         |              |
| Brecha hidrotermal de color gris verdoso, constituido en un 48% por clastos de roca intrusiva blanco rosáceo en superficie fresca y amarillo verdoso en superficie alterada. La textura de estos clastos esta oblitera por procesos de alteración posterior. Pero sobre la base de los minerales de alteración, se propone otorgarle la composición de Cuarzomonzonita. Además de los minerales anteriormente mencionados, se distingue biotita, clorita, especularita, anhidrita y máficos indeterminados. |  |                    |              |   |           |                         |              |
| La matriz de la muestra (52%), se caracteriza por su tonalidad gris oscura a negra localmente, con textura afanática. Constituida por un alto contenido en turmalina y locamente especularita, sulfuros y máficos indiferenciados.  |  |                    |              |   |           |                         |              |
| En términos generales la roca posee una alteración potásica y fílica en forma generalizada. Locamente se distingue una incipiente cloritización. La mineralización de cobre se encuentra desminada y en vetillas de especularita (principalmente Calcopirita).  |  |                    |              |   |           |                         |              |
| <b>Ley de Cobre: 0,1%</b>   |  |                    |              |   |           |                         |              |
| <b>CLASTOS</b>  |  |                    |              | <b>MATRIZ</b>   |           |                         |              |
| <b>Composición</b>  | <b>%</b>   | <b>Tamaño (mm)</b> | <b>Forma</b> | <b>Composición</b>  | <b>%</b>  | <b>Tamaño (mm)</b>      | <b>Forma</b> |
| Cuarzo secundario   | 9  | 0,5-1,5            | Subhedral    | Turmalina   | 12        | -                       | Anhedral     |
| Feldespatos   | 16   | 0,5-2              | Subhedral    | Máficos   | 7         | -                       | Anhedral     |
| Biotita   | 6,7  | 0,5-2              | Euhedral     | Especularita  | 5,5       | 0,5                     | Subhedral    |
| Clorita   | 5  | 0,5                | Subhedral    | Polvo de roca   | 7         | <1                      | Anhedral     |
| Anhidrita   | 5  | 10-20              | Anhedral     | Clorita   | 7         | 0,5-2                   | Anhedral     |
| Especularita  | 2  | 0,1-0,5            | Subhedral    | Calcopirita   | 0,6       | <1                      | Anhedral     |
| Máficos   | 3  | 0,1-1              | Anhedral     | Pirita  | 1         | <1                      | Anhedral     |
| Calcopirita   | 0,3  | <1                 | Anhedral     |   |           |                         |              |
| Pirita  | 1  | <1                 | Anhedral     |   |           |                         |              |
| <b>COMPOSICIÓN NORMALIZADA CLASTOS (STRECKEISEN, 1976)</b>  |  |                    |              |   |           |                         |              |
| <b>Cuarzo</b>   | <b>-%</b>  | <b>Plagioclasa</b> | <b>-%</b>    | <b>F. Potásico</b>  | <b>-%</b> | <b>CUARZOMONZONITA?</b> |              |

## DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA BRECHAS SUR

|  |   |                    |              |   |          |                     |              |
|--|---|--------------------|--------------|---|----------|---------------------|--------------|
| <b>Muestra</b>   | <b>LB140035@176</b>   |                    |              |  |          |                     |              |
| <b>Unidad Litológica</b>   | <b>Brecha Fantasma</b>                                      |                    |              |   |          |                     |              |
| <b>Coordenadas</b>   | 99.401 m N / 100.539 m E<br>19 H / Sistema coordenado local |                    |              |   |          |                     |              |
| <b>Sondaje</b>   | LB140035  |                    |              |   |          |                     |              |
| <b>Elevación / Metro</b>   | 3.206,59 m / 176 m  |                    |              |   |          |                     |              |
| <b>CLASTOS</b>   |   |                    |              |   |          |                     |              |
| <b>Composición</b>   | Monzogranito (89%) y Andesita (1%)                          |                    |              |   |          |                     |              |
| <b>Forma</b>   | Subangulares  |                    |              |   |          |                     |              |
| <b>Tamaño</b>  | 5-60 mm   |                    |              |   |          |                     |              |
| <b>Textura</b>   | hipidiomorfica equigranular de grano medio (1-2 mm)         |                    |              |   |          |                     |              |
| <b>MATRIZ</b>  |   |                    |              |   |          |                     |              |
| Blanca grisácea (10%), constituida principalmente por cuarzo.  |   |                    |              |   |          |                     |              |
| <b>DESCRIPCIÓN GENERAL</b>   |   |                    |              |   |          |                     |              |
| Brecha hidrotermal de color blanco grisáceo, constituida en un 90% por clastos de roca intrusiva blanco rosáceo en superficie fresca y blanco amarillento en superficie alterada. La textura de estos clastos es en general hipidiomorfica equigranular de grano medio (1-2 mm), compuesta de forma normalizada por plagioclasa (46,4%), feldespato potásico (32,2%) y cuarzo (21,4%), que le otorga una composición de monzogranito (Streckeisen, 1976). Además de los minerales anteriormente mencionados, se distingue biotita, clorita de alteración, y máficos. |   |                    |              |   |          |                     |              |
| La matriz de la muestra (10%), se caracteriza por su tonalidad similar a la de los clastos. Constituida por un alto contenido en cuarzo y arcillas.  |   |                    |              |   |          |                     |              |
| En términos generales la roca tiene una alteración cuarzo-sericita moderada a intensa, que dificulta la diferenciación de esta brecha de una roca perteneciente a la Unidad litológica Cuarzomonzonita. Locamente, se distingue una alteración superficial que le otorga la tonalidad amarilla. La mineralización de cobre se encuentra casi ausente.  |   |                    |              |   |          |                     |              |
| <b>Ley de Cobre: 0,14%</b>   |   |                    |              |   |          |                     |              |
| <b>CLASTOS (CUARZOMONZONITA)</b>   |   |                    |              | <b>MATRIZ</b>   |          |                     |              |
| <b>Composición</b>   | <b>%</b>  | <b>Tamaño (mm)</b> | <b>Forma</b> | <b>Composición</b>  | <b>%</b> | <b>Tamaño (mm)</b>  | <b>Forma</b> |
| Cuarzo   | 18  | 0,1-0,5            | Anhedral     | Cuarzo  | 9,5      | 0,5-1,5             | Anhedral     |
| Plagioclasa  | 39  | 0,3-2              | Subhedral    | Máficos   | 0,3      | 0,3-0,8             | Anhedral     |
| Microclina   | 27  | 0,3-0,5            | Anhedral     | Calcopirita   | 0,2      | <0,5                | Anhedral     |
| Biotita  | 3,8   | 0,3                | Subhedral    |   |          |                     |              |
| Máficos  | 2   | 0,3                | Anhedral     |   |          |                     |              |
| Calcopirita  | 0,2   | <0,5               | Anhedral     |   |          |                     |              |
| <b>COMPOSICIÓN NORMALIZADA CLASTOS (STRECKEISEN, 1976)</b>   |   |                    |              |   |          |                     |              |
| <b>Cuarzo</b>  | 21,4%   | <b>Plagioclasa</b> | 46,4%        | <b>F. Potásico</b>  | 32,2%    | <b>MONZOGRANITO</b> |              |

|  |  |                    |              |   |           |                         |              |
|--|--|--------------------|--------------|---|-----------|-------------------------|--------------|
| <b>Muestra</b>   | <b>LB140099@740</b>  |                    |              |  |           |                         |              |
| <b>Unidad Litológica</b>   | <b>Brecha Fantasma</b>   |                    |              |   |           |                         |              |
| <b>Coordenadas</b>   | 99.225,5 m N / 101.404,09 m E<br>19 H / Sistema coordenado local |                    |              |   |           |                         |              |
| <b>Sondaje</b>   | LB140099   |                    |              |   |           |                         |              |
| <b>Elevación / Metro</b>   | 3.955,78 m / 740 m   |                    |              |   |           |                         |              |
| <b>CLASTOS</b>   |  |                    |              |   |           |                         |              |
| <b>Composición</b>   | Cuarzomonzonita? (95%)   |                    |              |   |           |                         |              |
| <b>Forma</b>   | Subangulares   |                    |              |   |           |                         |              |
| <b>Tamaño</b>  | 15-80 mm   |                    |              |   |           |                         |              |
| <b>Textura</b>   | Obliterada   |                    |              |   |           |                         |              |
| <b>MATRIZ</b>  |  |                    |              |   |           |                         |              |
| Blanca grisácea (5%), constituida principalmente por cuarzo.   |  |                    |              |   |           |                         |              |
| <b>DESCRIPCIÓN GENERAL</b>   |  |                    |              |   |           |                         |              |
| Brecha hidrotermal de color blanco grisáceo, constituida en un 95% por clastos de roca intrusiva blanco rosáceo en superficie fresca y blanco amarillento en superficie alterada. La textura de los clastos se observa obliterada, por lo que no es posible determinar su composición. Sobre la base de la tonalidad y mineralogía de alteración, se propone que los clastos corresponden a la unidad Cuarzomonzonita. |  |                    |              |   |           |                         |              |
| La matriz de la muestra (5%), se caracteriza por su tonalidad similar a la de los clastos. Constituida por un alto contenido en cuarzo y en menor medida arcillas y sulfuros diseminados.  |  |                    |              |   |           |                         |              |
| En términos generales la roca posee una alteración cuarzo-sericita moderada a fuerte, que dificulta la diferenciación esta brecha de una roca perteneciente a la unidad litológica Cuarzomonzonita. La mineralización de cobre se encuentra casi ausente, exhibiendo un poco de calcopirita diseminada tanto en matriz como en clastos.  |  |                    |              |   |           |                         |              |
| <b>Ley de Cobre: 0,2%</b>  |  |                    |              |   |           |                         |              |
| <b>CLASTOS</b>   |  |                    |              | <b>MATRIZ</b>   |           |                         |              |
| <b>Composición</b>   | <b>%</b>   | <b>Tamaño (mm)</b> | <b>Forma</b> | <b>Composición</b>  | <b>%</b>  | <b>Tamaño (mm)</b>      | <b>Forma</b> |
| Cuarzo secundario  | 33   | 0,1-0,5            | Anhedral     | Cuarzo  | 3,2       | 0,5-1,5                 | Anhedral     |
| Plagioclasa  | 42   | 0,3-2              | Subhedral    | Calcopirita   | 0,3       | <0,5                    | Anhedral     |
| Arcillas   | 5  | 0,3-1,5            | Anhedral     | Arcillas  | 0,5       | <0,5                    | Anhedral     |
| Biotita  | 2  | 0,5                | Euhedral     |   |           |                         |              |
| Turmalina  | 6  | 0,5                | Anhedral     |   |           |                         |              |
| Calcopirita  | 0,3  | <0,5               | Anhedral     |   |           |                         |              |
| Pirita   | 1,7  | <0,5               | Subhedral    |   |           |                         |              |
| <b>COMPOSICIÓN NORMALIZADA CLASTOS (STRECKEISEN, 1976)</b>   |  |                    |              |   |           |                         |              |
| <b>Cuarzo</b>  | <b>-%</b>  | <b>Plagioclasa</b> | <b>-%</b>    | <b>F. Potásico</b>  | <b>-%</b> | <b>CUARZOMONZONITA?</b> |              |

|   |  |                    |              |                    |          |                        |              |
|---|--|--------------------|--------------|--------------------|----------|------------------------|--------------|
| <b>Muestra</b>  | <b>LB140099@328</b>  |                    |              |                    |          |                        |              |
| <b>Unidad Litológica</b>  | <b>Brecha Infiernillo</b>  |                    |              |                    |          |                        |              |
| <b>Coordenadas</b>  | 99.225,5 m N / 101.404,09 m E<br>19 H / Sistema coordenado local |                    |              |                    |          |                        |              |
| <b>Sondaje</b>  | LB140099   |                    |              |                    |          |                        |              |
| <b>Elevación / Metro</b>  | 3.955,78 m / 328 m   |                    |              |                    |          |                        |              |
| <b>CLASTOS</b>  |  |                    |              |                    |          |                        |              |
| <b>Composición</b>  | Cuarzomonzonita (88%)  |                    |              |                    |          |                        |              |
| <b>Forma</b>  | Subangulares   |                    |              |                    |          |                        |              |
| <b>Tamaño</b>   | 10-60 mm   |                    |              |                    |          |                        |              |
| <b>Textura</b>  | Hipidiomorfica equigranular de grano fino (1 mm)                 |                    |              |                    |          |                        |              |
| <b>MATRIZ</b>   |  |                    |              |                    |          |                        |              |
| Gris verdosa (12%), constituida principalmente por cuarzo, clorita, especularita y sulfuros.  |  |                    |              |                    |          |                        |              |
| <b>DESCRIPCIÓN GENERAL</b>  |  |                    |              |                    |          |                        |              |
| Brecha hidrotermal de color verde claro, constituida en un 88% por clastos de roca intrusiva blanco rosáceo en superficie fresca y blanco verdoso en superficie alterada. La textura de estos clastos es en general hipidiomorfica equigranular de grano fino (1 mm), compuesta de forma normalizada por plagioclasa (51,3%), feldespato potásico (30%) y cuarzo (18,8%), que le otorga una composición de cuarzomonzonita (Streckeisen, 1976). Además de los minerales anteriormente mencionados, se distingue biotita, clorita de alteración, especularita y máficos. |  |                    |              |                    |          |                        |              |
| La matriz de la muestra (12%), se caracteriza por su tonalidad similar a la de los clastos. Constituida por un alto contenido en cuarzo y especularita principalmente.  |  |                    |              |                    |          |                        |              |
| La roca tiene dos alteraciones principales (cloritización y silicificación moderada). La mineralización de cobre se dispone principalmente en vetas junto con especularita, pero también en forma diseminada tanto en matriz como clastos.  |  |                    |              |                    |          |                        |              |
| <b>Ley de Cobre: 0,14%</b>  |  |                    |              |                    |          |                        |              |
| <b>CLASTOS</b>  |  |                    |              | <b>MATRIZ</b>      |          |                        |              |
| <b>Composición</b>  | <b>%</b>   | <b>Tamaño (mm)</b> | <b>Forma</b> | <b>Composición</b> | <b>%</b> | <b>Tamaño (mm)</b>     | <b>Forma</b> |
| Cuarzo  | 15   | 0,1-0,5            | Anhedral     | Cuarzo             | 5,5      | 0,5-1,5                | Anhedral     |
| Plagioclasa   | 41   | 0,3-1              | Subhedral    | Máficos            | 0,5      | 0,3-0,8                | Anhedral     |
| Microclina  | 24   | 0,3-0,5            | Anhedral     | Calcopirita        | 0,7      | <0,5                   | Anhedral     |
| Biotita   | 3,5  | 0,2-0,4            | Euhedral     | Pirita             | 1,3      | <0,5                   | Subhedral    |
| Máficos   | 2  | 0,5                | Anhedral     | Especularita       | 2        | <0,5                   | Euhedral     |
| Calcopirita   | 0,7  | <0,5               | Anhedral     | Epidota            | 2        | <0,5                   | Anhedral     |
| Pirita  | 1,3  | 0,5                | Subhedral    |                    |          |                        |              |
| especularita  | 0,5  | 0,5                | Subhedral    |                    |          |                        |              |
| <b>COMPOSICIÓN NORMALIZADA CLASTOS (STRECKEISEN, 1976)</b>  |  |                    |              |                    |          |                        |              |
| <b>Cuarzo</b>   | 18,8%  | <b>Plagioclasa</b> | 51,3%        | <b>F. Potásico</b> | 30%      | <b>CUARZOMONZONITA</b> |              |



|   |  |                    |              |   |          |                        |              |
|---|--|--------------------|--------------|---|----------|------------------------|--------------|
| <b>Muestra</b>  | <b>LB140099@432</b>  |                    |              |  |          |                        |              |
| <b>Unidad Litológica</b>  | <b>Brecha Infiernillo</b>  |                    |              |   |          |                        |              |
| <b>Coordenadas</b>  | 99.225,5 m N / 101.404,09 m E<br>19 H / Sistema coordenado local |                    |              |   |          |                        |              |
| <b>Sondaje</b>  | LB140099   |                    |              |   |          |                        |              |
| <b>Elevación / Metro</b>  | 3.955,78 m / 432 m   |                    |              |   |          |                        |              |
| <b>CLASTOS</b>  |  |                    |              |   |          |                        |              |
| <b>Composición</b>  | Cuarzomonzonita (95%)  |                    |              |   |          |                        |              |
| <b>Forma</b>  | Subangulares   |                    |              |   |          |                        |              |
| <b>Tamaño</b>   | 10-80 mm   |                    |              |   |          |                        |              |
| <b>Textura</b>  | Hipidiomorfica equigranular de grano fino (1 mm)                 |                    |              |   |          |                        |              |
| <b>MATRIZ</b>   |  |                    |              |   |          |                        |              |
| Gris verdosa (5%), constituida principalmente por cuarzo, clorita, especularita y sulfuros.   |  |                    |              |   |          |                        |              |
| <b>DESCRIPCIÓN GENERAL</b>  |  |                    |              |   |          |                        |              |
| Brecha hidrotermal de color verde claro, constituida en un 95% por clastos de roca intrusiva blanco rosáceo en superficie fresca y blanco verdoso en superficie alterada. La textura de estos clastos es en general hipidiomorfica equigranular de grano fino (1 mm), compuesta de forma normalizada por plagioclasa (56,5%), feldespato potásico (28,2%) y cuarzo (15,3%), que le otorga una composición de cuarzomonzonita (Streckeisen, 1976). Además de los minerales anteriormente mencionados, se distingue biotita, clorita de alteración, especularita y máficos. |  |                    |              |   |          |                        |              |
| La matriz de la muestra (5%), se caracteriza por su tonalidad similar a la de los clastos. Constituida por cuarzo y especularita principalmente.  |  |                    |              |   |          |                        |              |
| La roca tiene dos alteraciones principales (cloritización y silicificación moderada). La mineralización de cobre se dispone principalmente en vetas junto con especularita, pero también en forma diseminada tanto en matriz como clastos.  |  |                    |              |   |          |                        |              |
| <b>Ley de Cobre: 0,14%</b>  |  |                    |              |   |          |                        |              |
| <b>CLASTOS</b>  |  |                    |              | <b>MATRIZ</b>   |          |                        |              |
| <b>Composición</b>  | <b>%</b>   | <b>Tamaño (mm)</b> | <b>Forma</b> | <b>Composición</b>  | <b>%</b> | <b>Tamaño (mm)</b>     | <b>Forma</b> |
| Cuarzo  | 13   | 0,1-0,5            | Anhedral     | Cuarzo  | 1,5      | 0,5-1,5                | Anhedral     |
| Plagioclasa   | 48   | 0,3-1              | Subhedral    | Máficos   | 0,3      | 0,3-0,8                | Anhedral     |
| Microclina  | 24   | 0,3-0,5            | Anhedral     | Calcopirita   | 0,7      | <0,5                   | Anhedral     |
| Biotita   | 3  | 0,2-0,4            | Euhedral     | Pirita  | 0,5      | <0,5                   | Subhedral    |
| Máficos   | 4,5  | 0,5                | Anhedral     | Especularita  | 2        | <0,5                   | Euhedral     |
| Calcopirita   | 0,7  | <0,5               | Anhedral     |   |          |                        |              |
| Pirita  | 1,3  | 0,5                | Subhedral    |   |          |                        |              |
| especularita  | 0,5  | 0,5                | Subhedral    |   |          |                        |              |
| <b>COMPOSICIÓN NORMALIZADA CLASTOS (STRECKEISEN, 1976)</b>  |  |                    |              |   |          |                        |              |
| <b>Cuarzo</b>   | 15,3%  | <b>Plagioclasa</b> | 56,5%        | <b>F. Potásico</b>  | 28,2%    | <b>CUARZOMONZONITA</b> |              |

|   |   |                    |              |   |          |                        |              |
|---|---|--------------------|--------------|---|----------|------------------------|--------------|
| <b>Muestra</b>  | <b>LB140099@580</b>   |                    |              |  |          |                        |              |
| <b>Unidad Litológica</b>  | <b>Brecha Anhidrita</b>                                     |                    |              |   |          |                        |              |
| <b>Coordenadas</b>  | 99.401 m N / 100.539 m E<br>19 H / Sistema coordenado local |                    |              |   |          |                        |              |
| <b>Sondaje</b>  | LB140099  |                    |              |   |          |                        |              |
| <b>Elevación / Metro</b>  | 3.206,59 m / 580 m  |                    |              |   |          |                        |              |
| <b>CLASTOS</b>  |   |                    |              |   |          |                        |              |
| <b>Composición</b>  | Cuarzomonzonita (65%)                                       |                    |              |   |          |                        |              |
| <b>Forma</b>  | Subangulares  |                    |              |   |          |                        |              |
| <b>Tamaño</b>   | 5-60 mm   |                    |              |   |          |                        |              |
| <b>Textura</b>  | Hipidiomorfa equigranular de grano medio (1 a 2 mm)         |                    |              |   |          |                        |              |
| <b>MATRIZ</b>   |   |                    |              |   |          |                        |              |
| Blanca rosáceo (35%), constituida principalmente por anhidrita.   |   |                    |              |   |          |                        |              |
| <b>DESCRIPCIÓN GENERAL</b>  |   |                    |              |   |          |                        |              |
| <p>Brecha hidrotermal de color blanco rosáceo, constituida en un 65% por clastos de roca intrusiva blanco rosáceo en superficie fresca y blanco grisáceo en superficie alterada. La textura de estos clastos es hipidiomorfa equigranular de grano medio (1-2 mm), compuesta de forma normalizada por plagioclasa (50,9%), feldespato potásico (30,9%) y cuarzo (18,2%), que le otorga una composición de cuarzomonzonita (Streckeisen, 1976). Además de los minerales anteriormente mencionados, se distingue biotita, clorita de alteración, y máficos.</p> <p>La matriz de la muestra (35%), se caracteriza por su tonalidad rosácea y constituirse por un alto contenido en anhidrita y en menor medida cuarzo especularita, molibdenita y sulfuros (principalmente pirita).</p> <p>En términos generales la roca posee una cloritización moderada en sus clastos. Locamente, se distingue una alteración anhidrita a yeso. La mineralización de cobre en forma diseminada tanto en matriz como en clastos.</p> |   |                    |              |   |          |                        |              |
| <b>Ley de Cobre: 0,34%</b>  |   |                    |              |   |          |                        |              |
| <b>CLASTOS</b>  |   |                    |              | <b>MATRIZ</b>   |          |                        |              |
| <b>Composición</b>  | <b>%</b>  | <b>Tamaño (mm)</b> | <b>Forma</b> | <b>Composición</b>  | <b>%</b> | <b>Tamaño (mm)</b>     | <b>Forma</b> |
| Cuarzo  | 13  | 0,1-1,5            | Anhedral     | Anhidrita   | 20       |                        | Subhedral    |
| Plagioclasa   | 25  | 0,3-2              | Subhedral    | Cuarzo  | 3        | 0,5-1,5                | Anhedral     |
| Microclina  | 17  | 0,3-1,5            | Anhedral     | Máficos   | 0,5      | 0,3-0,8                | Anhedral     |
| Biotita   | 6   | 0,3                | Euhedral     | Clorita   | 2        | 0,5                    | Anhedral     |
| Clorita   | 4   | 0,5                | Anhedral     | Calcopirita   | 1        | <1                     | Anhedral     |
| Máficos   | 2   | 0,3                | Anhedral     | Pirita  | 8        | 0,2-3                  | Subhedral    |
| Calcopirita   | 1   | <0,5               | Anhedral     | Molibdenita   | 0,5      | 0,5                    | Anhedral     |
| Pirita  | 2   | <1                 | Subhedral    |   |          |                        |              |
| <b>COMPOSICIÓN NORMALIZADA CLASTOS (STRECKEISEN, 1976)</b>  |   |                    |              |   |          |                        |              |
| <b>Cuarzo</b>   | 18,2%   | <b>Plagioclasa</b> | 50,9%        | <b>F. Potásico</b>  | 30,9%    | <b>CUARZOMONZONITA</b> |              |

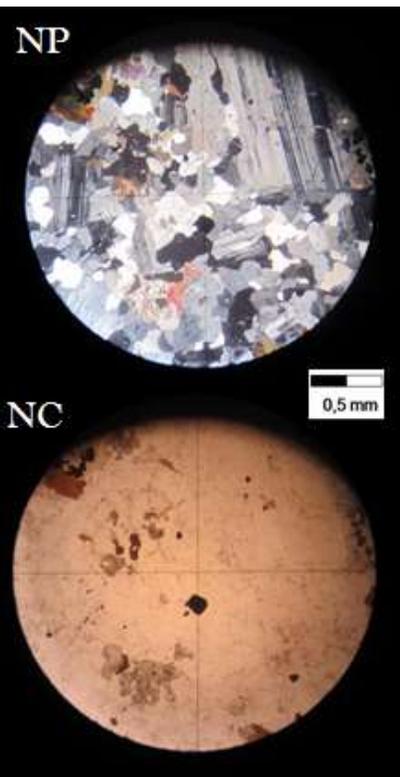
|  |  |                    |              |   |           |                         |              |
|--|--|--------------------|--------------|---|-----------|-------------------------|--------------|
| <b>Muestra</b>   | <b>LB17808@102</b>   |                    |              |  |           |                         |              |
| <b>Unidad Litológica</b>   | <b>Brecha Anhidrita</b>  |                    |              |   |           |                         |              |
| <b>Coordenadas</b>   | 99.618,5 m N / 100.659,21 m E<br>19 H / Sistema coordinado local |                    |              |   |           |                         |              |
| <b>Sondaje</b>   | LB17808  |                    |              |   |           |                         |              |
| <b>Elevación / Metro</b>   | 3.313,29 m / 102 m   |                    |              |   |           |                         |              |
| <b>CLASTOS</b>   |  |                    |              |   |           |                         |              |
| <b>Composición</b>   | Cuarzomonzonita? (75%)   |                    |              |   |           |                         |              |
| <b>Forma</b>   | Subangulares   |                    |              |   |           |                         |              |
| <b>Tamaño</b>  | 5-80 mm  |                    |              |   |           |                         |              |
| <b>Textura</b>   | Obliterada   |                    |              |   |           |                         |              |
| <b>MATRIZ</b>  |  |                    |              |   |           |                         |              |
| Blanca rosáceo (25%), constituida principalmente por anhidrita.  |  |                    |              |   |           |                         |              |
| <b>DESCRIPCIÓN GENERAL</b>   |  |                    |              |   |           |                         |              |
| Brecha hidrotermal de color blanco rosáceo, constituida en un 75% por clastos de roca intrusiva verdoso tanto en superficie fresca como en superficie alterada. La textura de los clastos esta obliterada por alteraciones posteriores, principalmente una cloritización intensa. Mediante bibliografía se propone que los clastos podrían ser parte de la Unidad cuarzomonzonita. |  |                    |              |   |           |                         |              |
| La matriz de la muestra (25%), se caracteriza por su tonalidad rosácea y constituirse por un alto contenido en anhidrita y en menor medida cuarzo especularita, molibdenita y sulfuros (principalmente pirita).  |  |                    |              |   |           |                         |              |
| En términos generales la roca tiene una cloritización intensa. Locamente, se distingue una alteración anhidrita a yeso. La mineralización de cobre en forma diseminada tanto en matriz como en clastos.  |  |                    |              |   |           |                         |              |
| <b>Ley de Cobre: 0,34%</b>   |  |                    |              |   |           |                         |              |
| <b>CLASTOS</b>   |  |                    |              | <b>MATRIZ</b>   |           |                         |              |
| <b>Composición</b>   | <b>%</b>   | <b>Tamaño (mm)</b> | <b>Forma</b> | <b>Composición</b>  | <b>%</b>  | <b>Tamaño (mm)</b>      | <b>Forma</b> |
| Clorita  | 52   | 0,5                | Anhedral     | Anhidrita   | 13        |                         | Subhedral    |
| Máficos  | 20   | 0,3                | Anhedral     | Cuarzo  | 2         | 0,5-1,5                 | Anhedral     |
| Calcopirita  | 1  | <0,5               | Anhedral     | Máficos   | 0,5       | 0,3-0,8                 | Anhedral     |
| Pirita   | 2  | <1                 | Subhedral    | Clorita   | 2         | 0,5                     | Anhedral     |
|  |  |                    |              | Calcopirita   | 1         | <1                      | Anhedral     |
|  |  |                    |              | Pirita  | 6         | 0,2-3                   | Subhedral    |
|  |  |                    |              | Molibdenita   | 0,5       | 0,5                     | Anhedral     |
| <b>COMPOSICIÓN NORMALIZADA CLASTOS (STRECKEISEN, 1976)</b>   |  |                    |              |   |           |                         |              |
| <b>Cuarzo</b>  | <b>-%</b>  | <b>Plagioclasa</b> | <b>-%</b>    | <b>F. Potásico</b>  | <b>-%</b> | <b>CUARZOMONZONITA?</b> |              |

## MUESTRAS ANTERIORES

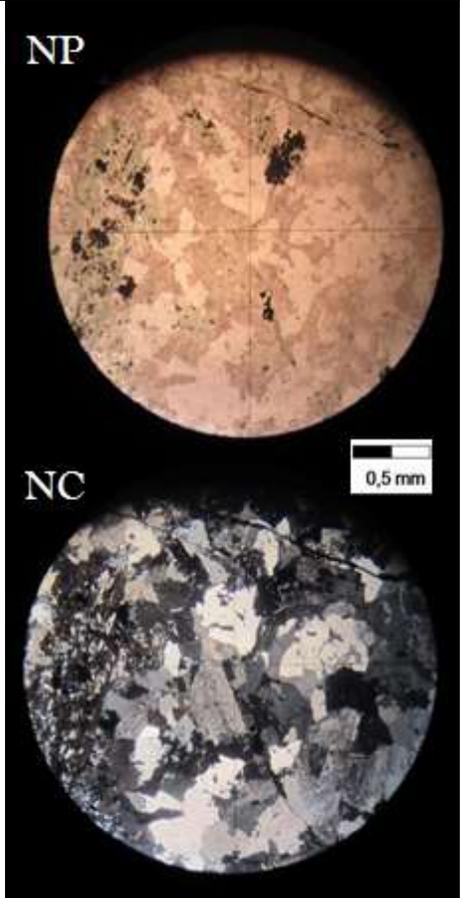
En esta sección del Anexo se describe un conjunto de muestras elaboradas previamente a este estudio. Su descripción tiene como finalidad dar reconocimiento a las diferentes unidades litológicas que abarca esta investigación e identificar minerales de importancia económica y desde el punto de vista de las penalidades.

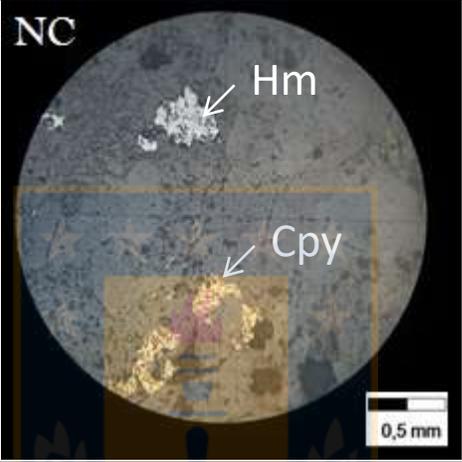
### DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA UNIDAD CUARZOMONZONITA

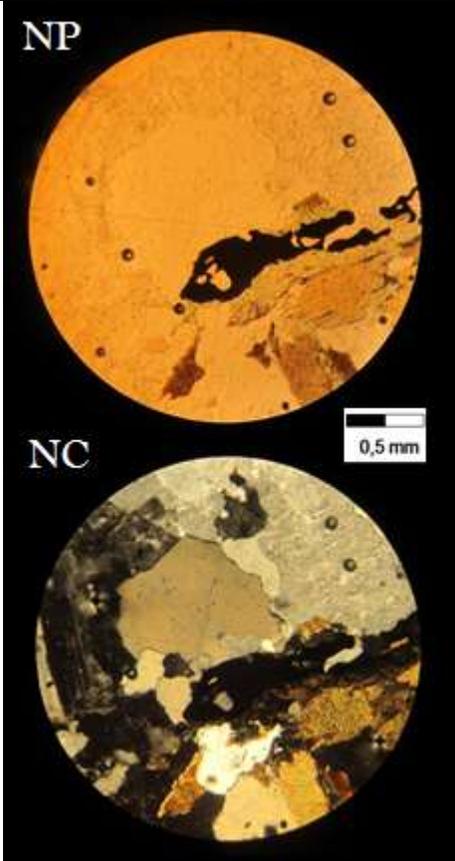
|  |   |                       |                    |                    |       |                        |
|--|---|-----------------------|--------------------|--------------------|-------|------------------------|
| <b>Muestra</b>   | <b>LB8607@956,45</b>  |                       |                    |                    |       |                        |
| <b>Unidad litológica</b>                                   | <b>Cuarzomonzonita</b>  |                       |                    |                    |       |                        |
| <b>Coordenadas</b>   | 98.617,38 m N / 99.564,13 m E<br>19 H / Sistema coordenado local  |                       |                    |                    |       |                        |
| <b>Sondaje</b>   | LB8607  |                       |                    |                    |       |                        |
| <b>Elevación / metro</b>                                   | 3.519,8 m / 956,45 m  |                       |                    |                    |       |                        |
| <b>Clasificación</b>                                       | Cuarzomonzonita   |                       |                    |                    |       |                        |
| <b>Tamaño de grano</b>                                     | 0,3-2 mm  |                       |                    |                    |       |                        |
| <b>Textura</b>   | Hipidiomorfa inequigranular de grano medio.   |                       |                    |                    |       |                        |
| <b>Alteración:</b>   | La muestra tiene una biotitización incipiente, que posteriormente es afectada por una cloritización moderada a intensa posterior. También se distingue una silicificación incipiente y localmente una alteración fílica y argílica incipiente, sobre plagioclasas y microclina. |                       |                    |                    |       |                        |
| <b>Observación:</b>  |   |                       |                    |                    |       |                        |
| <b>Composición</b>   | <b>%</b>  | <b>Alteración</b>     | <b>Tamaño (mm)</b> | <b>Forma</b>       |       |                        |
| Cuarzo primario  | 10  | -                     | 0,2-0,7            | Anhedral           |       |                        |
| Cuarzo Secundario  | 8   | -                     | 0,2-1              | Anhedral           |       |                        |
| Plagioclasa  | 26  | Sericita (incipiente) | 0,5-2              | Subhedral          |       |                        |
| Microclina   | 20  | Arcillas (moderada)   | 0,5-1              | Anhedral           |       |                        |
| Biotita Primaria   | 9   | Clorita (intensa)     | 0,2-0,4            | Subhedral          |       |                        |
| Biotita Secundaria   | 12  | Clorita (moderada)    | 0,3-0,5            | Subhedral          |       |                        |
| Clinopiroxeno  | 8   | Clorita (moderada)    | 0,5-0,7            | Subhedral          |       |                        |
| Epidota  | 3   | -                     | 0,3                | Anhedral           |       |                        |
| Minerales opacos   | 3   | -                     | 0,3                | Anhedral           |       |                        |
| <b>COMPOSICIÓN NORMALIZADA CLASTOS (STRECKEISEN, 1976)</b> |   |                       |                    |                    |       |                        |
| <b>Cuarzo</b>  | 17,9%   | <b>Plagioclasa</b>    | 46,4%              | <b>F. Potásico</b> | 35,7% | <b>CUARZOMONZONITA</b> |

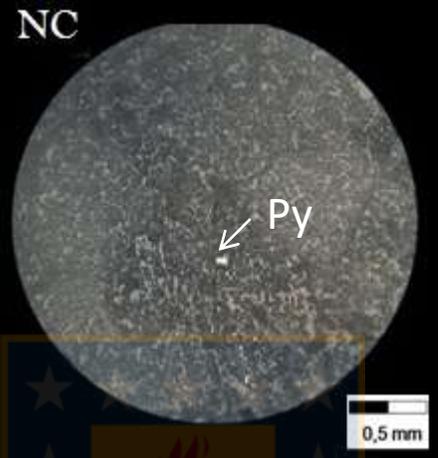


| <b>COMPOSICIÓN MINERALÓGICA EN LUZ REFLEJADA</b>  |              |                        |                                    |
|---|--------------|------------------------|------------------------------------|
| <b>MINERAL</b>  | <b>%</b>     | <b>OCURRENCIA</b>      | <b>OBSERVACIÓN</b>                 |
| Pirita (Py)   | 0,3          | Diseminado             | Alterado a bornita                 |
| Calcopirita (Cpy)   | 1            | Diseminado             | Alterado a bornita                 |
| Bornita (Bo)  | 0,5          | Diseminado y reemplazo | Reemplazo en calcopirita           |
| Magnetita (Mg)  | 5            | Diseminado             | Alterada a hematita y especularita |
| Hematita (Hm)   | 2            | Diseminado y reemplazo | Alterada a especularita            |
| Especularita (Esp)  | 1            | Diseminado y Reemplazo | Reemplazo en hematita              |
| <b>Ley de Cu:</b>   | <b>0,51%</b> |                        |                                    |
| <b>OBSERVACIONES:</b>   |              |                        |                                    |
| No se distinguen vetillas que afecten la roca. En general la mineralización se muestra diseminada en grano de 0,5 a 1 mm. |              |                        |                                    |
| <b>MICROFOTOGRAFÍA MINERALOGÍA REFLEJADA</b>  |              |                        |                                    |
|   |              |                        |                                    |

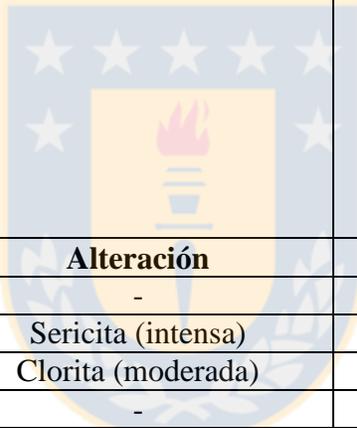
|  |  |                     |     |                    |              |
|--|--|---------------------|-----|--------------------|--------------|
| <b>Muestra</b>   | <b>LB10207@90,77</b>   |                     |     |                    |              |
| <b>Unidad litológica</b>                                   | <b>Cuarzomonzonita</b>   |                     |     |                    |              |
| <b>Coordenadas</b>   | 100.200,96 m N / 101.057,7 m E<br>19 H / Sistema coordinado local  |                     |     |                    |              |
| <b>Sondaje</b>   | LB10207  |                     |     |                    |              |
| <b>Elevación / metro</b>                                   | 3.758,1 m / 90,77 m  |                     |     |                    |              |
| <b>Clasificación</b>                                       | Cuarzomonzonita  |                     |     |                    |              |
| <b>Tamaño de grano</b>                                     | 0,2-3 mm   |                     |     |                    |              |
| <b>Textura</b>   | Hipidiomorfica equigranular de grano medio.  |                     |     |                    |              |
| <b>Alteración:</b>   | La roca ostenta una cloritización moderada y una alteración potásica moderada. Localmente una alteración fílica intensa y argílica moderada. |                     |     |                    |              |
| <b>Observación:</b>  |    |                     |     |                    |              |
|  |  |                     |     |                    |              |
|  |   |                     |     |                    |              |
| <b>Composición</b>   | <b>%</b>   | <b>Alteración</b>   |     | <b>Tamaño (mm)</b> | <b>Forma</b> |
| Cuarzo primario  | 15   | -                   |     | 0,2-1,4            | Anhedral     |
| Plagioclasa  | 45   | Sericita (intensa)  |     | 0,2-3              | Subhedral    |
| Microclina   | 15   | Arcillas (moderada) |     | 0,2-1,4            | Anhedral     |
| Biotita Primaria   | 10   | Clorita (intensa)   |     | 0,2-0,7            | Anhedral     |
| Biotita Secundaria   | 7  | Clorita (moderada)  |     | 0,2-1,2            | Anhedral     |
| Epidota  | 1  | -                   |     | 0,2-0,3            | Anhedral     |
| Minerales opacos   | 2  | -                   |     | 0,2-0,3            | Anhedral     |
| <b>COMPOSICIÓN NORMALIZADA CLASTOS (STRECKEISEN, 1976)</b> |  |                     |     |                    |              |
| <b>Cuarzo</b>  | 20%  | <b>Plagioclasa</b>  | 60% | <b>F. Potásico</b> | 20%          |
| <b>CUARZOMONZONITA</b>                                     |  |                     |     |                    |              |

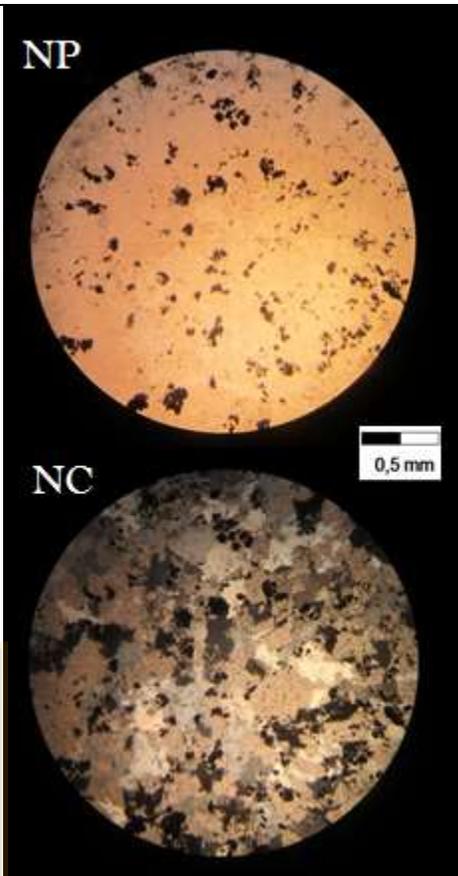
| <b>COMPOSICIÓN MINERALÓGICA EN LUZ REFLEJADA</b>   |            |                        |                               |
|--|------------|------------------------|-------------------------------|
| <b>MINERAL</b>   | <b>%</b>   | <b>OCURRENCIA</b>      | <b>OBSERVACIÓN</b>            |
| Calcopirita (Cpy)  | 0,5        | Diseminado             | Anhedral, alterado a bornita  |
| Bornita (Bo)   | 0,1        | Diseminado y reemplazo | Reemplazo en calcopirita      |
| Magnetita (Mg)   | 5          | Diseminado             | Anhedral, alterada a hematita |
| Hematita (Hm)  | 1          | Diseminado y reemplazo | Reemplazo de magnetita        |
| <b>Ley de Cu:</b>  | <b>0,2</b> |                        |                               |
| <b>OBSERVACIONES:</b>  |            |                        |                               |
| No se distinguen vetillas que afecten a la roca. En general la mineralización se muestra diseminada en grano de 0,3 a 1 mm   |            |                        |                               |
| <b>MICROFOTOGRAFÍA MINERALOGÍA REFLEJADA</b>   |            |                        |                               |
|  <p>Microfotografía mineralógica reflejada que muestra minerales Hm (hematita) y Cpy (calcopirita) sobre un fondo oscuro. Se incluye una escala de 0,5 mm y la etiqueta NC.</p> |            |                        |                               |

|  |   |   |                    |                    |       |                        |
|--|---|---|--------------------|--------------------|-------|------------------------|
| <b>Muestra</b>   | <b>LB8607@342,4</b>   |   |                    |                    |       |                        |
| <b>Unidad litológica</b>                                   | <b>Cuarzomonzonita</b>  |   |                    |                    |       |                        |
| <b>Coordenadas</b>   | 98.617,38 m N / 99.564,43 m E<br>19 H / Sistema coordinado local  |   |                    |                    |       |                        |
| <b>Sondaje</b>   | LB86607   |   |                    |                    |       |                        |
| <b>Elevación / metro</b>                                   | 3.519,8 m / 342,4 m   |   |                    |                    |       |                        |
| <b>Clasificación</b>                                       | Cuarzomonzonita   |   |                    |                    |       |                        |
| <b>Tamaño de grano</b>                                     | 0.4-3 mm  |   |                    |                    |       |                        |
| <b>Textura</b>   | Hipidiomorfica inequigranular de grano grueso.  |   |                    |                    |       |                        |
| <b>Alteración:</b>   | La roca posee dos alteraciones principales, la primera una potásica moderada seguida de una cloritización moderada. Localmente se distingue una alteración argílica incipiente. |   |                    |                    |       |                        |
| <b>Observación:</b>  |   |   |                    |                    |       |                        |
|  |   |   |                    |                    |       |                        |
|  |   |   |                    |                    |       |                        |
| <b>Composición</b>   | <b>%</b>  | <b>Alteración</b>                       | <b>Tamaño (mm)</b> | <b>Forma</b>       |       |                        |
| Cuarzo primario  | 10  | -                                       | 0,2-1,2            | Anhedral           |       |                        |
| Plagioclasa  | 32  | Sericita y arcillas (incipiente)        | 0,2-3              | Subhedral          |       |                        |
| Microclina   | 38  | Arcillas (incipiente a moderada)        | 0,2-1,4            | Anhedral           |       |                        |
| Biotita Primaria   | 5   | Clorita (intensa)                       | 0,2-0,7            | Anhedral           |       |                        |
| Biotita Secundaria   | 7   | Clorita (moderada)                      | 0,2-1,2            | Anhedral           |       |                        |
| Epidota  | 2   | -                                       | 0,2-0,3            | Anhedral           |       |                        |
| Clinopiroxeno  | 5   | Clorita (moderada e intensa localmente) | 0,5-1,4            | Subhedral          |       |                        |
| Minerales opacos   | 1   | -                                       | 0,2-0,3            | Anhedral           |       |                        |
| <b>COMPOSICIÓN NORMALIZADA CLASTOS (STRECKEISEN, 1976)</b> |   |   |                    |                    |       |                        |
| <b>Cuarzo</b>  | 12,5%   | <b>Plagioclasa</b>                      | 40%                | <b>F. Potásico</b> | 47,5% | <b>CUARZOMONZONITA</b> |

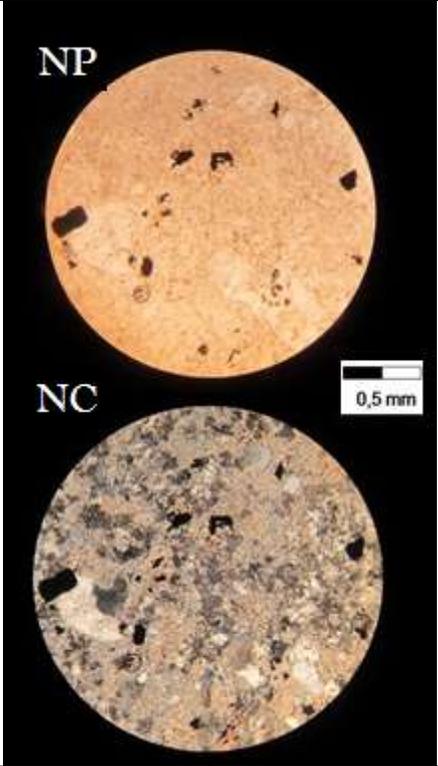
| <b>COMPOSICIÓN MINERALÓGICA EN LUZ REFLEJADA</b>  |           |                   |                    |
|---|-----------|-------------------|--------------------|
| <b>MINERAL</b>  | <b>%</b>  | <b>OCURRENCIA</b> | <b>OBSERVACIÓN</b> |
| Pirita (Py)   | 0,5       | Diseminado        | Subhedral          |
| <b>Ley de Cu</b>  | <b>0%</b> |                   |                    |
| <b>OBSERVACIONES:</b>   |           |                   |                    |
| No se distinguen vetillas que afecten a la roca. En general la mineralización es muy local observando pequeños cristales de pirita de 0,1 a 0,2 mm. |           |                   |                    |
| <b>MICROFOTOGRAFÍA MINERALOGÍA REFLEJADA</b>  |           |                   |                    |
|   |           |                   |                    |

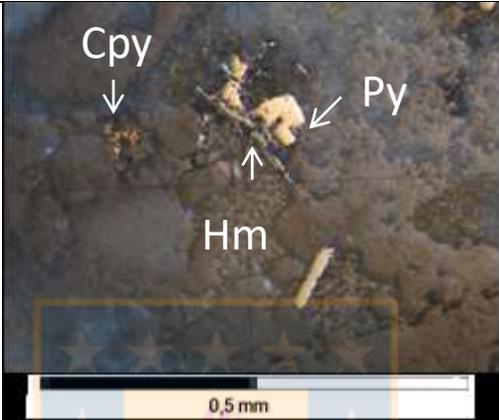


|  |  |                    |                    |                    |
|--|--|--------------------|--------------------|--------------------|
| <b>Muestra</b>   | <b>LB6407@145,5</b>  |                    |                    |                    |
| <b>Unidad litológica</b>   | <b>Cuarzomonzonita</b>   |                    |                    |                    |
| <b>Coordenadas</b>   | 97.999,75 m N / 102.354,78 m E<br>19H / Sistema coordinado local |                    |                    |                    |
| <b>Sondaje</b>   | LB6407   |                    |                    |                    |
| <b>Elevación / metro</b>   | 4.217,9 m / 145,5 m  |                    |                    |                    |
| <b>Clasificación</b>   | -  |                    |                    |                    |
| <b>Tamaño de grano</b>   | 1-3 mm   |                    |                    |                    |
| <b>Textura</b>   | Obliterada por alteración  |                    |                    |                    |
| <b>Alteración:</b>   | La roca luce una alteración fílica intensa                       |                    |                    |                    |
| <b>Observación:</b>  | Vetillas de 1 mm de espesor con paredes rectas de pirita         |                    |                    |                    |
|  |  |                    |                    |                    |
| <b>Composición</b>   | <b>%</b>   | <b>Alteración</b>  | <b>Tamaño (mm)</b> | <b>Forma</b>       |
| Cuarzo secundario  | 42   | -                  | 0,5-0,8            | Subhedral          |
| Plagioclasa  | 50   | Sericita (intensa) | 0,5-0,8            | Subhedral          |
| Biotita Secundaria   | 3  | Clorita (moderada) | 0,4                | Anhedral           |
| Minerales opacos   | 5  | -                  | 0,1-0,3            | Anhedral           |
| <b>COMPOSICIÓN NORMALIZADA CLASTOS (STRECKEISEN, 1976)</b>                         |  |                    |                    |                    |
| <b>Cuarzo</b>  | <b>-%</b>  | <b>Plagioclasa</b> | <b>-%</b>          | <b>F. Potásico</b> |
|  |  |                    |                    | <b>-%</b>          |

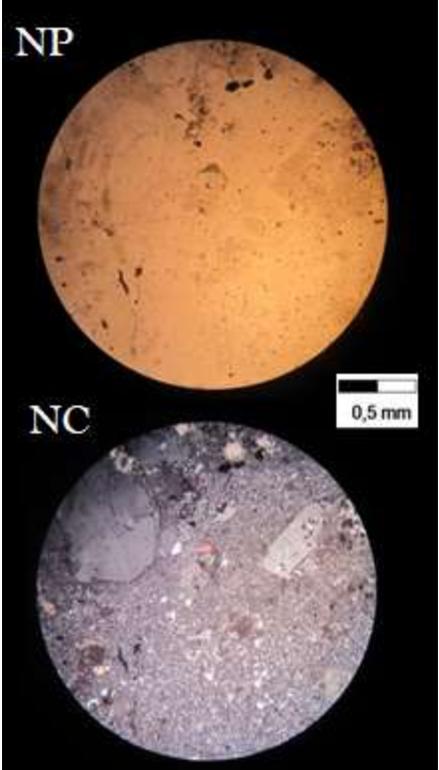


| <b>COMPOSICIÓN MINERALÓGICA EN LUZ REFLEJADA</b>                           |              |                        |                     |
|--|--------------|------------------------|---------------------|
| <b>MINERAL</b>   | <b>%</b>     | <b>OCURRENCIA</b>      | <b>OBSERVACIÓN</b>  |
| Pirita (Py)  | 4            | Diseminado y vetillas  | Subhedral           |
| Calcopirita (Cpy)  | 1            | Diseminado y vetillas  | Veta con cuarzo     |
| Hematita (Hm)  | 0,5          | Diseminado y reemplazo | Alterada a hematita |
| <b>Ley de Cu</b>   | <b>0,34%</b> |                        |                     |
| <b>OBSERVACIONES:</b>  |              |                        |                     |
| En general la mineralización se muestra diseminada en grano de 0,5 a 1 mm. |              |                        |                     |
| <b>MICROFOTOGRAFÍA MINERALOGÍA REFLEJADA</b>                               |              |                        |                     |
| <p>NC</p> <p>Py</p> <p>Cpy</p> <p>0,5 mm</p>                               |              |                        |                     |

|   |  |                     |                    |                    |       |                        |
|---|--|---------------------|--------------------|--------------------|-------|------------------------|
| <b>Muestra</b>  | <b>LB207@195,9</b>   |                     |                    |                    |       |                        |
| <b>Unidad litológica</b>  | <b>Cuarzomonzonita</b>   |                     |                    |                    |       |                        |
| <b>Coordenadas</b>  | 98.432 m N / 101.902,92 m E<br>19 H / Sistema coordinado local   |                     |                    |                    |       |                        |
| <b>Sondaje</b>  | LB207  |                     |                    |                    |       |                        |
| <b>Elevación / metro</b>  | 4.089 m / 195,9 m  |                     |                    |                    |       |                        |
| <b>Clasificación</b>  | Cuarzomonzonita  |                     |                    |                    |       |                        |
| <b>Tamaño de grano</b>  | 0,1-1 mm   |                     |                    |                    |       |                        |
| <b>Textura</b>  | Hipidiomorfica equigranular grano fino.  |                     |                    |                    |       |                        |
| <b>Alteración:</b>  | La roca tiene una cloritización moderada a intensa, una alteración fílica intensa y argílica incipiente. |                     |                    |                    |       |                        |
| <b>Observación:</b>   | Vetas menores de calcopirita con cuarzo de forma irregular.  |                     |                    |                    |       |                        |
|  |  |                     |                    |                    |       |                        |
| <b>Composición</b>  | <b>%</b>   | <b>Alteración</b>   | <b>Tamaño (mm)</b> | <b>Forma</b>       |       |                        |
| Cuarzo primario   | 15   | -                   | 0,5-0,8            | Subhedral          |       |                        |
| Cuarzo Secundario   | 10   | -                   | 0,1-0,3            | Anhedral           |       |                        |
| Plagioclasa   | 28   | Sericita (intensa)  | 0,5-0,8            | Subhedral          |       |                        |
| Microclina  | 37   | Arcillas (moderado) | 0,5-0,8            | Anhedral           |       |                        |
| Turmalina   | 4  | Clorita (intensa)   | 0,3-0,5            | Anhedral           |       |                        |
| Biotita Secundaria  | 3  | Clorita (moderada)  | 0,4                | Anhedral           |       |                        |
| Minerales opacos  | 3  | -                   | 0,1-0,3            | Anhedral           |       |                        |
| <b>COMPOSICIÓN NORMALIZADA CLASTOS (STRECKEISEN, 1976)</b>                          |  |                     |                    |                    |       |                        |
| <b>Cuarzo</b>   | 18,8%  | <b>Plagioclasa</b>  | 35%                | <b>F. Potásico</b> | 46,3% | <b>CUARZOMONZONITA</b> |

| <b>COMPOSICIÓN MINERALÓGICA EN LUZ REFLEJADA</b>   |              |                        |                        |
|--|--------------|------------------------|------------------------|
| <b>MINERAL</b>   | <b>%</b>     | <b>OCURRENCIA</b>      | <b>OBSERVACIÓN</b>     |
| Pirita (Py)  | 2            | Diseminado             | Subhedral              |
| Calcopirita (Cpy)  | 1            | Diseminado             | Veta con cuarzo        |
| Hematita (Hm)  | 1            | Diseminado y reemplazo | Reemplazo de magnetita |
| <b>Ley de Cu</b>   | <b>0,34%</b> |                        |                        |
| <b>OBSERVACIONES:</b>  |              |                        |                        |
| En general la mineralización se muestra diseminada en grano de 0,1 a 0,4 mm.   |              |                        |                        |
| <b>MICROFOTOGRAFÍA MINERALOGÍA REFLEJADA</b>   |              |                        |                        |
|  <p>The microphotograph shows a dark matrix with several mineral grains. A yellowish-brown grain is labeled 'Cpy' with a downward arrow. A lighter, more crystalline grain is labeled 'Py' with a rightward arrow. A reddish-brown grain is labeled 'Hm' with an upward arrow. A scale bar at the bottom of the image is labeled '0,5 mm'.</p> |              |                        |                        |

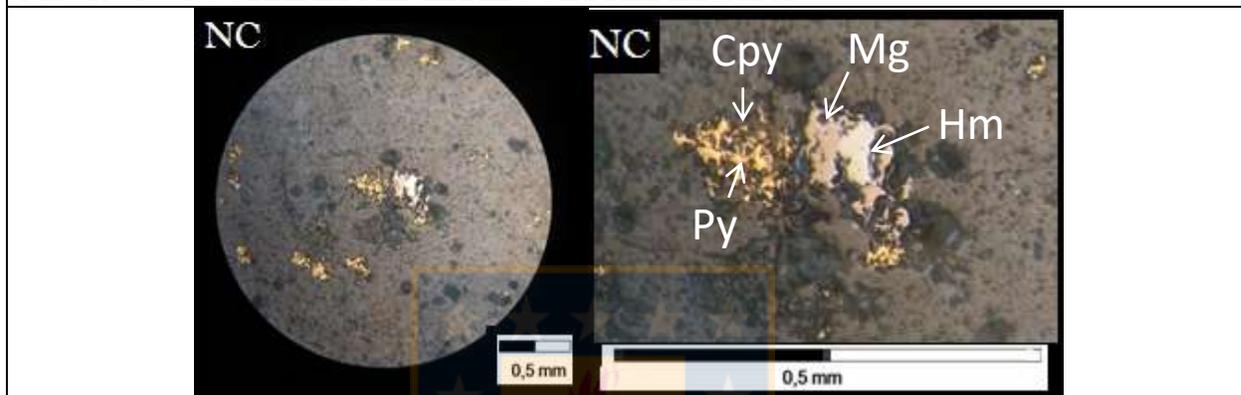


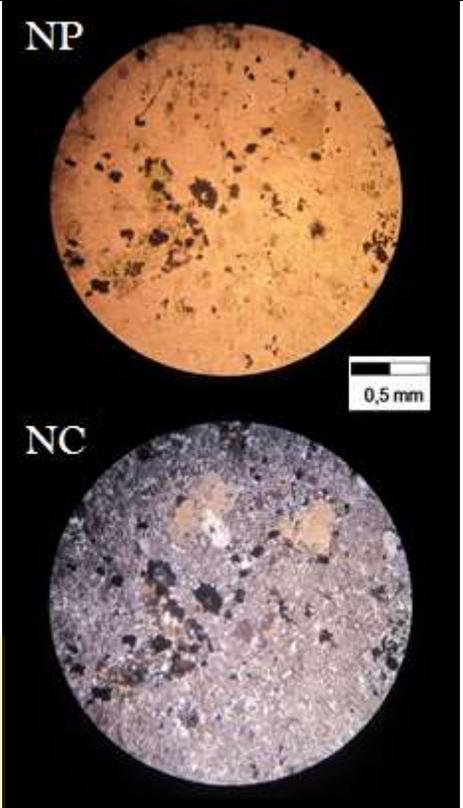
|  |   |                       |                    |                    |       |                     |
|--|---|-----------------------|--------------------|--------------------|-------|---------------------|
| <b>Muestra</b>   | <b>LB5607@315,9</b>   |                       |                    |                    |       |                     |
| <b>Unidad litológica</b>                                   | <b>Cuarzomonzonita</b>  |                       |                    |                    |       |                     |
| <b>Coordenadas</b>   | 97.834,74 m N / 102.350,05 m E<br>19 H / Sistema coordinado local                   |                       |                    |                    |       |                     |
| <b>Sondaje</b>   | LB5607  |                       |                    |                    |       |                     |
| <b>Elevación / metro</b>                                   | 4.220,1 m / 315,9m  |                       |                    |                    |       |                     |
| <b>Clasificación</b>                                       | Monzogranito  |                       |                    |                    |       |                     |
| <b>Tamaño de grano</b>                                     | 0,2-1 mm  |                       |                    |                    |       |                     |
| <b>Textura</b>   | Porfídica con masa fundamental fanerítica.  |                       |                    |                    |       |                     |
| <b>Alteración:</b>   | La roca se encuentra silicificada, acompañada de una alteración fílica moderada.    |                       |                    |                    |       |                     |
| <b>Observación:</b>  |   |                       |                    |                    |       |                     |
|  |  |                       |                    |                    |       |                     |
| <b>Composición</b>   | <b>%</b>  | <b>Alteración</b>     | <b>Tamaño (mm)</b> | <b>Forma</b>       |       |                     |
| Cuarzo primario  | 10  | -                     | 0,5-0,8            | Subhedral          |       |                     |
| Cuarzo Secundario  | 50  | -                     | 0,1-0,3            | Anhedral           |       |                     |
| Plagioclasa  | 20  | Sericita (incipiente) | 0,5-0,8            | Subhedral          |       |                     |
| Microclina   | 4   | Arcillas (moderado)   | 0,5-0,8            | Anhedral           |       |                     |
| Biotita Secundaria   | 3   | Clorita (moderada)    | 0,4                | Anhedral           |       |                     |
| Minerales opacos   | 3   | -                     | 0,1-0,3            | Anhedral           |       |                     |
| <b>COMPOSICIÓN NORMALIZADA CLASTOS (STRECKEISEN, 1976)</b> |   |                       |                    |                    |       |                     |
| <b>Cuarzo</b>  | 29,4%   | <b>Plagioclasa</b>    | 58,8%              | <b>F. Potásico</b> | 11,8% | <b>MONZOGRANITO</b> |

| <b>COMPOSICIÓN MINERALÓGICA EN LUZ REFLEJADA</b> |              |                        |                        |
|--|--------------|------------------------|------------------------|
| <b>MINERAL</b>                                   | <b>%</b>     | <b>OCURRENCIA</b>      | <b>OBSERVACIÓN</b>     |
| Pirita (Py)                                      | 2            | Diseminado             | Subhedral              |
| Calcopirita (Cpy)                                | 2            | Diseminado             | Anhedral               |
| Magnetita (Mg)                                   | 1            | Diseminado             | Alterada a hematita    |
| Hematita (Hm)                                    | 3            | Diseminado y reemplazo | Reemplazo de magnetita |
| <b>Ley de Cu</b>                                 | <b>0,64%</b> |                        |                        |

**OBSERVACIONES:**

En general la mineralización se muestra diseminada en grano de 0,5 a 1 mm.

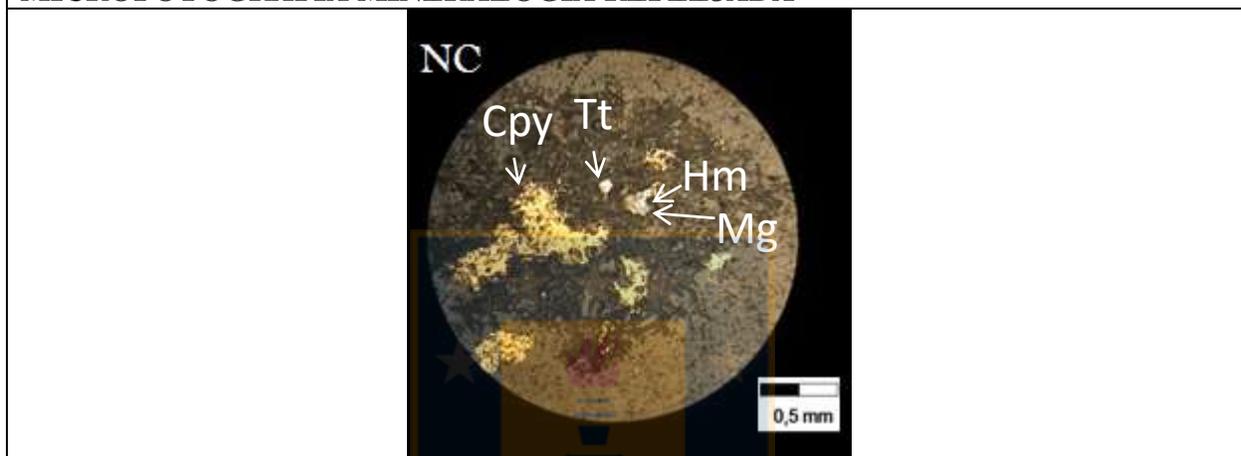
**MICROFOTOGRAFÍA MINERALOGÍA REFLEJADA**

|  |   |                       |                    |                    |       |                        |
|--|---|-----------------------|--------------------|--------------------|-------|------------------------|
| <b>Muestra</b>   | <b>LB5607@256,10</b>  |                       |                    |                    |       |                        |
| <b>Unidad litológica</b>                                   | <b>Cuarzomonzonita</b>  |                       |                    |                    |       |                        |
| <b>Coordenadas</b>   | 97.834,74 m N / 102.305,05 m E<br>19 H / Sistema coordinado local                                   |                       |                    |                    |       |                        |
| <b>Sondaje</b>   | LB5607  |                       |                    |                    |       |                        |
| <b>Elevación / metro</b>                                   | 4.220,1 m / 256,10m   |                       |                    |                    |       |                        |
| <b>Clasificación</b>                                       | Cuarzomonzonita   |                       |                    |                    |       |                        |
| <b>Tamaño de grano</b>                                     | 0,2-1 mm  |                       |                    |                    |       |                        |
| <b>Textura</b>   | Hipidiomorfica equigranular de grano fino   |                       |                    |                    |       |                        |
| <b>Alteración:</b>   | La roca posee una alteración fílica moderada acompañada de una cloritización incipiente a moderada. |                       |                    |                    |       |                        |
| <b>Observación:</b>  |   |                       |                    |                    |       |                        |
|  |                   |                       |                    |                    |       |                        |
| <b>Composición</b>   | <b>%</b>  | <b>Alteración</b>     | <b>Tamaño (mm)</b> | <b>Forma</b>       |       |                        |
| Cuarzo primario  | 10  | -                     | 0,5-0,8            | Subhedral          |       |                        |
| Cuarzo Secundario  | 27  | -                     | 0,1-0,3            | Anhedral           |       |                        |
| Plagioclasa  | 29  | Sericita (incipiente) | 0,5-0,8            | Subhedral          |       |                        |
| Microclina   | 19  | Arcillas (moderado)   | 0,5-0,8            | Anhedral           |       |                        |
| Biotita Secundaria   | 5   | Clorita (moderada)    | 0,4                | Anhedral           |       |                        |
| Clorita  | 6   | -                     | 0,4                | Anhedral           |       |                        |
| Minerales opacos   | 5   | -                     | 0,1-0,3            | Anhedral           |       |                        |
| <b>COMPOSICIÓN NORMALIZADA CLASTOS (STRECKEISEN, 1976)</b> |   |                       |                    |                    |       |                        |
| <b>Cuarzo</b>  | 17,5%   | <b>Plagioclasa</b>    | 47,4%              | <b>F. Potásico</b> | 35,1% | <b>CUARZOMONZONITA</b> |

| <b>COMPOSICIÓN MINERALÓGICA EN LUZ REFLEJADA</b> |              |                        |                        |
|--|--------------|------------------------|------------------------|
| <b>MINERAL</b>                                   | <b>%</b>     | <b>OCURRENCIA</b>      | <b>OBSERVACIÓN</b>     |
| Pirita (Py)                                      | 3            | Diseminado             | Subhedral              |
| Calcopirita (Cpy)                                | 4            | Diseminado             | Anhedral               |
| Magnetita (Mg)                                   | 2            | Diseminado             | Alterada a Hematita    |
| Hematita (Hm)                                    | 3            | Diseminado y reemplazo | Reemplazo de Magnetita |
| Tetraedrita (Tt)                                 | 0,3          | Diseminado             | 0,1 mm de tamaño       |
| <b>Ley de Cu</b>                                 | <b>0,64%</b> |                        |                        |

**OBSERVACIONES:**

En general la mineralización se muestra diseminada en grano de 0,5 a 1 mm.

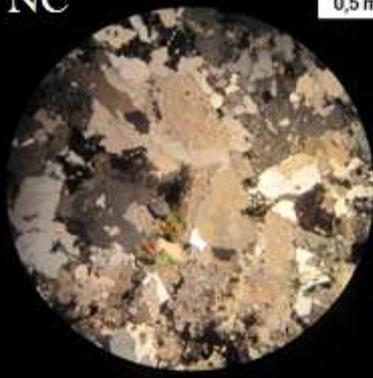
**MICROFOTOGRAFÍA MINERALOGÍA REFLEJADA**

|  |   |                       |                    |                    |       |                        |
|--|---|-----------------------|--------------------|--------------------|-------|------------------------|
| <b>Muestra</b>   | <b>LB335506@343,3</b>   |                       |                    |                    |       |                        |
| <b>Unidad litológica</b>   | <b>Cuarzomonzonita</b>  |                       |                    |                    |       |                        |
| <b>Coordenadas</b>   | 100.884,3 m N / 100.824,61 m E<br>19 H / Sistema coordenado local   |                       |                    |                    |       |                        |
| <b>Sondaje</b>   | LB335506  |                       |                    |                    |       |                        |
| <b>Elevación / metro</b>   | 3.715,7m / 343,3m   |                       |                    |                    |       |                        |
| <b>Clasificación</b>   | Cuarzomonzonita   |                       |                    |                    |       |                        |
| <b>Tamaño de grano</b>   | 1-3 mm  |                       |                    |                    |       |                        |
| <b>Textura</b>   | Hipidiomorfica granular grano grueso.   |                       |                    |                    |       |                        |
| <b>Alteración:</b>   | La roca ostenta una cloritización moderada a intensa, silicificación incipiente y localmente una alteración fílica y argílica incipiente. |                       |                    |                    |       |                        |
| <b>Observación:</b>  | Veta de cuarzo con paredes rectas, cuarzo inequigranular y sutura central intermitente de calcopirita.                                    |                       |                    |                    |       |                        |
|  |   |                       |                    |                    |       |                        |
| <b>Composición</b>   | <b>%</b>  | <b>Alteración</b>     | <b>Tamaño (mm)</b> | <b>Forma</b>       |       |                        |
| Cuarzo primario  | 20  | -                     | 0,5-0,8            | Subhedral          |       |                        |
| Cuarzo Secundario  | 5   | -                     | 0,1-0,3            | Anhedral           |       |                        |
| Plagioclasa  | 25  | Sericita (incipiente) | 0,5-0,8            | Subhedral          |       |                        |
| Microclina   | 40  | Arcillas (moderado)   | 0,5-0,8            | Anhedral           |       |                        |
| Turmalina  | 4   | Clorita (intensa)     | 0,3-0,5            | Anhedral           |       |                        |
| Biotita Secundaria   | 3   | Clorita (moderada)    | 0,4                | Anhedral           |       |                        |
| Minerales opacos   | 3   | -                     | 0,1-0,3            | Anhedral           |       |                        |
| <b>COMPOSICIÓN NORMALIZADA CLASTOS (STRECKEISEN, 1976)</b>                         |   |                       |                    |                    |       |                        |
| <b>Cuarzo</b>  | 7,1%  | <b>Plagioclasa</b>    | 35,7%              | <b>F. Potásico</b> | 57,1% | <b>CUARZOMONZONITA</b> |

**NP**



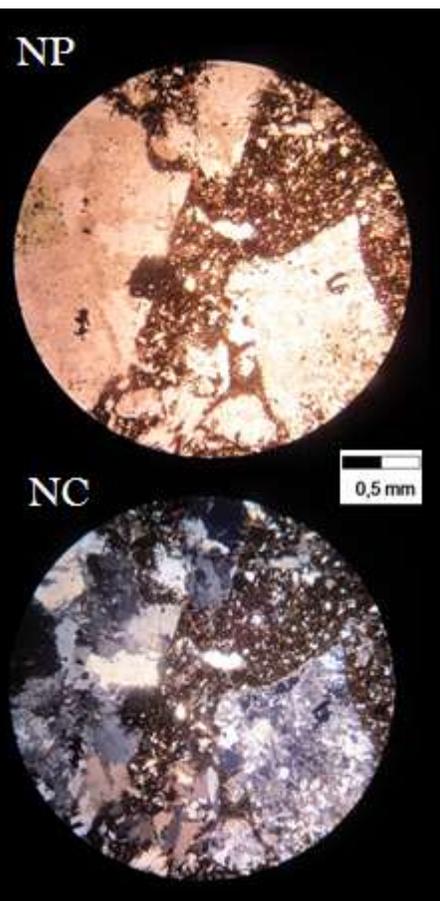
**NC**



| <b>COMPOSICIÓN MINERALÓGICA EN LUZ REFLEJADA</b>                           |             |                   |                     |
|--|-------------|-------------------|---------------------|
| <b>MINERAL</b>   | <b>%</b>    | <b>OCURRENCIA</b> | <b>OBSERVACIÓN</b>  |
| Pirita (Py)  | 0,5         | Diseminado        | Subhedral           |
| Calcopirita (Cpy)  | 3           | Diseminado        | Veta con cuarzo     |
| Magnetita (Mg)   | 2           | Diseminado        | Alterada a Hematita |
| Molibdenita (Mo)   | 0,5         | Diseminado        | Anhedral            |
| <b>Ley de Cu</b>   | <b>1,2%</b> |                   |                     |
| <b>OBSERVACIONES:</b>  |             |                   |                     |
| En general la mineralización se muestra diseminada en grano de 0,5 a 1 mm. |             |                   |                     |
| <b>MICROFOTOGRAFÍA MINERALOGÍA REFLEJADA</b>                               |             |                   |                     |
|  |             |                   |                     |
| <b>MICROFOTOGRAFÍA ADICIONALES:</b>  |             |                   |                     |
|  |             |                   |                     |

## DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA BRECHA DONOSO

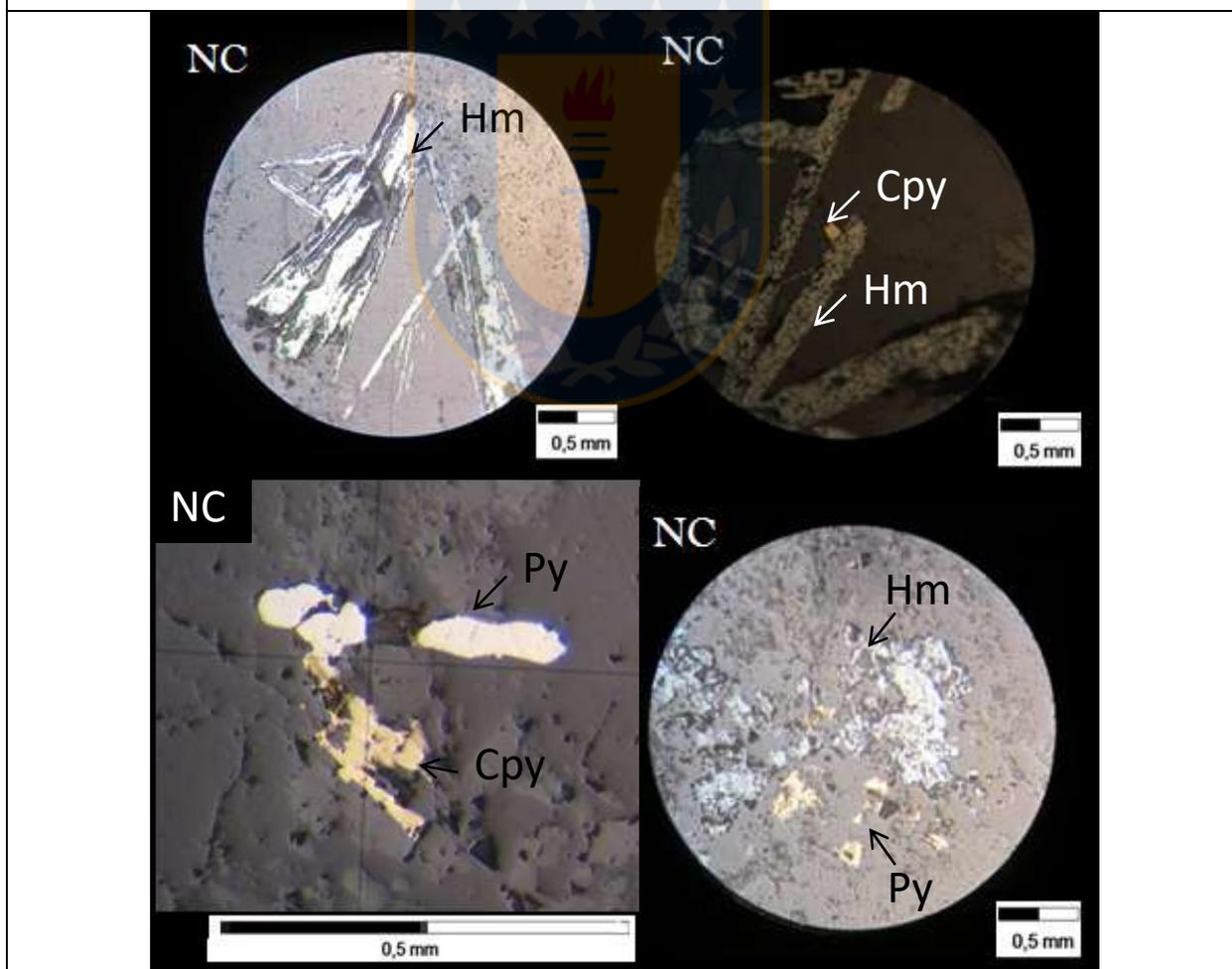
|   |  |                           |                    |                    |       |                        |
|---|--|---------------------------|--------------------|--------------------|-------|------------------------|
| <b>Muestra</b>  | <b>LB310907@161,55</b>   |                           |                    |                    |       |                        |
| <b>Unidad litológica</b>  | <b>Brecha Donoso</b>   |                           |                    |                    |       |                        |
| <b>Coordenadas</b>  | 100.866,2 m N / 100.815,38 m E<br>19 H / Sistema coordinado local                      |                           |                    |                    |       |                        |
| <b>Sondaje</b>  | LB310907   |                           |                    |                    |       |                        |
| <b>Elevación / metro</b>  | 3.731,7 m / 161,55 m   |                           |                    |                    |       |                        |
| <b>Clastos</b>  | Cuarzomonzonita (80%)  |                           |                    |                    |       |                        |
| - Forma   | Angulares y subangulares   |                           |                    |                    |       |                        |
| - Tamaño  | 2-20 mm  |                           |                    |                    |       |                        |
| - Textura   | Hipidiomorfa equigranular de grano medio.  |                           |                    |                    |       |                        |
| <b>Matriz</b>   | Gris oscura a negra (20%), constituida principalmente por turmalina y minerales opacos |                           |                    |                    |       |                        |
| <b>Alteración:</b>  |  |                           |                    |                    |       |                        |
| Los clastos tienen una alteración potásica intensa, obliterada en parte por una alteración fílica moderada y localmente intensa. Localmente una alteración argílica incipiente. |  |                           |                    |                    |       |                        |
| La matriz se caracteriza por un alto contenido en turmalina y una biotitización y cloritización incipiente.   |  |                           |                    |                    |       |                        |
| <b>CLASTOS</b>  | <b>Porcentaje Total</b>  | 80%                       |                    |                    |       |                        |
| <b>Composición</b>  | <b>%</b>   | <b>Alteración</b>         | <b>Tamaño (mm)</b> | <b>Forma</b>       |       |                        |
| Cuarzo primario   | 7  | -                         | 1-2                | Anhedral           |       |                        |
| Cuarzo Secundario   | 9  | -                         | 1-1,5              | Anhedral           |       |                        |
| Plagioclasa   | 20   | Sericita (intensa)        | 2-3                | Subhedral          |       |                        |
| Microclina  | 17   | Arcillas (intensa)        | 2-3                | Anhedral           |       |                        |
| Biotita Primaria  | 5  | Clorita (intensa)         | 1-1,4              | Subhedral          |       |                        |
| Biotita Secundaria  | 5  | Clorita (moderada)        | 0,3-0,7            | Subhedral          |       |                        |
| Clorita secundaria  | 3  | Oblitera mineral original | 0,5-0,8            | Subhedral          |       |                        |
| Epidota   | 1  | -                         | <0,3               | Anhedral           |       |                        |
| Opacos  | 3  | -                         | <0,3               | Anhedral           |       |                        |
| <b>COMPOSICIÓN NORMALIZADA CLASTOS (STRECKEISEN, 1976)</b>  |  |                           |                    |                    |       |                        |
| <b>Cuarzo</b>   | 15,9%  | <b>Plagioclasa</b>        | 45,5%              | <b>F. Potásico</b> | 48,6% | <b>CUARZOMONZONITA</b> |
| <b>MATRIZ</b>   | <b>Porcentaje Total</b>  | 20%                       |                    |                    |       |                        |
| <b>Composición</b>  | <b>%</b>   | <b>Alteración</b>         | <b>Tamaño (mm)</b> | <b>Forma</b>       |       |                        |
| Cuarzo  | 2  | -                         | 0,1-0,4            | Anhedral           |       |                        |
| Turmalina   | 10   | -                         | 0,5-0,8            | Subhedral          |       |                        |
| Plagioclasa   | 3  | Sericita (moderada)       | 0,1-0,4            | Subhedral          |       |                        |
| Biotita   | 1  | Clorita (moderada)        | 0,1-0,3            | Anhedral           |       |                        |
| Opacos  | 4  | -                         | 0,1-0,5 (0,2)      | Anhedral           |       |                        |



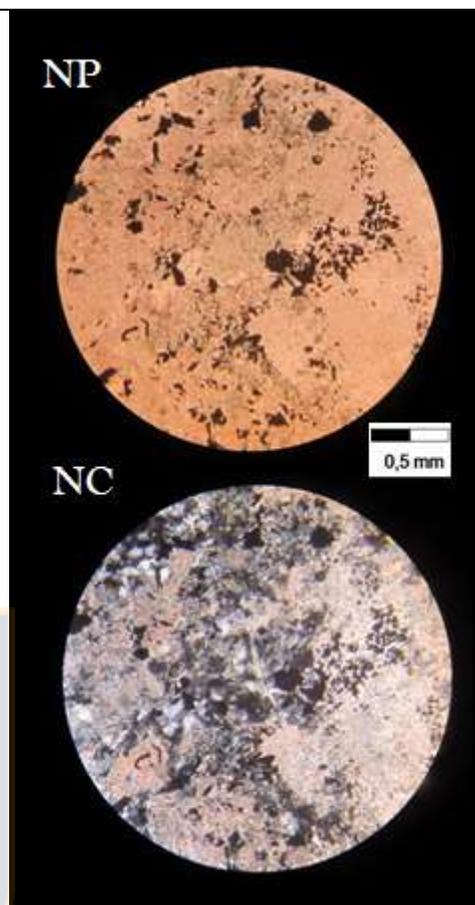
| COMPOSICIÓN MINERALÓGICA EN LUZ REFLEJADA |              |  |                             |
|---|--------------|--|-----------------------------|
| Matriz                                    | %            | OCURRENCIA                                       | OBSERVACIÓN                 |
| Pirita (Py)                               | 0,1          | Diseminado                                       | Alteración superficial      |
| Calcopirita (Cpy)                         | 1,5          | Diseminado                                       | Anhedral, 0,6 mm (Promedio) |
| Magnetita (Mg)                            | 2            | Diseminado                                       | Anhedral, 1,2 mm (Promedio) |
| Hematita (Hm)                             | 5            | Diseminado                                       | Euhedral, Habito en Tabular |
| Clastos                                   | %            | OCURRENCIA                                       | OBSERVACIÓN                 |
| Calcopirita (Cpy)                         | 1,5          | Diseminado                                       | Anhedral                    |
| Magnetita (Mg)                            | 2            | Diseminado                                       | Anhedral                    |
| Hematita (Hm)                             | 2            | Diseminado                                       | Euhedral, Habito en Tabular |
| <b>Ley de Cu</b>                          | <b>0,51%</b> | <b>(Promedio general entre matriz y clastos)</b> |                             |

**OBSERVACIÓN:**

Mineralización metálica tanto en la matriz como en los clastos. El tamaño de grano varía enormemente según su ubicación, para el caso de la matriz los tamaños de los minerales alcanza los 1,2 cm para el caso de la calcopirita. En cambio la mineralización en los clastos solo se observa entre los 0,2 a 0,5 mm para el mismo mineral.

**MICROFOTOGRAFÍA MINERALOGÍA REFLEJADA**

|                          |   |                   |                    |              |
|--------------------------|---|-------------------|--------------------|--------------|
| <b>Muestra</b>           | <b>LB310907@85,45</b>   |                   |                    |              |
| <b>Unidad litológica</b> | <b>Brecha Donoso</b>  |                   |                    |              |
| <b>Coordenadas</b>       | 100.866,2 m N / 100.815,38 m E<br>19 H / Sistema coordinado local   |                   |                    |              |
| <b>Sondaje</b>           | LB310907  |                   |                    |              |
| <b>Elevación / metro</b> | 3.731,7 m / 85,45 m   |                   |                    |              |
| <b>Clastos</b>           | No presenta Clastos   |                   |                    |              |
| - Forma                  | -   |                   |                    |              |
| - Tamaño                 | -   |                   |                    |              |
| - Textura                | -   |                   |                    |              |
| <b>Matriz</b>            | Gris oscura a negra (20%),<br>constituida principalmente por<br>turmalina y minerales opacos  |                   |                    |              |
| <b>Alteración:</b>       | La matriz de tonalidad oscura con una alteración fílica moderada.   |                   |                    |              |
| <b>Observación:</b>      | Se observa el desarrollo de 3 vetas (Microfotografía Adicional):  |                   |                    |              |
|                          | <ol style="list-style-type: none"> <li>1- Cuarzo (mm) paredes rectas, equigranular.</li> <li>2- Cuarzo inequigranular, alargado, sin sutura</li> <li>3- Cuarzo con sutura de sericita.</li> </ol> |                   |                    |              |
| <b>MATRIZ</b>            | <b>Porcentaje Total</b>   | 100%              |                    |              |
| <b>Composición</b>       | <b>%</b>  | <b>Alteración</b> | <b>Tamaño (mm)</b> | <b>Forma</b> |
| Cuarzo                   | 30  | -                 | 0,1-0,4            | Anhedral     |
| Sericita                 | 45  | -                 | 0,1-0,3            | Subhedral    |
| Clorita                  | 4   | -                 | 0,2-0,5            | Subhedral    |
| Turmalina                | 6   | -                 | 0,2-0,5            | Subhedral    |
| Opacos                   | 4   | -                 | 0,1-0,5            | Anhedral     |



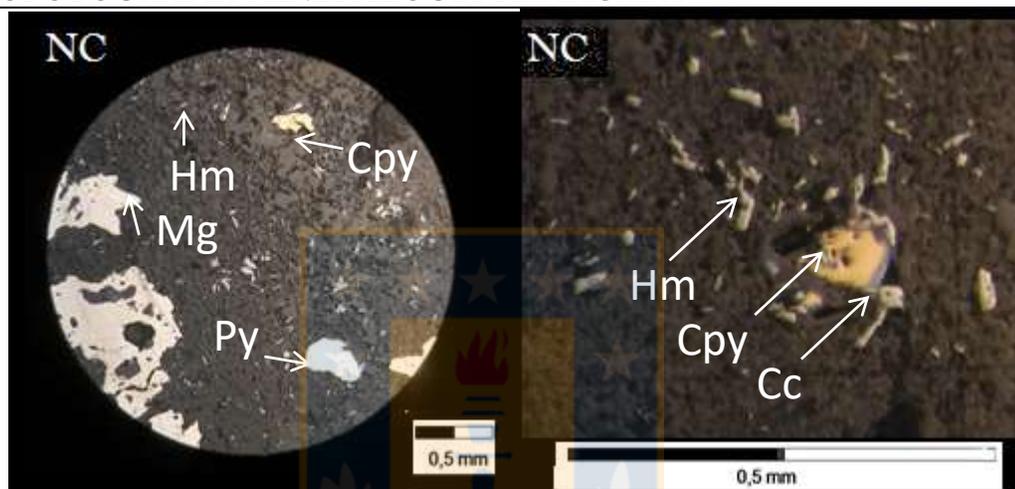
### COMPOSICIÓN MINERALÓGICA EN LUZ REFLEJADA

| Matriz            | %           | OCURRENCIA | OBSERVACIÓN               |
|-------------------|-------------|------------|---------------------------|
| Pirita (Py)       | 7           | Diseminado | Alteración superficial    |
| Calcopirita (Cpy) | 2           | Diseminado | 0,6 mm                    |
| Magnetita (Mg)    | 2           | Diseminado | 1,2 mm                    |
| Hematita (Hm)     | 5           | Diseminado | Habito en Tabular         |
| Calcosina (Cc)    | 0,2         | Reemplazo  | Alteración de Calcopirita |
| <b>Ley de Cu</b>  | <b>0,84</b> |            |                           |

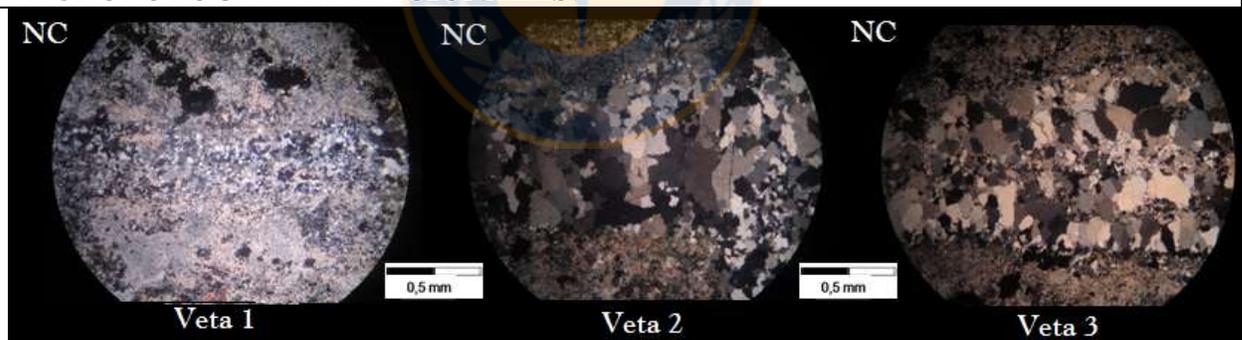
#### OBSERVACIÓN:

Mineralización metálica diseminada que ocurre en completa asociación.

#### MICROFOTOGRAFÍA MINERALOGÍA REFLEJADA

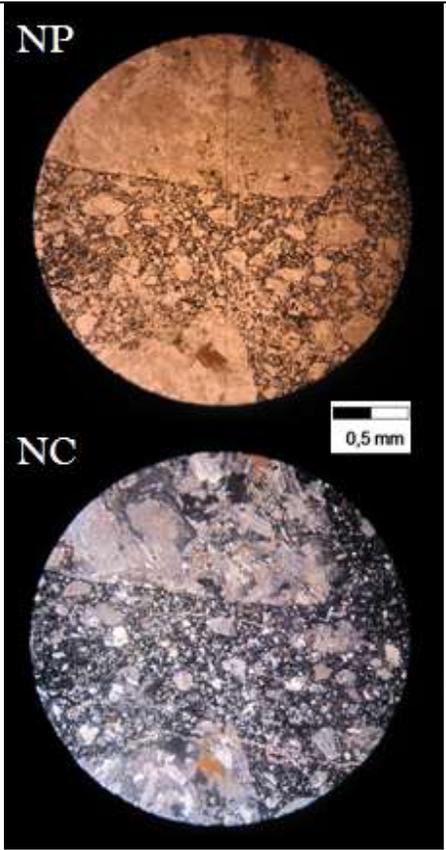


#### MICROFOTOGRAFÍA ADICIONALES:



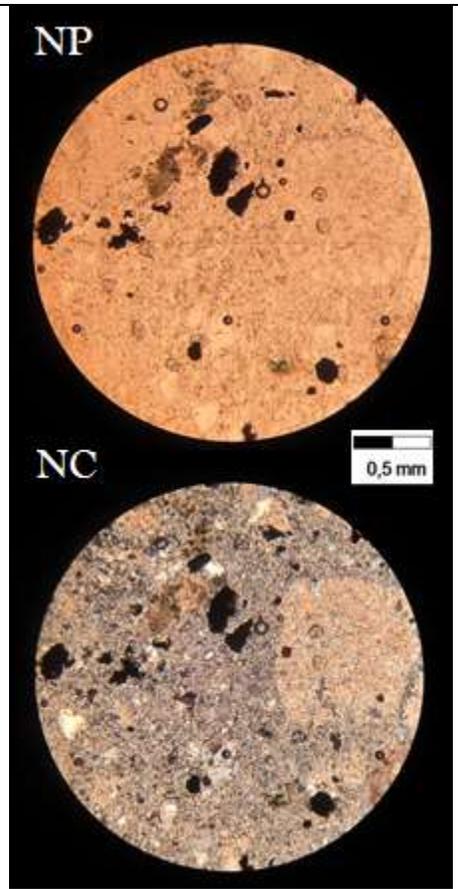
## DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA GRUPO BRECHAS CENTRO

|  |  |                                |     |                    |     |
|--|--|--------------------------------|-----|--------------------|-----|
| <b>Muestra</b>   | <b>LB31406@1179,2</b>  |                                |     |                    |     |
| <b>Unidad litológica</b>                                   | <b>Brecha Central</b>  |                                |     |                    |     |
| <b>Coordenadas</b>   | 98.781,84 m N / 100.964,13 m E<br>19 H / Sistema coordinado local  |                                |     |                    |     |
| <b>Sondaje</b>   | LB31406  |                                |     |                    |     |
| <b>Elevación / metro</b>                                   | 3.782,5 m / 1179,2 m   |                                |     |                    |     |
| <b>Clastos</b>   | Cuarzomonzonita (37%)  |                                |     |                    |     |
| - Forma  | Subangulares   |                                |     |                    |     |
| - Tamaño   | 2-15 mm  |                                |     |                    |     |
| - Textura  | Hipidiomorfica equigranular de grano medio.  |                                |     |                    |     |
| <b>Matriz</b>  | Gris oscuro a negra (62%), constituido principalmente por polvo de roca y minerales opacos.  |                                |     |                    |     |
| <b>Alteración:</b>   | Los clastos ostentan principalmente a una cloritización y silicificación moderada. Localmente una alteración fílica moderada.<br>La matriz se caracteriza por un alto contenido en opacos y alteración fílica moderada y cloritización incipiente. |                                |     |                    |     |
| <b>Observación:</b>  |  |                                |     |                    |     |
| <b>CLASTOS</b>   | <b>Porcentaje Total</b>  | 37%                            |     |                    |     |
| <b>Composición</b>   | <b>%</b>   | <b>Alteración</b>              |     | <b>Tamaño (mm)</b> |     |
| Cuarzo primario  | 5  | -                              |     | 0,3-2              |     |
| Cuarzo Secundario  | 5  | -                              |     | 1-1,5              |     |
| Plagioclasa  | 10   | Sericita y arcillas (moderada) |     | 0,5-3              |     |
| Microclina   | 10   | Arcillas (moderada)            |     | 0,5-3              |     |
| Biotita Primaria   | 3  | Clorita (intensa)              |     | 0,5-1,4            |     |
| Biotita Secundaria   | 2  | Clorita (moderada)             |     | 0,3-0,7            |     |
| Epidota  | 1  | -                              |     | <0,3               |     |
| Minerales opacos   | 1  | -                              |     | <0,5               |     |
| <b>COMPOSICIÓN NORMALIZADA CLASTOS (STRECKEISEN, 1976)</b> |  |                                |     |                    |     |
| <b>Cuarzo</b>  | 20%  | <b>Plagioclasa</b>             | 40% | <b>F. Potásico</b> | 40% |
| <b>CUARZOMONZONITA</b>                                     |  |                                |     |                    |     |
| <b>MATRIZ</b>  | <b>Porcentaje Total</b>  | 62%                            |     |                    |     |
| <b>Composición</b>   | <b>%</b>   | <b>Alteración</b>              |     | <b>Tamaño (mm)</b> |     |
| Cuarzo   | 7  | -                              |     | 0,1-0,4            |     |
| Plagioclasa  | 6  | Sericita (moderada)            |     | 0,1-0,4            |     |
| Biotita  | 2  | Clorita (moderada)             |     | 0,1-0,3            |     |
| Opacos y polvo de roca                                     | 47   | -                              |     | 0,1-0,5            |     |



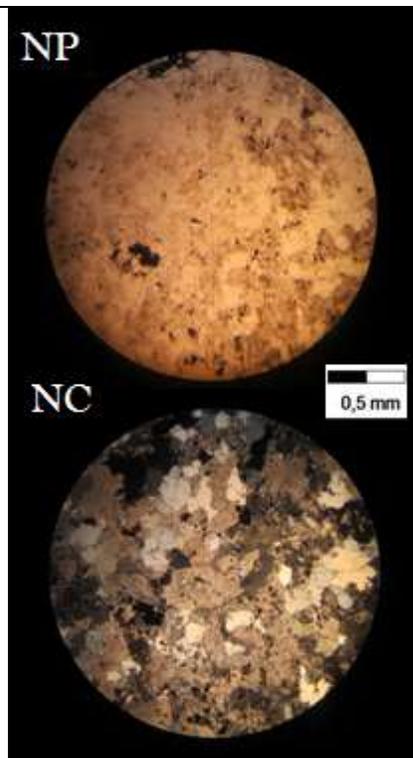
| <b>COMPOSICIÓN MINERALÓGICA EN LUZ REFLEJADA</b>  |               |                       |  |
|---|---------------|-----------------------|--|
| <b>MINERAL</b>  | <b>%</b>      | <b>OCURRENCIA</b>     | <b>OBSERVACIÓN</b>                           |
| Pirita  | 1             | Vetillas y diseminado | Subhedral.<br>Vetillas con Calcopirita (1mm) |
| Calcopirita   | 0,5           | Vetillas y diseminado | Anhedral<br>Vetillas con Pirita (1 mm)       |
| <b>Ley de Cu</b>  | <b>0,17 %</b> |                       |  |
| <b>OBSERVACIÓN:</b>   |               |                       |  |
| Mineralogía metálica se encuentra diseminada tanto en clastos y matriz. La variación de tamaño es homogénea en la roca. |               |                       |  |
| Vetas afectan tanto a la matriz como los clastos, por lo que se asume un origen posterior.                              |               |                       |  |
| Ambos minerales metálicos se encuentran en asociación.  |               |                       |  |
| <b>MICROFOTOGRAFÍA MINERALOGÍA REFLEJADA</b>  |               |                       |  |
|   |               |                       |  |

|  |   |                               |                    |                        |
|--|---|-------------------------------|--------------------|------------------------|
| <b>Muestra</b>   | <b>LB7207@209</b>   |                               |                    |                        |
| <b>Unidad litológica</b>                                   | <b>Brecha Central</b>   |                               |                    |                        |
| <b>Coordenadas</b>   | 98.104,46 m N / 102.013,1 m E<br>19 H / Sistema coordinado local  |                               |                    |                        |
| <b>Sondaje</b>   | LB7207  |                               |                    |                        |
| <b>Elevación / metro</b>                                   | 4.225,7 m / 209 m   |                               |                    |                        |
| <b>Clastos</b>   | Corte transparente presenta clastos de monzogranito (8%)<br>Pulido presenta un 57% de clastos de la Unidad Cuarzomonzonita (monzogranito) y un 3% de Andesita   |                               |                    |                        |
| - Forma  | subangulares a subredondeados   |                               |                    |                        |
| - Tamaño   | 2-30 mm   |                               |                    |                        |
| - Textura  | Hipidiomorfica equigranular grano medio.  |                               |                    |                        |
| <b>Matriz</b>  | Gris clara a oscura localmente.<br>Pulido presenta un 40% de la roca.   |                               |                    |                        |
| <b>Alteración:</b>   | Los clastos distinguen una alteración potásica moderada, obliterada en parte por una alteración fílica intensa. Localmente una alteración argílica incipiente a moderada. La matriz se caracteriza por una alteración fílica intensa. |                               |                    |                        |
| <b>CLASTOS</b>   | <b>Porcentaje Total</b>   | 8%                            |                    |                        |
| <b>Composición</b>   | <b>%</b>  | <b>Alteración</b>             | <b>Tamaño (mm)</b> | <b>Forma</b>           |
| Cuarzo primario  | 2   | -                             | 1-2                | Anhedral               |
| Plagioclasa  | 1   | Sericita (intensa)            | 2-3                | Subhedral              |
| Microclina   | 3   | Sericita y Arcillas (intenso) | 2-3                | Anhedral               |
| Minerales opacos   | 2   | -                             | <0,5               | Anhedral               |
| <b>COMPOSICIÓN NORMALIZADA CLASTOS (STRECKEISEN, 1976)</b> |   |                               |                    |                        |
| <b>Cuarzo</b>  | 33,3%   | <b>Plagioclasa</b>            | 16,7%              | <b>F. Potásico</b> 50% |
| <b>MONZOGRANITO</b>  |   |                               |                    |                        |
| <b>MATRIZ</b>  | <b>Porcentaje Total</b>   | 92%                           |                    |                        |
| <b>Composición</b>   | <b>%</b>  | <b>Alteración</b>             | <b>Tamaño (mm)</b> | <b>Forma</b>           |
| Cuarzo   | 40  | -                             | 0,1-0,5            | Anhedral               |
| Plagioclasa  | 5   | Sericita y arcillas (intenso) | 0.1-0.3            | Subhedral              |
| Sericita   | 40  | -                             | 0,1-0,3            | Subhedral              |
| Biotita secundaria   | 5   | Clorita (intenso)             | 0,1-0,3            | Anhedral               |
| Opacos   | 2   | -                             | 0,1-0,2            | Anhedral               |



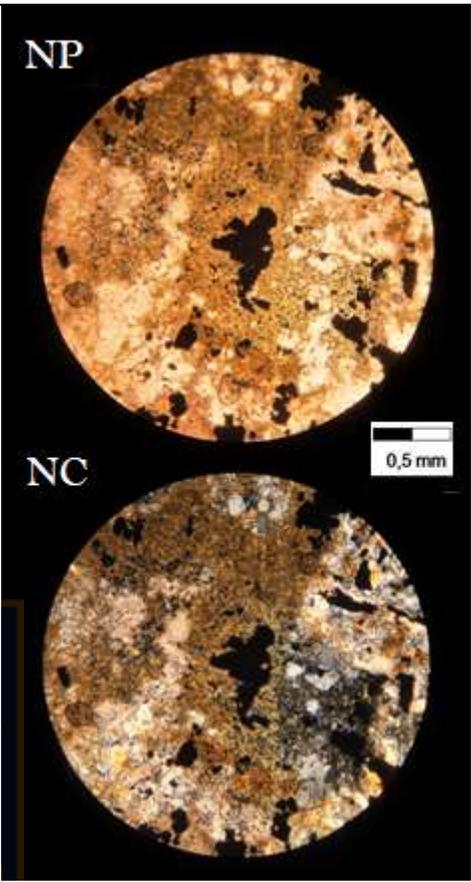
| <b>COMPOSICIÓN MINERALÓGICA EN LUZ REFLEJADA</b>  |             |  |                    |
|---|-------------|--|--------------------|
| <b>Matriz</b>   | <b>%</b>    | <b>OCURRENCIA</b>                                      | <b>OBSERVACIÓN</b> |
| Pirita (Py)   | 8           | Diseminado   | 0,5 mm             |
| Calcopirita (Cpy)   | 2           | Diseminado   | 0,3 mm             |
| Magnetita (Mg)  | 1           | Diseminado   | 0,3 mm             |
| Hematita (Hm)   | 1           | Diseminado   | 0,3 mm             |
| <b>Clastos</b>  | <b>%</b>    | <b>OCURRENCIA</b>                                      | <b>Observación</b> |
| Pirita (Py)   | 5           | Diseminado   | 0.5 mm             |
| Calcopirita (Cpy)   | 2           | Diseminado   | 0.3 mm             |
| Magnetita (Mg)  | 1           | Diseminado   | 0,2 mm             |
| Hematita (Hm)   | 2           | Diseminado   | 0,3 mm             |
| <b>Ley de Cu:</b>   | <b>0,64</b> | <b>(Promedio de ley considerando matriz y clastos)</b> |                    |
| <b>OBSERVACIÓN:</b>   |             |  |                    |
| Mineralización metálica tanto en la matriz como en los clastos. El tamaño de grano en forma moderada a lo largo del pulido. La mineralización mayormente de pirita que otro mineral tanto en matriz como clastos y posee un carácter primario, ya que la calcopirita y magnetita rellenan espacios dentro de la pirita. |             |  |                    |
| <b>MICROFOTOGRAFÍA MINERALOGÍA REFLEJADA</b>  |             |  |                    |
|   |             |  |                    |

|  |  |                               |                    |                    |     |                        |
|--|--|-------------------------------|--------------------|--------------------|-----|------------------------|
| <b>Muestra</b>   | <b>LB6207@1179,2</b>   |                               |                    |                    |     |                        |
| <b>Unidad litológica</b>                                   | <b>Brecha Central</b>  |                               |                    |                    |     |                        |
| <b>Coordenadas</b>   | 97.833,07 m N / 102.246,96 m E<br>19 H / Sistema coordinado local  |                               |                    |                    |     |                        |
| <b>Sondaje</b>   | LB6207   |                               |                    |                    |     |                        |
| <b>Elevación / metro</b>                                   | 4.230 m / 1.179,2 m  |                               |                    |                    |     |                        |
| <b>Clastos</b>   | Cuarzomonzonita (94%)  |                               |                    |                    |     |                        |
| - Forma  | subangulares a subredondeados  |                               |                    |                    |     |                        |
| - Tamaño   | 2-10 mm  |                               |                    |                    |     |                        |
| - Textura  | Hipidiomorfica equigranular grano grueso   |                               |                    |                    |     |                        |
| <b>Matriz</b>  | Gris oscura (6%).  |                               |                    |                    |     |                        |
| <b>Alteración:</b>   | Los clastos ostentan una alteración fílica intensa, que oblitera en gran medida la mineralogía original.<br>La matriz posee una cloritización y silicificación moderada. |                               |                    |                    |     |                        |
| <b>CLASTOS</b>   | <b>Porcentaje Total</b>  | 94%                           |                    |                    |     |                        |
| <b>Composición</b>   | <b>%</b>   | <b>Alteración</b>             | <b>Tamaño (mm)</b> | <b>Forma</b>       |     |                        |
| Cuarzo   | 22   | -                             | 1,2-3              | Anhedral           |     |                        |
| Plagioclasa  | 48   | Sericita y arcillas (intenso) | 1,2-3              | Subhedral          |     |                        |
| Microclina   | 18   | Sericita y arcillas (intenso) | 1,2-3              | Anhedral           |     |                        |
| Turmalina  | 2  | -                             | 0,2-0,4            | Euhedral           |     |                        |
| Clorita  | 2  | -                             | 0,2-0,4            | Anhedral           |     |                        |
| Minerales opacos   | 4  | -                             | <0,5               | Anhedral           |     |                        |
| <b>COMPOSICIÓN NORMALIZADA CLASTOS (STRECKEISEN, 1976)</b> |  |                               |                    |                    |     |                        |
| <b>Cuarzo</b>  | 20%  | <b>Plagioclasa</b>            | 40%                | <b>F. Potásico</b> | 40% | <b>CUARZOMONZONITA</b> |
| <b>MATRIZ</b>  | <b>Porcentaje Total</b>  | 6%                            |                    |                    |     |                        |
| <b>Composición</b>   | <b>%</b>   | <b>Alteración</b>             | <b>Tamaño (mm)</b> | <b>Forma</b>       |     |                        |
| Cuarzo   | 2  | -                             | 0,1-0,5            | Anhedral           |     |                        |
| Turmalina  | 0,5  | -                             | 0,1-0,2            | Subhedral          |     |                        |
| Sericita   | 2  | -                             | 0,1-0,2            | Subhedral          |     |                        |
| Clorita secundaria   | 1  | -                             | 0,1-0,3            | Anhedral           |     |                        |
| Opacos   | 0,5  | -                             | 0,1-0,2            | Anhedral           |     |                        |

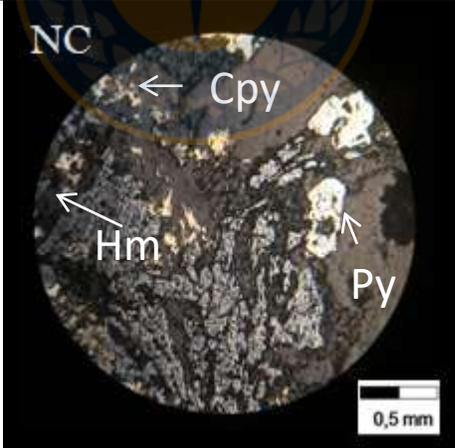


| <b>COMPOSICIÓN MINERALÓGICA EN LUZ REFLEJADA</b>   |            |  |                               |
|--|------------|--|-------------------------------|
| <b>Matriz</b>  | <b>%</b>   | <b>OCURRENCIA</b>                                      | <b>OBSERVACIÓN</b>            |
| Pirita (Py)  | 4          | Diseminado   | 0,6 mm                        |
| Hematita (Hm)  | 2          | Diseminado   | 0,2 mm                        |
| <b>Clastos</b>   | <b>%</b>   | <b>Observación</b>                                     | <b>Mineral en Clastos (%)</b> |
| Pirita (Py)  | 3          | Diseminado   | 0,4 mm                        |
| Hematita (Hm)  | 2          | Diseminado   | 0,2 mm                        |
| <b>Ley de Cu:</b>  | <b>0,0</b> | <b>(Promedio de ley considerando matriz y clastos)</b> |                               |
| <b>OBSERVACIÓN:</b>  |            |  |                               |
| Mineralización metálica tanto en la matriz como en los clastos. El tamaño de grano en forma moderada a lo largo del pulido (mayor tamaño en matriz). |            |  |                               |
| <b>MICROFOTOGRAFÍA MINERALOGÍA REFLEJADA</b>   |            |  |                               |
| <p>La microfotografía muestra una matriz (NC) con clastos de Pirita (Py) y Hematita (Hm). Se incluye una escala de 0,5 mm.</p>                       |            |  |                               |

|   |  |                               |                    |                    |           |
|---|--|-------------------------------|--------------------|--------------------|-----------|
| <b>Muestra</b>  | <b>LB8407@67</b>   |                               |                    |                    |           |
| <b>Unidad litológica</b>  | <b>Brecha Occidente</b>  |                               |                    |                    |           |
| <b>Coordenadas</b>  | 100.373,54 m N / 101.346,76 m E<br>19 H / Sistema coordinado local |                               |                    |                    |           |
| <b>Sondaje</b>  | LB8407   |                               |                    |                    |           |
| <b>Elevación metro</b>  | / 3.775,7 m / 67 m   |                               |                    |                    |           |
| <b>Clastos</b>  | Cuarzomonzonita?, obliterada por la alteración (46%)               |                               |                    |                    |           |
| - Forma   | subangulares   |                               |                    |                    |           |
| - Tamaño  | 2-15 mm  |                               |                    |                    |           |
| - Textura   | Obliterada por alteraciones  |                               |                    |                    |           |
| <b>Matriz</b>   | Gris verdosa (54%)   |                               |                    |                    |           |
| <b>Alteración:</b>  |  |                               |                    |                    |           |
| Los clastos tienen una alteración fílica intensa, que oblitera la composición original de los clastos. Localmente una cloritización intensa sobre biotitas secundarias (alteración potásica incipiente). La matriz se caracteriza por una alteración fílica intensa principal, acompañada de una cloritización intensa local. |  |                               |                    |                    |           |
| <b>CLASTOS</b>  | <b>Porcentaje Total</b>  | 46%                           |                    |                    |           |
| <b>Composición</b>  | <b>%</b>   | <b>Alteración</b>             | <b>Tamaño (mm)</b> | <b>Forma</b>       |           |
| Cuarzo secundario   | 15   | -                             | 0,1-0,5            | Anhedral           |           |
| Sericita  | 16   | -                             | 0,1-0,3            | Subhedral          |           |
| Biotita secundaria  | 5  | Clorita (intensa)             | 0,1-0,3            | Subhedral          |           |
| Clorita secundaria  | 5  | -                             | 0,1-0,3            | Subhedral          |           |
| Minerales opacos  | 5  | -                             | 0,1-0,3            | Anhedral           |           |
| <b>COMPOSICIÓN NORMALIZADA CLASTOS (STRECKEISEN, 1976)</b>  |  |                               |                    |                    |           |
| <b>Cuarzo</b>   | <b>-%</b>  | <b>Plagioclasa</b>            | <b>-%</b>          | <b>F. Potásico</b> | <b>-%</b> |
|   |  |                               |                    |                    | -         |
| <b>MATRIZ</b>   | <b>Porcentaje Total</b>  | 54%                           |                    |                    |           |
| <b>Composición</b>  | <b>%</b>   | <b>Alteración</b>             | <b>Tamaño (mm)</b> | <b>Forma</b>       |           |
| Cuarzo  | 21   | -                             | 0,1-0,5            | Anhedral           |           |
| Plagioclasa   | 8  | Sericita y arcillas (intensa) | 0.1-0.3            | Anhedral           |           |

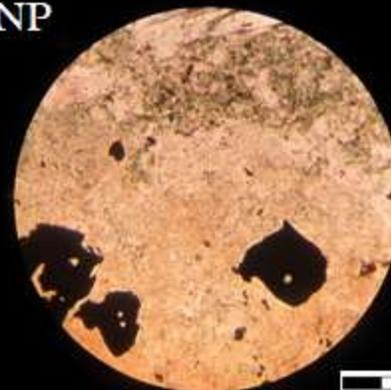


|                    |   |                   |         |           |
|--------------------|---|-------------------|---------|-----------|
| Sericita           | 6 | -                 | 0,1-0,3 | Subhedral |
| Biotita secundaria | 4 | Clorita (intensa) | 0,1-0,3 | Anhedral  |
| Anhidrita          | 9 | -                 | 0,1-0,3 | Anhedral  |
| Clorita            | 4 | -                 | 0,1-0,5 | Anhedral  |
| Opacos             | 2 | -                 | 0,1-0,2 | Anhedral  |

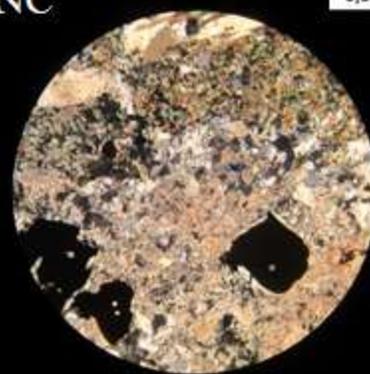
| <b>COMPOSICIÓN MINERALÓGICA EN LUZ REFLEJADA</b>   |             |  |                               |
|--|-------------|--|-------------------------------|
| <b>Matriz</b>  | <b>%</b>    | <b>OCURRENCIA</b>                                      | <b>OBSERVACIÓN</b>            |
| Pirita (Py)  | 2           | Diseminado   | Subhedral, (0,5 mm)           |
| Calcopirita (Cpy)  | 2           | Diseminado   | Anhedral, (0,3 mm)            |
| Hematita (Hm)  | 4           | Diseminado   | Subhedral (0,3 mm)            |
| <b>Clastos</b>   | <b>%</b>    | <b>Observación</b>                                     | <b>Mineral en Clastos (%)</b> |
| Pirita (Py)  | 3           | Diseminado   | Subhedral, (0,5 mm)           |
| Calcopirita (Cpy)  | 3           | Diseminado   | Anhedral, (0,3 mm)            |
| Hematita (Hm)  | 3           | Diseminado   | Subhedral (0,2 mm)            |
| <b>Ley de Cu:</b>  | <b>0,64</b> | <b>(Promedio de ley considerando matriz y clastos)</b> |                               |
| <b>OBSERVACIÓN:</b>  |             |  |                               |
| Mineralización metálica tanto en la matriz como en los clastos. El tamaño de grano en forma moderada a lo largo del pulido. La mineralización mayormente de pirita que otro mineral tanto en matriz como clastos y posee un carácter primario, ya que la calcopirita y hematita rellenan espacios dentro de la pirita. |             |  |                               |
| <b>MICROFOTOGRAFÍA MINERALOGÍA REFLEJADA</b>   |             |  |                               |
|    |             |  |                               |

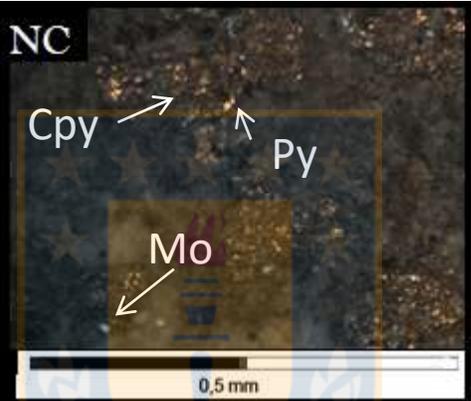
|  |   |                               |                    |                    |           |   |
|--|---|-------------------------------|--------------------|--------------------|-----------|---|
| <b>Muestra</b>   | <b>LB8407@104</b>   |                               |                    |                    |           |   |
| <b>Unidad litológica</b>                                   | <b>Brecha Occidente</b>   |                               |                    |                    |           |   |
| <b>Coordenadas</b>   | 100.373,54 m N / 101.346,76 m E<br>19 H / Sistema coordinado local  |                               |                    |                    |           |   |
| <b>Sondaje</b>   | LB8407  |                               |                    |                    |           |   |
| <b>Elevación / metro</b>                                   | 3.775,7 m / 104 m   |                               |                    |                    |           |   |
| <b>Clastos</b>   | Cuarzomonzonita?, composición obliterada por alteración   |                               |                    |                    |           |   |
| - Forma  | subangulares a subredondeados   |                               |                    |                    |           |   |
| - Tamaño   | 2-10 mm   |                               |                    |                    |           |   |
| - Textura  | Hipidiomorfica granular grano medio.  |                               |                    |                    |           |   |
| <b>Matriz</b>  | Gris verdosa (25%).<br>Pulido presenta un 40% de la roca.   |                               |                    |                    |           |   |
| <b>Alteración:</b>   | Los clastos lucen una alteración fílica intensa, que oblitera la mineralogía original.<br>La matriz se encuentra principalmente alterada a clorita y silicificada localmente. |                               |                    |                    |           |   |
| <b>CLASTOS</b>   | <b>Porcentaje Total</b>   | 75%                           |                    |                    |           |   |
| <b>Composición</b>   | <b>%</b>  | <b>Alteración</b>             | <b>Tamaño (mm)</b> | <b>Forma</b>       |           |   |
| Cuarzo secundario  | 35  | -                             | 0,1-0,3            | Anhedral           |           |   |
| Sericita   | 36  | -                             | 0,1-0,3            | Anhedral           |           |   |
| Clorita  | 2   | -                             | 0,2-0,4            | Anhedral           |           |   |
| Minerales opacos   | 2   | -                             | <0,5               | Anhedral           |           |   |
| <b>COMPOSICIÓN NORMALIZADA CLASTOS (STRECKEISEN, 1976)</b> |   |                               |                    |                    |           |   |
| <b>Cuarzo</b>  | <b>-%</b>   | <b>Plagioclasa</b>            | <b>-%</b>          | <b>F. Potásico</b> | <b>-%</b> | - |
| <b>MATRIZ</b>  | <b>Porcentaje Total</b>   | 25%                           |                    |                    |           |   |
| <b>Composición</b>   | <b>%</b>  | <b>Alteración</b>             | <b>Tamaño (mm)</b> | <b>Forma</b>       |           |   |
| Cuarzo   | 12  | -                             | 0,1-0,5            | Anhedral           |           |   |
| Turmalina  | 4   | Sericita y arcillas (intenso) | 0.1-0.3            | Subhedral          |           |   |
| Sericita   | 4   | -                             | 0,1-0,3            | Subhedral          |           |   |
| Clorita  | 3   | Clorita (intenso)             | 0,1-0,3            | Anhedral           |           |   |
| Opacos   | 2   | -                             | 0,1-0,2            | Anhedral           |           |   |

NP



NC



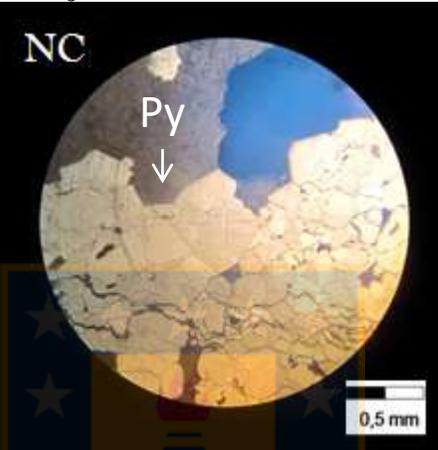
| <b>COMPOSICIÓN MINERALÓGICA EN LUZ REFLEJADA</b>  |             |  |                               |
|---|-------------|--|-------------------------------|
| <b>Matriz</b>   | <b>%</b>    | <b>OCURRENCIA</b>                                      | <b>OBSERVACIÓN</b>            |
| Pirita (Py)   | 3           | Diseminado   | 0,5 mm                        |
| Calcopirita (Cpy)   | 0.2         | Diseminado   | 0,3 mm                        |
| Molibdenita (Mo)  | 0,1         | Diseminado   | 0,3 mm                        |
| <b>Clastos</b>  | <b>%</b>    | <b>Observación</b>                                     | <b>Mineral en Clastos (%)</b> |
| Pirita (Py)   | 3           | Diseminado   | 0.5 mm                        |
| Calcopirita (Cpy)   | 0.2         | Diseminado   | 0.3 mm                        |
| Molibdenita (Mo)  | 0,1         | Diseminado   | 0,2 mm                        |
| <b>Ley de Cu:</b>   | <b>0,06</b> | <b>(Promedio de ley considerando matriz y clastos)</b> |                               |
| <b>OBSERVACIÓN:</b>   |             |  |                               |
| Mineralización metálica tanto en la matriz como en los clastos. El tamaño de grano en forma moderada a lo largo del pulido.   |             |  |                               |
| <b>MICROFOTOGRAFÍA MINERALOGÍA REFLEJADA</b>  |             |  |                               |
|  <p>La microfotografía muestra una matriz oscura con inclusiones brillantes de minerales. Se identifican Pirita (Py), Calcopirita (Cpy) y Molibdenita (Mo). Una escala de 0,5 mm está visible en la parte inferior de la imagen.</p> |             |  |                               |

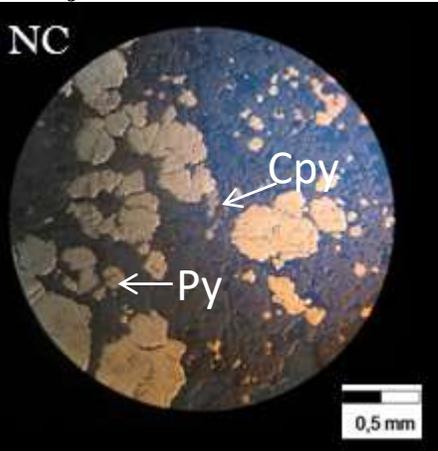
## DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA GRUPO BRECHAS SUR

|   |   |                             |                    |                    |       |                     |
|---|---|-----------------------------|--------------------|--------------------|-------|---------------------|
| <b>Muestra</b>  | <b>45706@344</b>  |                             |                    |                    |       |                     |
| <b>Unidad litológica</b>  | <b>Brecha Fantasma</b>  |                             |                    |                    |       |                     |
| <b>Coordenadas</b>  | 99.962,9 m N / 101.227,7 m E<br>19 H/Sistema coordenado local |                             |                    |                    |       |                     |
| <b>Sondaje</b>  | LB45706   |                             |                    |                    |       |                     |
| <b>Elevación/ metro</b>   | 3.804,2 m / 344m  |                             |                    |                    |       |                     |
| <b>Clastos</b>  | Monzogranito (80%)  |                             |                    |                    |       |                     |
| - Forma   | subangulares  |                             |                    |                    |       |                     |
| - Tamaño  | 10-20 mm  |                             |                    |                    |       |                     |
| - Textura   | Intersectal de grano grueso                                   |                             |                    |                    |       |                     |
| <b>Matriz</b>   | Blanco grisáceo (20%)   |                             |                    |                    |       |                     |
| <b>Alteración:</b><br>Tanto clastos como matriz se caracterizan por una alteración fílica moderada. |   |                             |                    |                    |       |                     |
| <b>CLASTOS</b>  | <b>Porcentaje Total</b>                                       | 94%                         |                    |                    |       |                     |
| <b>Composición</b>  | <b>%</b>  | <b>Alteración</b>           | <b>Tamaño (mm)</b> | <b>Forma</b>       |       |                     |
| Cuarzo  | 26  | -                           | 1,2-3              | Anhedral           |       |                     |
| Plagioclasa   | 48  | Sericita y arcillas intenso | 1,2-3              | subhedral          |       |                     |
| Microclina  | 18  | Sericita y arcillas intenso | 1,2-3              | Anhedral           |       |                     |
| Biotita   | 2   | -                           | 0,2-0,4            | Euhedral           |       |                     |
| Clorita   | 2   | -                           | 0,2-0,4            | Anhedral           |       |                     |
| Minerales opacos  | 4   | -                           | <0,5               | Anhedral           |       |                     |
| <b>COMPOSICIÓN NORMALIZADA CLASTOS (STRECKEISEN, 1976)</b>  |   |                             |                    |                    |       |                     |
| <b>Cuarzo</b>   | 28,3%   | <b>Plagioclasa</b>          | 52,2%              | <b>F. Potásico</b> | 19,6% | <b>MONZOGRANITO</b> |
| <b>MATRIZ</b>   | <b>Porcentaje Total</b>                                       |                             | 6%                 |                    |       |                     |
| <b>Composición</b>  | <b>%</b>  | <b>Alteración</b>           | <b>Tamaño (mm)</b> | <b>Forma</b>       |       |                     |
| Cuarzo  | 13  | -                           | 0,1-0,5            | Anhedral           |       |                     |
| Sericita  | 5   | -                           | 0.1-0.2            | Subhedral          |       |                     |
| Biotita secundaria  | 2   | -                           | 0,1-0,2            | Subhedral          |       |                     |
| Clorita   | 1   | -                           | 0,1-0,3            | Anhedral           |       |                     |
| Opacos  | 0,5   | -                           | 0,1-0,2            | Anhedral           |       |                     |

| <b>COMPOSICIÓN MINERALÓGICA EN LUZ REFLEJADA</b>   |             |  |                               |
|--|-------------|--|-------------------------------|
| <b>Matriz</b>  | <b>%</b>    | <b>OCURRENCIA</b>                                      | <b>OBSERVACIÓN</b>            |
| Magnetita (Mg)   | 4           | Diseminado   | Alterado a Hematita           |
| Hematita (Hm)  | 2           | Diseminado   | Reemplazo en Magnetita        |
| <b>Clastos</b>   | <b>%</b>    | <b>Observación</b>                                     | <b>Mineral en Clastos (%)</b> |
| Calcopirita (Cpy)  | 2           | Diseminado   | Anhedral (0,4 mm)             |
| Magnetita (Mg)   | 1           | Diseminado   | Alterado a Hematita           |
| Hematita (Hm)  | 2           | Diseminado y reemplazo                                 | Reemplazo en Magnetita        |
| <b>Ley de Cu:</b>  | <b>0,34</b> | <b>(Promedio de ley considerando matriz y clastos)</b> |                               |
| <b>OBSERVACIÓN:</b>  |             |  |                               |
| Mineralización metálica tanto en la matriz como en los clastos. El tamaño de grano en forma moderada a lo largo del pulido (mayor tamaño en matriz).   |             |  |                               |
| <b>MICROFOTOGRAFÍA MINERALOGÍA REFLEJADA</b>   |             |  |                               |
| <p>La microfotografía muestra una matriz oscura con clastos de Calcopirita (Cpy) y Magnetita (Mg) que han sido alterados a Hematita (Hm). Se observan inclusiones de Hematita dentro de los clastos de Magnetita. Una escala de 0,5 mm está visible en la parte inferior de la imagen.</p> |             |  |                               |

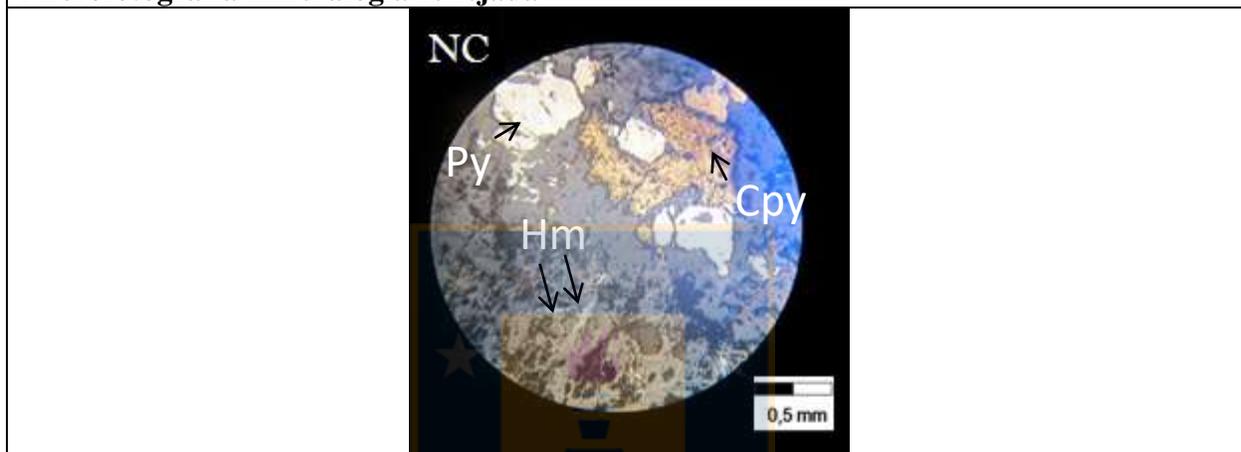
## OTRAS MUESTRAS EN LUZ REFLEJADA

| Composición mineralógica en luz reflejada   |                  |                          |                                 |
|---|------------------|--------------------------|---------------------------------|
| <b>Muestra</b>  | <b>1307@63,5</b> | <b>Unidad litológica</b> | -                               |
| <b>Sondaje</b>  | LB1307           | <b>Coordenadas</b>       | 101.019,22 m N / 100.498,23 m E |
| <b>Metro</b>  | 63,5 m           |                          | 19 H / Sistema coordinado local |
| <b>Mineral</b>  | <b>%</b>         | <b>Ocurrencia</b>        | <b>Observación</b>              |
| Pirita  | 45               | Diseminado               | Subhedral a euhedral            |
| <b>Ley de cobre</b>   | <b>0</b>         |                          |                                 |
| Microfotografía mineralógica reflejada  |                  |                          |                                 |
|  |                  |                          |                                 |

| Composición mineralógica en luz reflejada  |                   |                          |                                 |
|--|-------------------|--------------------------|---------------------------------|
| <b>Muestra</b>   | <b>31406@73,2</b> | <b>Unidad litológica</b> | -                               |
| <b>Sondaje</b>   | LB31406           | <b>Coordenadas</b>       | 98.781,84 m N / 100.964,13 m E  |
| <b>Metro</b>   | 73,2 m            |                          | 19 H / Sistema coordinado local |
| <b>Mineral</b>   | <b>%</b>          | <b>Ocurrencia</b>        | <b>Observación</b>              |
| Pirita   | 80                | Diseminado               | Subhedral                       |
| Calcopirita  | 1                 | Diseminado               | Anhedral                        |
| <b>Ley de cobre</b>  | <b>0,34</b>       |                          |                                 |
| Microfotografía mineralógica reflejada   |                   |                          |                                 |
|  |                   |                          |                                 |

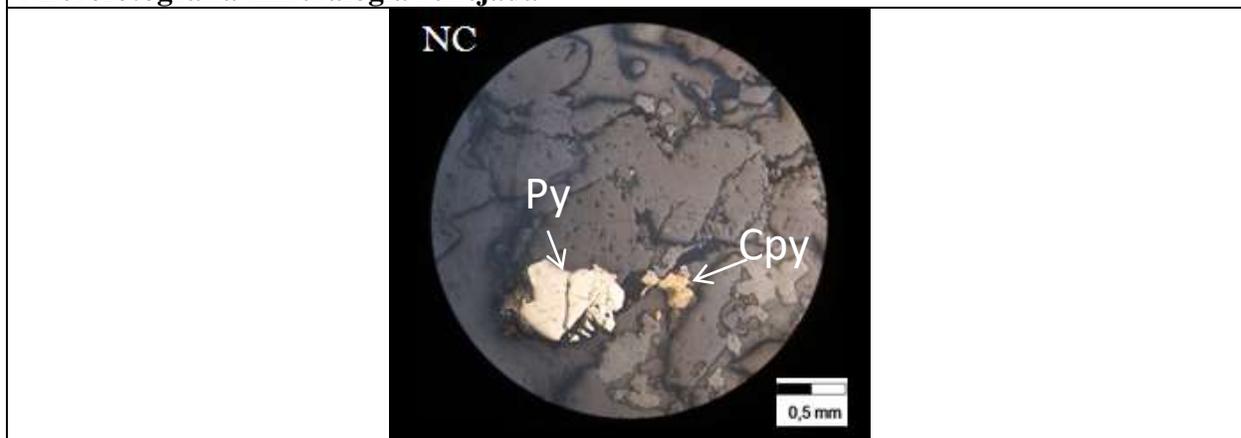
| Composición mineralógica en luz reflejada |                    |                          |   |
|---|--------------------|--------------------------|---|
| <b>Muestra</b>                            | <b>31406@126,8</b> | <b>Unidad litológica</b> | -   |
| <b>Sondaje</b>                            | LB31406            | <b>Coordenadas</b>       | 98.781,84 m N / 100.964,13 m E<br>19 H / Sistema coordinado local |
| <b>Metro</b>                              | 126,8 m            |                          |   |
| <b>Mineral</b>                            | <b>%</b>           | <b>Ocurrencia</b>        | <b>Observación</b>  |
| Pirita                                    | 3                  | Diseminado               | Subhedral   |
| Calcopirita                               | 18                 | Diseminado               | Anhedral  |
| Hematita                                  | 16                 | Diseminado y reemplazo   | Euhedral (habito tabular)   |
| <b>Ley de cobre</b>                       | <b>6,12</b>        |                          |   |

#### Microfotografía mineralogía reflejada



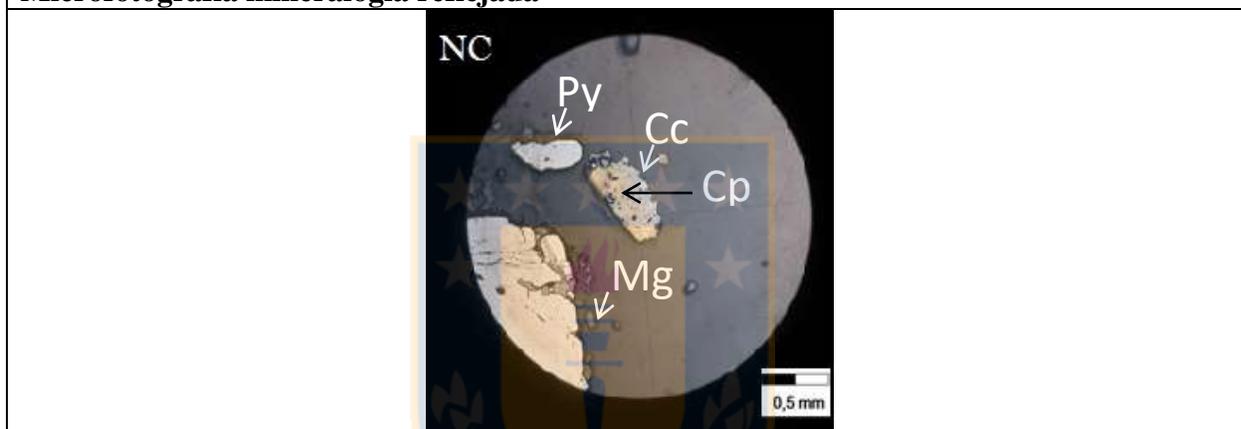
| Composición mineralógica en luz reflejada |                    |                          |   |
|---|--------------------|--------------------------|---|
| <b>Muestra</b>                            | <b>31406@152,8</b> | <b>Unidad litológica</b> | -   |
| <b>Sondaje</b>                            | LB31406            | <b>Coordenadas</b>       | 98.781,84 m N / 100.964,13 m E<br>19 H / Sistema coordinado local |
| <b>Metro</b>                              | 152,8 m            |                          |   |
| <b>Mineral</b>                            | <b>%</b>           | <b>Ocurrencia</b>        | <b>Observación</b>  |
| Pirita                                    | 82                 | Diseminado               | Subhedral   |
| Calcopirita                               | 3                  | Diseminado               | Anhedral  |
| <b>Ley de Cobre</b>                       | <b>1,02</b>        |                          |   |

#### Microfotografía mineralogía reflejada



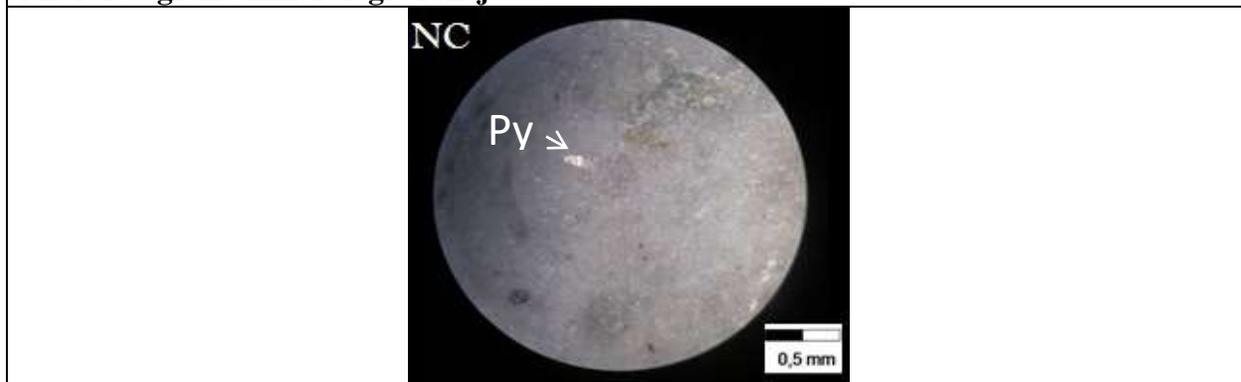
| <b>Composición mineralógica en luz reflejada</b> |                      |                          |                                 |
|--|----------------------|--------------------------|---------------------------------|
| <b>Muestra</b>                                   | <b>LB45706@509,6</b> | <b>Unidad litológica</b> | -                               |
| <b>Sondaje</b>                                   | LB45706              | <b>Coordenadas</b>       | 99.962,91 m N / 101.227,77 m E  |
| <b>Metro</b>                                     | 509,6 A              |                          | 19 H / Sistema coordinado local |
| <b>Mineral</b>                                   | <b>%</b>             | <b>Ocurrencia</b>        | <b>Observación</b>              |
| Pirita   | 15                   | Diseminado               | Subhedral                       |
| Calcopirita                                      | 5                    | Diseminado               | Anhedral.                       |
| Bornita  | 5                    | Reemplazo                | Reemplazo Calcopirita           |
| Calcosina  | 6                    | Reemplazo                | Reemplazo calcopirita           |
| Magnetita  | 3                    | Diseminado               |                                 |
| <b>Ley de Cu</b>                                 | <b>6,11</b>          |                          |                                 |

**Microfotografía mineralogía reflejada**



| <b>Composición mineralógica en luz reflejada</b> |                      |                          |                                 |
|--|----------------------|--------------------------|---------------------------------|
| <b>Muestra</b>                                   | <b>LB8607@125,10</b> | <b>Unidad litológica</b> | -                               |
| <b>Sondaje</b>                                   | LB8607               | <b>Coordenadas</b>       | 98.617,38 m N / 99.564,43 m E   |
| <b>Metro</b>                                     | 125,10 m             |                          | 19 H / Sistema coordinado local |
| <b>mineral</b>                                   | <b>%</b>             | <b>Ocurrencia</b>        | <b>Observación</b>              |
| Pirita   | 1                    | Diseminado               | Subhedral                       |
| <b>Ley de Cu</b>                                 | <b>0</b>             |                          |                                 |

**Microfotografía mineralogía reflejada**

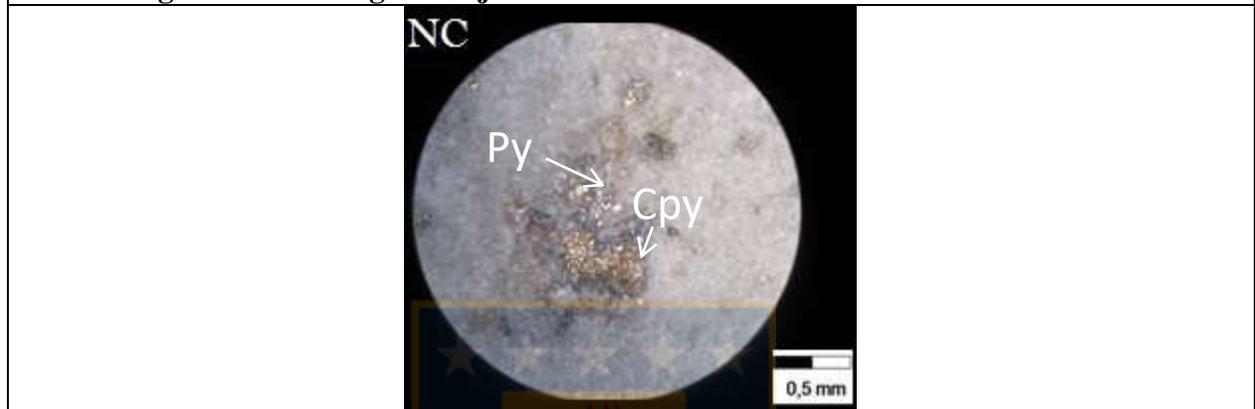


| <b>Composición mineralógica en luz reflejada</b> |                      |                          |                                 |
|--|----------------------|--------------------------|---------------------------------|
| <b>Muestra</b>                                   | <b>LB45706@509,6</b> | <b>Unidad litológica</b> | -                               |
| <b>Sondaje</b>                                   | LB45706              | <b>Coordenadas</b>       | 99.962,91 m N / 101.227,77 m E  |
| <b>Metro</b>                                     | 509,6 m              |                          | 19 H / Sistema coordenado local |
| <b>Mineral</b>                                   | <b>%</b>             | <b>Ocurrencia</b>        | <b>Observación</b>              |
| Pirita   | 18                   | Diseminado               | Subhedral                       |
| Calcopirita                                      | 6                    | Diseminado               |                                 |
| Bornita  | 3                    | Diseminado               | Alterada a Hematita             |
| Calcosina  | 3                    | Diseminado y reemplazo   |                                 |
| <b>Ley de Cu</b>                                 | <b>4,85</b>          |                          |                                 |
| <b>Microfotografía mineralogía reflejada</b>     |                      |                          |                                 |
|  |                      |                          |                                 |

| <b>Composición mineralógica en luz reflejada</b> |                       |                          |                                 |
|--|-----------------------|--------------------------|---------------------------------|
| <b>MUESTRA</b>                                   | <b>LB39606@455,65</b> | <b>Unidad litológica</b> | -                               |
| <b>SONDAJE</b>                                   | LB39606               | <b>Coordenadas</b>       | 99.687,64 m N / 101.082,73 m E  |
| <b>METRO</b>                                     | 455,65 m              |                          | 19 H / Sistema coordenado local |
| <b>Mineral</b>                                   | <b>%</b>              | <b>Ocurrencia</b>        | <b>Observación</b>              |
| Pirita   | 10                    | Diseminado               | Subhedral                       |
| Calcopirita                                      | 3                     | Diseminado               | Anhedral                        |
| <b>Ley de Cu</b>                                 | <b>1,02</b>           |                          |                                 |
| <b>Microfotografía mineralogía reflejada</b>     |                       |                          |                                 |
|  |                       |                          |                                 |

| <b>Composición mineralógica en luz reflejada</b> |                   |                          |  |
|--|-------------------|--------------------------|--|
| <b>Muestra</b>                                   | <b>LB7207@209</b> | <b>Unidad litológica</b> | -  |
| <b>Sondaje</b>                                   | LB7207            | <b>Coordenadas</b>       | 98.104,46 m N / 102.013,1 m E<br>19 H / Sistema coordenado local |
| <b>Metro</b>                                     | 209 m             |                          |  |
| <b>Mineral</b>                                   | <b>%</b>          | <b>Ocurrencia</b>        | <b>Observación</b>   |
| Pirita   | 4                 | Diseminado               | Anhedral   |
| Calcopirita                                      | 3                 | Diseminado               | Anhedral   |
| <b>Ley de Cu</b>                                 | <b>1,02</b>       |                          |  |

**Microfotografía mineralógica reflejada**



**ANEXO III: TEST DE HETEROGENEIDAD**



**Tabla 1:** Unidades litológicas del Sondaje LB140099.

| <b>Unidad Litológica</b> | <b>Inicio</b> | <b>Fin</b> |
|--------------------------|---------------|------------|
| AND                      | 5,00          | 112,00     |
| QM                       | 112,00        | 289,40     |
| BXI                      | 289,40        | 291,20     |
| QM                       | 291,20        | 315,95     |
| BXI                      | 315,95        | 333,25     |
| QM                       | 333,25        | 338,95     |
| BXI                      | 338,95        | 459,20     |
| QM                       | 459,20        | 559,75     |
| BXA                      | 559,75        | 564,10     |
| BXF                      | 564,10        | 572,35     |
| BXA                      | 572,35        | 591,15     |
| QM                       | 591,15        | 597,35     |
| BXA                      | 597,35        | 607,95     |
| QM                       | 607,95        | 618,50     |
| BXA                      | 618,50        | 738,70     |
| BXF                      | 738,70        | 749,05     |
| BXA                      | 749,05        | 802,55     |
| BXF                      | 802,55        | 821,15     |
| BXA                      | 821,15        | 921,00     |

**Tabla 2:** Unidades litológicas del Sondaje LB43606.

| <b>Unidad Litológica</b> | <b>Inicio</b> | <b>Fin</b> |
|--------------------------|---------------|------------|
| BXD                      | 27,00         | 121,40     |
| QM                       | 121,40        | 250,00     |

**Tabla 3:** Unidades litológicas del Sondaje LB140035.

| <b>Unidad Litológica</b> | <b>Inicio</b> | <b>Fin</b> |
|--------------------------|---------------|------------|
| QM                       | 0,00          | 169,15     |
| BXF                      | 169,15        | 177,40     |
| QM                       | 177,40        | 250,00     |

**Tabla 4:** Unidad litológica del Sondaje LB140083.

| <b>Unidad Litológica</b> | <b>Inicio</b> | <b>Fin</b> |
|--------------------------|---------------|------------|
| QM                       | 105,00        | 362,95     |

**Tabla 5:** Unidades litológicas del Sondaje LB47406.

| <b>Unidad Litológica</b> | <b>Inicio</b> | <b>Fin</b> |
|--------------------------|---------------|------------|
| BXC                      | 23,85         | 113,15     |
| BXO                      | 113,15        | 153,60     |
| BXC                      | 153,60        | 200,20     |
| BXO                      | 200,20        | 250,00     |

**Tabla 6:** Unidades litológicas del Sondaje LB14408.

| <b>Unidad Litológica</b> | <b>Inicio</b> | <b>Fin</b> |
|--------------------------|---------------|------------|
| BXC                      | 2,90          | 106,50     |
| BXO                      | 106,50        | 121,15     |
| BXC                      | 121,15        | 132,40     |
| BXO                      | 132,40        | 139,35     |
| BXC                      | 139,35        | 200,00     |
| BXO                      | 200,00        | 213,25     |
| BXC                      | 213,25        | 214,75     |
| BXO                      | 214,75        | 219,05     |
| BXC                      | 219,05        | 243,00     |
| BTPR                     | 243,00        | 251,50     |
| BXC                      | 251,50        | 264,20     |
| BTPR                     | 264,20        | 270,05     |
| BXO                      | 270,05        | 281,70     |
| BXC                      | 281,70        | 298,50     |
| BTPR                     | 298,50        | 320,00     |

**Tabla 7:** Unidades litológicas del Sondaje LB17808.

| <b>Unidad Litológica</b> | <b>Inicio</b> | <b>Fin</b> |
|--------------------------|---------------|------------|
| BXO                      | 0,00          | 3,00       |
| QM                       | 3,00          | 45,10      |
| BXC                      | 45,10         | 52,10      |
| QM                       | 52,10         | 58,70      |
| BXC                      | 58,70         | 60,00      |
| BXO                      | 60,00         | 74,30      |
| BXC                      | 74,30         | 79,00      |
| BXA                      | 79,00         | 199,80     |

**Tabla 8:** Reporte de leyes sondaje LB140083.

| Sondaje  | Roca | Inicio (m) | Fin (m) | CuT (%) | CuS (%) | MoT (%) | As (ppm) | Ag (ppm) | Au (ppm) | Muestra (Test) |
|----------|------|------------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|----------------|
| LB140083 | QM   | 105        | 110     | 0,04    | 0,02    | 0,00    | 13       | 0,40     | 0,02     |                |
| LB140083 | QM   | 110        | 115     | 0,03    | 0,02    | 0,00    | 13       | 0,30     | 0,02     |                |
| LB140083 | QM   | 115        | 120     | 0,02    | 0,01    | 0,00    | 10       | 0,20     | 0,02     |                |
| LB140083 | QM   | 120        | 125     | 0,01    | 0,00    | 0,00    | 10       | 0,20     | 0,02     |                |
| LB140083 | QM   | 125        | 130     | 0,01    | 0,00    | 0,00    | 10       | 0,20     | 0,02     |                |
| LB140083 | QM   | 130        | 135     | 0,02    | 0,01    | 0,00    | 10       | 0,20     | 0,02     |                |
| LB140083 | QM   | 135        | 140     | 0,02    | 0,00    | 0,00    | 10       | 0,20     | 0,02     |                |
| LB140083 | QM   | 140        | 145     | 0,10    | 0,01    | 0,00    | 10       | 0,60     | 0,02     |                |
| LB140083 | QM   | 145        | 150     | 0,03    | 0,00    | 0,00    | 10       | 0,40     | 0,02     |                |
| LB140083 | QM   | 150        | 155     | 0,01    | 0,00    | 0,00    | 10       | 0,20     | 0,02     |                |
| LB140083 | QM   | 155        | 160     | 0,01    | 0,01    | 0,00    | 10       | 0,30     | 0,02     | QM-19          |
| LB140083 | QM   | 160        | 165     | 0,01    | 0,00    | 0,00    | 10       | 0,20     | 0,02     |                |
| LB140083 | QM   | 165        | 170     | 0,02    | 0,01    | 0,00    | 10       | 0,30     | 0,02     |                |
| LB140083 | QM   | 170        | 175     | 0,01    | 0,00    | 0,00    | 10       | 0,50     | 0,02     |                |
| LB140083 | QM   | 175        | 180     | 0,01    | 0,01    | 0,00    | 10       | 0,20     | 0,02     |                |
| LB140083 | QM   | 180        | 185     | 0,01    | 0,00    | 0,00    | 10       | 0,30     | 0,02     |                |
| LB140083 | QM   | 185        | 190     | 0,02    | 0,00    | 0,00    | 10       | 0,30     | 0,02     |                |
| LB140083 | QM   | 190        | 195     | 0,02    | 0,01    | 0,00    | 10       | 0,20     | 0,02     |                |
| LB140083 | QM   | 195        | 200     | 0,02    | 0,00    | 0,00    | 10       | 0,20     | 0,02     |                |
| LB140083 | QM   | 200        | 205     | 0,03    | 0,00    | 0,00    | 10       | 0,30     | 0,02     |                |
| LB140083 | QM   | 205        | 210     | 0,02    | 0,00    | 0,00    | 11       | 0,20     | 0,02     |                |
| LB140083 | QM   | 210        | 215     | 0,01    | 0,00    | 0,00    | 10       | 0,20     | 0,03     |                |
| LB140083 | QM   | 215        | 220     | 0,01    | 0,00    | 0,00    | 10       | 0,30     | 0,03     |                |
| LB140083 | QM   | 220        | 225     | 0,02    | 0,00    | 0,00    | 11       | 0,20     | 0,02     | QM-20          |
| LB140083 | QM   | 225        | 230     | 0,02    | 0,00    | 0,00    | 10       | 0,30     | 0,02     |                |
| LB140083 | QM   | 230        | 235     | 0,01    | 0,00    | 0,00    | 10       | 0,30     | 0,02     |                |
| LB140083 | QM   | 235        | 240     | 0,02    | 0,00    | 0,00    | 10       | 0,20     | 0,02     |                |
| LB140083 | QM   | 240        | 245     | 0,01    | 0,00    | 0,00    | 10       | 0,20     | 0,02     |                |
| LB140083 | QM   | 245        | 250     | 0,01    | 0,00    | 0,00    | 10       | 0,20     | 0,02     |                |
| LB140083 | QM   | 250        | 255     | 0,01    | 0,00    | 0,00    | 10       | 0,20     | 0,02     |                |
| LB140083 | QM   | 255        | 260     | 0,01    | 0,00    | 0,00    | 10       | 0,30     | 0,02     |                |
| LB140083 | QM   | 260        | 265     | 0,01    | 0,00    | 0,00    | 10       | 0,50     | 0,02     |                |
| LB140083 | QM   | 265        | 270     | 0,01    | 0,00    | 0,00    | 10       | 0,20     | 0,02     |                |
| LB140083 | QM   | 270        | 275     | 0,02    | 0,00    | 0,00    | 12       | 0,20     | 0,02     |                |
| LB140083 | QM   | 275        | 280     | 0,01    | 0,00    | 0,00    | 10       | 0,30     | 0,02     |                |
| LB140083 | QM   | 280        | 285     | 0,02    | 0,00    | 0,00    | 10       | 0,20     | 0,02     | QM-21          |
| LB140083 | QM   | 285        | 290     | 0,03    | 0,00    | 0,00    | 10       | 0,20     | 0,02     |                |
| LB140083 | QM   | 290        | 295     | 0,01    | 0,00    | 0,00    | 11       | 0,20     | 0,02     |                |
| LB140083 | QM   | 295        | 300     | 0,01    | 0,00    | 0,00    | 10       | 0,20     | 0,02     |                |
| LB140083 | QM   | 300        | 305     | 0,01    | 0,00    | 0,00    | 26       | 0,20     | 0,02     |                |
| LB140083 | QM   | 305        | 310     | 0,02    | 0,00    | 0,00    | 23       | 0,20     | 0,02     |                |
| LB140083 | QM   | 310        | 315     | 0,00    | 0,00    | 0,00    | 27       | 0,20     | 0,02     |                |
| LB140083 | QM   | 315        | 320     | 0,01    | 0,00    | 0,00    | 24       | 0,20     | 0,02     |                |
| LB140083 | QM   | 320        | 325     | 0,01    | 0,00    | 0,00    | 23       | 0,20     | 0,02     |                |
| LB140083 | QM   | 325        | 330     | 0,02    | 0,00    | 0,00    | 20       | 0,20     | 0,02     |                |
| LB140083 | QM   | 330        | 335     | 0,01    | 0,00    | 0,00    | 26       | 0,50     | 0,03     | QM-22          |
| LB140083 | QM   | 335        | 340     | 0,01    | 0,00    | 0,00    | 22       | 0,20     | 0,02     |                |
| LB140083 | QM   | 340        | 345     | 0,01    | 0,00    | 0,00    | 26       | 0,20     | 0,02     |                |
| LB140083 | QM   | 345        | 350     | 0,01    | 0,00    | 0,00    | 24       | 0,20     | 0,03     |                |
| LB140083 | QM   | 350        | 355     | 0,01    | 0,00    | 0,00    | 26       | 0,30     | 0,02     |                |

|          |    |     |     |      |      |      |    |      |      |  |
|----------|----|-----|-----|------|------|------|----|------|------|--|
| LB140083 | QM | 355 | 360 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 24 | 0,20 | 0,03 |  |
| LB140083 | QM | 360 | 363 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 22 | 0,20 | 0,02 |  |

**Tabla 9:** Reporte de leyes sondaje LB140099.

| Sondaje  | Roca     | Inicio (m) | Fin (m) | CuT (%) | CuS (%) | MoT (%) | As (ppm) | Ag (ppm) | Au (ppm) | Muestra (Test) |
|----------|----------|------------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|----------------|
| LB140099 | QM       | 112        | 115     | 0,21    | 0,00    | 0,00    | 5        | 1,1      | 0,01     |                |
| LB140099 | QM       | 115        | 120     | 0,11    | 0,00    | 0,00    | 5        | 0,7      | 0,01     |                |
| LB140099 | QM       | 120        | 125     | 0,39    | 0,00    | 0,00    | 5        | 1,6      | 0,02     | QM-13          |
| LB140099 | QM       | 125        | 130     | 0,22    | 0,00    | 0,00    | 5        | 1,0      | 0,01     |                |
| LB140099 | QM       | 130        | 135     | 0,20    | 0,00    | 0,00    | 5        | 1,5      | 0,01     |                |
| LB140099 | QM       | 135        | 140     | 0,23    | 0,00    | 0,00    | 5        | 1,5      | 0,01     |                |
| LB140099 | QM       | 140        | 145     | 0,19    | 0,00    | 0,00    | 5        | 1,0      | 0,01     |                |
| LB140099 | QM       | 145        | 150     | 0,20    | 0,00    | 0,00    | 5        | 1,0      | 0,01     |                |
| LB140099 | QM       | 150        | 155     | 0,19    | 0,00    | 0,00    | 5        | 1,3      | 0,01     |                |
| LB140099 | QM       | 155        | 160     | 0,19    | 0,00    | 0,00    | 5        | 1,4      | 0,01     |                |
| LB140099 | QM       | 160        | 165     | 0,24    | 0,01    | 0,00    | 5        | 1,7      | 0,01     |                |
| LB140099 | QM       | 165        | 170     | 0,13    | 0,00    | 0,00    | 5        | 1,4      | 0,01     |                |
| LB140099 | QM       | 170        | 175     | 0,21    | 0,00    | 0,00    | 5        | 1,2      | 0,01     |                |
| LB140099 | QM       | 175        | 180     | 0,13    | 0,00    | 0,00    | 5        | 1,4      | 0,01     |                |
| LB140099 | QM       | 180        | 185     | 0,18    | 0,00    | 0,00    | 5        | 1,2      | 0,01     |                |
| LB140099 | QM       | 185        | 190     | 0,12    | 0,00    | 0,00    | 5        | 1,1      | 0,01     |                |
| LB140099 | QM       | 190        | 195     | 0,23    | 0,00    | 0,00    | 5        | 1,5      | 0,01     |                |
| LB140099 | QM       | 195        | 200     | 0,64    | 0,00    | 0,00    | 11       | 2,5      | 0,04     | QM-14          |
| LB140099 | QM       | 200        | 205     | 0,11    | 0,00    | 0,00    | 5        | 1,0      | 0,01     |                |
| LB140099 | QM       | 205        | 210     | 0,27    | 0,00    | 0,00    | 5        | 2,0      | 0,01     |                |
| LB140099 | QM       | 210        | 215     | 0,38    | 0,00    | 0,00    | 5        | 2,4      | 0,01     |                |
| LB140099 | QM       | 215        | 220     | 0,13    | 0,00    | 0,00    | 5        | 1,1      | 0,01     |                |
| LB140099 | QM       | 220        | 225     | 0,23    | 0,00    | 0,00    | 5        | 1,5      | 0,01     |                |
| LB140099 | QM       | 225        | 230     | 0,22    | 0,00    | 0,00    | 5        | 1,2      | 0,01     |                |
| LB140099 | QM       | 230        | 235     | 0,20    | 0,00    | 0,00    | 5        | 1,1      | 0,01     |                |
| LB140099 | QM       | 235        | 240     | 0,19    | 0,00    | 0,00    | 5        | 1,1      | 0,01     |                |
| LB140099 | QM       | 240        | 245     | 0,10    | 0,00    | 0,00    | 5        | 1,1      | 0,01     | QM-15          |
| LB140099 | QM       | 245        | 250     | 0,06    | 0,00    | 0,00    | 5        | 0,7      | 0,01     |                |
| LB140099 | QM       | 250        | 255     | 0,07    | 0,00    | 0,00    | 5        | 0,8      | 0,01     |                |
| LB140099 | QM       | 255        | 260     | 0,26    | 0,00    | 0,00    | 5        | 1,1      | 0,01     |                |
| LB140099 | QM       | 260        | 265     | 0,29    | 0,00    | 0,01    | 5        | 1,6      | 0,01     |                |
| LB140099 | QM       | 265        | 270     | 0,21    | 0,01    | 0,00    | 5        | 8,5      | 0,01     |                |
| LB140099 | QM       | 270        | 275     | 0,30    | 0,01    | 0,00    | 5        | 16,1     | 0,01     |                |
| LB140099 | QM       | 275        | 280     | 1,10    | 0,00    | 0,03    | 5        | 11,8     | 0,01     |                |
| LB140099 | QM       | 280        | 285     | 0,57    | 0,01    | 0,02    | 11       | 2,4      | 0,01     |                |
| LB140099 | QM       | 285        | 290     | 0,46    | 0,00    | 0,00    | 5        | 15,0     | 0,01     |                |
| LB140099 | BXI   QM | 290        | 295     | 0,47    | 0,00    | 0,01    | 5        | 2,0      | 0,01     |                |
| LB140099 | QM       | 295        | 300     | 0,21    | 0,01    | 0,00    | 5        | 2,3      | 0,01     |                |
| LB140099 | QM       | 300        | 305     | 0,42    | 0,00    | 0,00    | 5        | 1,5      | 0,01     |                |
| LB140099 | QM       | 305        | 310     | 0,21    | 0,00    | 0,00    | 13       | 0,9      | 0,01     | QM-16          |
| LB140099 | QM       | 310        | 315     | 0,56    | 0,01    | 0,00    | 14       | 1,7      | 0,02     |                |
| LB140099 | BXI      | 315        | 320     | 1,89    | 0,03    | 0,02    | 5        | 4,5      | 0,03     |                |
| LB140099 | BXI      | 320        | 325     | 1,28    | 0,02    | 0,02    | 5        | 3,7      | 0,04     | BXS-01         |
| LB140099 | BXI      | 325        | 330     | 1,53    | 0,02    | 0,04    | 5        | 4,8      | 0,04     |                |
| LB140099 | BXI   QM | 330        | 335     | 1,40    | 0,02    | 0,10    | 5        | 4,3      | 0,16     |                |
| LB140099 | QM   BXI | 335        | 340     | 1,47    | 0,02    | 0,06    | 5        | 3,3      | 0,07     |                |
| LB140099 | BXI      | 340        | 345     | 1,47    | 0,02    | 0,12    | 5        | 3,9      | 0,10     |                |

|          |           |     |     |      |      |      |   |     |      |        |
|----------|-----------|-----|-----|------|------|------|---|-----|------|--------|
| LB140099 | BXI       | 345 | 350 | 0,90 | 0,02 | 0,12 | 5 | 4,9 | 0,06 | BXS-02 |
| LB140099 | BXI       | 350 | 355 | 0,49 | 0,02 | 0,02 | 5 | 1,6 | 0,03 |        |
| LB140099 | BXI       | 355 | 360 | 1,12 | 0,02 | 0,07 | 5 | 4,8 | 0,05 |        |
| LB140099 | BXI       | 360 | 365 | 0,85 | 0,02 | 0,13 | 5 | 3,9 | 0,03 |        |
| LB140099 | BXI       | 365 | 370 | 0,36 | 0,02 | 0,03 | 5 | 1,5 | 0,01 |        |
| LB140099 | BXI       | 370 | 375 | 0,35 | 0,02 | 0,03 | 5 | 1,5 | 0,01 |        |
| LB140099 | BXI       | 375 | 380 | 0,38 | 0,02 | 0,04 | 5 | 1,7 | 0,01 | BXS-03 |
| LB140099 | BXI       | 380 | 385 | 1,09 | 0,03 | 0,03 | 5 | 5,5 | 0,02 |        |
| LB140099 | BXI       | 385 | 390 | 0,84 | 0,04 | 0,03 | 5 | 3,2 | 0,02 |        |
| LB140099 | BXI       | 390 | 395 | 0,82 | 0,04 | 0,03 | 5 | 3,5 | 0,01 |        |
| LB140099 | BXI       | 395 | 400 | 0,94 | 0,04 | 0,03 | 5 | 3,6 | 0,02 |        |
| LB140099 | BXI       | 400 | 405 | 0,46 | 0,05 | 0,01 | 5 | 2,5 | 0,01 | BXS-04 |
| LB140099 | BXI       | 405 | 410 | 0,53 | 0,04 | 0,02 | 5 | 2,7 | 0,02 |        |
| LB140099 | BXI       | 410 | 415 | 0,51 | 0,04 | 0,01 | 5 | 2,0 | 0,01 |        |
| LB140099 | BXI       | 415 | 420 | 0,39 | 0,06 | 0,00 | 5 | 1,5 | 0,22 | BXS-05 |
| LB140099 | BXI       | 420 | 425 | 0,67 | 0,05 | 0,01 | 5 | 2,5 | 0,02 |        |
| LB140099 | BXI       | 425 | 430 | 0,71 | 0,05 | 0,00 | 5 | 1,8 | 0,02 |        |
| LB140099 | BXI       | 430 | 435 | 0,79 | 0,04 | 0,01 | 5 | 2,3 | 0,02 | BXS-06 |
| LB140099 | BXI       | 435 | 440 | 0,80 | 0,02 | 0,01 | 5 | 2,7 | 0,02 |        |
| LB140099 | BXI       | 440 | 445 | 0,56 | 0,03 | 0,00 | 5 | 2,3 | 0,02 |        |
| LB140099 | BXI       | 445 | 450 | 0,52 | 0,04 | 0,01 | 5 | 1,5 | 0,02 |        |
| LB140099 | BXI       | 450 | 455 | 0,31 | 0,04 | 0,01 | 5 | 1,0 | 0,01 |        |
| LB140099 | BXI       | 455 | 460 | 0,47 | 0,03 | 0,01 | 5 | 1,6 | 0,03 | BXS-07 |
| LB140099 | QM        | 460 | 465 | 0,21 | 0,01 | 0,02 | 5 | 1,4 | 0,02 |        |
| LB140099 | QM        | 465 | 470 | 0,43 | 0,01 | 0,02 | 5 | 1,7 | 0,03 |        |
| LB140099 | QM        | 470 | 475 | 0,43 | 0,01 | 0,02 | 5 | 2,1 | 0,01 |        |
| LB140099 | QM        | 475 | 480 | 0,39 | 0,01 | 0,01 | 5 | 1,4 | 0,01 |        |
| LB140099 | QM        | 480 | 485 | 0,46 | 0,01 | 0,02 | 5 | 1,8 | 0,01 | QM-17  |
| LB140099 | QM        | 485 | 490 | 0,23 | 0,02 | 0,01 | 5 | 0,8 | 0,01 |        |
| LB140099 | QM        | 490 | 495 | 0,19 | 0,01 | 0,00 | 5 | 0,7 | 0,01 |        |
| LB140099 | QM        | 495 | 500 | 0,28 | 0,01 | 0,00 | 5 | 1,6 | 0,01 |        |
| LB140099 | QM        | 500 | 505 | 0,35 | 0,02 | 0,01 | 5 | 1,5 | 0,01 |        |
| LB140099 | QM        | 505 | 510 | 0,33 | 0,00 | 0,01 | 5 | 1,2 | 0,01 |        |
| LB140099 | QM        | 510 | 515 | 0,21 | 0,00 | 0,00 | 5 | 1,1 | 0,01 |        |
| LB140099 | QM        | 515 | 520 | 0,38 | 0,00 | 0,00 | 5 | 1,3 | 0,01 |        |
| LB140099 | QM        | 520 | 525 | 0,32 | 0,00 | 0,00 | 5 | 1,0 | 0,01 |        |
| LB140099 | QM        | 525 | 530 | 0,34 | 0,00 | 0,00 | 5 | 1,1 | 0,01 |        |
| LB140099 | QM        | 530 | 535 | 0,48 | 0,01 | 0,01 | 5 | 1,3 | 0,02 |        |
| LB140099 | QM        | 535 | 540 | 0,49 | 0,01 | 0,01 | 5 | 1,5 | 0,01 |        |
| LB140099 | QM        | 540 | 545 | 0,59 | 0,01 | 0,01 | 5 | 1,1 | 0,01 |        |
| LB140099 | QM        | 545 | 550 | 0,23 | 0,00 | 0,00 | 5 | 0,6 | 0,01 |        |
| LB140099 | QM        | 550 | 555 | 0,52 | 0,00 | 0,03 | 5 | 1,5 | 0,01 |        |
| LB140099 | QM        | 555 | 560 | 0,42 | 0,00 | 0,01 | 5 | 1,4 | 0,01 |        |
| LB140099 | BXA       | 560 | 565 | 0,67 | 0,01 | 0,01 | 5 | 2,4 | 0,02 |        |
| LB140099 | BXF       | 565 | 570 | 0,54 | 0,01 | 0,00 | 5 | 1,8 | 0,01 |        |
| LB140099 | BXF   BXA | 570 | 575 | 0,53 | 0,01 | 0,01 | 5 | 1,4 | 0,01 |        |
| LB140099 | BXA       | 575 | 580 | 0,55 | 0,01 | 0,03 | 5 | 1,5 | 0,01 |        |
| LB140099 | BXA       | 580 | 585 | 0,43 | 0,00 | 0,01 | 5 | 1,0 | 0,01 | BXS-08 |
| LB140099 | BXA       | 585 | 590 | 0,53 | 0,01 | 0,01 | 5 | 0,9 | 0,01 |        |
| LB140099 | QM        | 590 | 595 | 0,46 | 0,01 | 0,01 | 5 | 1,2 | 0,01 |        |
| LB140099 | QM   BXA  | 595 | 600 | 0,48 | 0,00 | 0,02 | 5 | 1,1 | 0,01 |        |
| LB140099 | BXA       | 600 | 605 | 0,48 | 0,00 | 0,01 | 5 | 1,0 | 0,01 | BXS-09 |
| LB140099 | BXA   QM  | 605 | 610 | 0,20 | 0,00 | 0,00 | 5 | 0,9 | 0,01 |        |
| LB140099 | QM        | 610 | 615 | 0,23 | 0,00 | 0,00 | 5 | 0,9 | 0,01 | QM-18  |

|          |     |     |     |     |      |      |      |     |     |      |        |
|----------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|-----|-----|------|--------|
| LB140099 | QM  | BXA | 615 | 620 | 0,35 | 0,01 | 0,01 | 5   | 1,1 | 0,01 |        |
| LB140099 |     | BXA | 620 | 625 | 0,30 | 0,00 | 0,01 | 5   | 1,4 | 0,01 |        |
| LB140099 |     | BXA | 625 | 630 | 0,28 | 0,00 | 0,01 | 5   | 0,9 | 0,01 |        |
| LB140099 |     | BXA | 630 | 635 | 0,30 | 0,00 | 0,01 | 5   | 1,0 | 0,01 | BXS-10 |
| LB140099 |     | BXA | 635 | 640 | 0,55 | 0,00 | 0,01 | 5   | 1,3 | 0,01 |        |
| LB140099 |     | BXA | 640 | 645 | 0,46 | 0,00 | 0,01 | 5   | 0,8 | 0,01 | BXS-11 |
| LB140099 |     | BXA | 645 | 650 | 0,28 | 0,00 | 0,01 | 5   | 0,6 | 0,01 |        |
| LB140099 |     | BXA | 650 | 655 | 0,39 | 0,00 | 0,00 | 22  | 0,8 | 0,01 |        |
| LB140099 |     | BXA | 655 | 660 | 0,36 | 0,00 | 0,01 | 12  | 1,5 | 0,01 |        |
| LB140099 |     | BXA | 660 | 665 | 0,34 | 0,00 | 0,00 | 140 | 1,2 | 0,01 |        |
| LB140099 |     | BXA | 665 | 670 | 0,30 | 0,00 | 0,00 | 296 | 1,2 | 0,03 |        |
| LB140099 |     | BXA | 670 | 675 | 0,84 | 0,01 | 0,01 | 594 | 2,6 | 0,02 |        |
| LB140099 |     | BXA | 675 | 680 | 0,31 | 0,00 | 0,00 | 129 | 0,8 | 0,01 | BXS-12 |
| LB140099 |     | BXA | 680 | 685 | 0,25 | 0,00 | 0,00 | 5   | 1,2 | 0,01 |        |
| LB140099 |     | BXA | 685 | 690 | 0,27 | 0,00 | 0,00 | 5   | 1,2 | 0,01 |        |
| LB140099 |     | BXA | 690 | 695 | 0,35 | 0,00 | 0,01 | 5   | 1,5 | 0,01 | BXS-13 |
| LB140099 |     | BXA | 695 | 700 | 0,38 | 0,01 | 0,00 | 5   | 1,4 | 0,01 |        |
| LB140099 |     | BXA | 700 | 705 | 1,55 | 0,03 | 0,01 | 5   | 1,3 | 0,16 |        |
| LB140099 |     | BXA | 705 | 710 | 0,31 | 0,00 | 0,01 | 5   | 1,2 | 0,01 |        |
| LB140099 |     | BXA | 710 | 715 | 0,53 | 0,01 | 0,01 | 5   | 1,9 | 0,02 |        |
| LB140099 |     | BXA | 715 | 720 | 0,20 | 0,00 | 0,00 | 5   | 1,0 | 0,01 |        |
| LB140099 |     | BXA | 720 | 725 | 0,24 | 0,00 | 0,01 | 5   | 0,9 | 0,01 | BXS-14 |
| LB140099 |     | BXA | 725 | 730 | 0,28 | 0,00 | 0,01 | 5   | 0,9 | 0,01 |        |
| LB140099 | BXA | BXF | 730 | 735 | 0,26 | 0,00 | 0,00 | 5   | 1,4 | 0,01 |        |
| LB140099 |     | BXF | 735 | 740 | 0,35 | 0,00 | 0,01 | 5   | 1,4 | 0,01 | BXS-15 |
| LB140099 |     | BXA | 740 | 745 | 0,28 | 0,00 | 0,01 | 5   | 1,6 | 0,01 |        |
| LB140099 |     | BXA | 745 | 750 | 0,26 | 0,00 | 0,00 | 5   | 1,2 | 0,01 |        |
| LB140099 |     | BXA | 750 | 755 | 0,20 | 0,00 | 0,00 | 5   | 1,0 | 0,01 |        |
| LB140099 |     | BXA | 755 | 760 | 0,34 | 0,00 | 0,00 | 5   | 1,6 | 0,01 | BXS-16 |
| LB140099 |     | BXA | 760 | 765 | 0,19 | 0,00 | 0,00 | 5   | 1,0 | 0,01 |        |
| LB140099 |     | BXA | 765 | 770 | 0,25 | 0,00 | 0,00 | 5   | 1,3 | 0,01 |        |
| LB140099 |     | BXA | 770 | 775 | 0,23 | 0,00 | 0,00 | 5   | 0,9 | 0,01 | BXS-17 |
| LB140099 |     | BXA | 775 | 780 | 0,25 | 0,01 | 0,00 | 5   | 0,7 | 0,01 |        |
| LB140099 |     | BXA | 780 | 785 | 0,51 | 0,00 | 0,01 | 5   | 1,2 | 0,01 |        |
| LB140099 |     | BXA | 785 | 790 | 0,38 | 0,00 | 0,00 | 5   | 1,4 | 0,01 |        |
| LB140099 |     | BXA | 790 | 795 | 0,42 | 0,01 | 0,01 | 5   | 1,3 | 0,01 |        |
| LB140099 |     | BXA | 795 | 800 | 0,18 | 0,00 | 0,00 | 5   | 0,7 | 0,01 |        |
| LB140099 | BXA | BXF | 800 | 805 | 0,27 | 0,00 | 0,00 | 5   | 1,3 | 0,01 |        |
| LB140099 |     | BXF | 805 | 810 | 0,44 | 0,00 | 0,01 | 5   | 1,4 | 0,01 | BXS-18 |
| LB140099 |     | BXF | 810 | 815 | 0,28 | 0,00 | 0,00 | 5   | 1,1 | 0,01 |        |
| LB140099 |     | BXF | 815 | 820 | 0,22 | 0,00 | 0,00 | 5   | 1,0 | 0,01 | BXS-19 |
| LB140099 | BXF | BXA | 820 | 825 | 0,24 | 0,00 | 0,00 | 13  | 1,5 | 0,01 |        |
| LB140099 |     | BXA | 825 | 830 | 0,33 | 0,01 | 0,01 | 5   | 1,5 | 0,01 |        |
| LB140099 |     | BXA | 830 | 835 | 0,40 | 0,01 | 0,00 | 5   | 1,6 | 0,03 | BXS-20 |
| LB140099 |     | BXA | 835 | 840 | 0,34 | 0,00 | 0,01 | 5   | 1,0 | 0,02 |        |
| LB140099 |     | BXA | 840 | 845 | 0,41 | 0,01 | 0,01 | 5   | 1,5 | 0,02 |        |
| LB140099 |     | BXA | 845 | 850 | 0,67 | 0,01 | 0,01 | 5   | 2,6 | 0,03 |        |
| LB140099 |     | BXA | 850 | 855 | 0,45 | 0,01 | 0,01 | 23  | 1,2 | 0,01 |        |
| LB140099 |     | BXA | 855 | 860 | 0,78 | 0,01 | 0,00 | 5   | 2,0 | 0,03 |        |
| LB140099 |     | BXA | 860 | 865 | 0,59 | 0,00 | 0,00 | 5   | 1,9 | 0,02 | BXS-21 |
| LB140099 |     | BXA | 865 | 870 | 0,23 | 0,00 | 0,01 | 5   | 0,9 | 0,01 |        |
| LB140099 |     | BXA | 870 | 875 | 0,70 | 0,01 | 0,00 | 5   | 1,9 | 0,02 |        |
| LB140099 |     | BXA | 875 | 880 | 0,62 | 0,01 | 0,00 | 5   | 2,1 | 0,02 |        |
| LB140099 |     | BXA | 880 | 885 | 0,55 | 0,01 | 0,00 | 5   | 2,1 | 0,03 | BXS-22 |

|          |     |     |     |      |      |      |   |     |      |        |
|----------|-----|-----|-----|------|------|------|---|-----|------|--------|
| LB140099 | BXA | 885 | 890 | 0,49 | 0,01 | 0,00 | 5 | 1,4 | 0,01 |        |
| LB140099 | BXA | 890 | 895 | 0,84 | 0,01 | 0,01 | 5 | 2,5 | 0,03 |        |
| LB140099 | BXA | 895 | 900 | 0,88 | 0,01 | 0,01 | 5 | 2,7 | 0,02 |        |
| LB140099 | BXA | 900 | 905 | 0,50 | 0,01 | 0,00 | 5 | 2,0 | 0,01 | BXS-23 |
| LB140099 | BXA | 905 | 910 | 0,21 | 0,00 | 0,00 | 5 | 1,0 | 0,01 |        |
| LB140099 | BXA | 910 | 915 | 0,38 | 0,00 | 0,01 | 5 | 1,6 | 0,01 |        |
| LB140099 | BXA | 915 | 920 | 0,36 | 0,00 | 0,00 | 5 | 1,5 | 0,01 | BXS-24 |

**Tabla 10:** Reporte de leyes sondaje LB140408

| Sondaje | Roca      | Inicio (m) | Fin (m) | CuT (%) | CuS (%) | MoT (%) | As (ppm) | Ag (ppm) | Au (ppm) | Muestra (Test) |
|---------|-----------|------------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|----------------|
| LB14408 | BXC       | 2,9        | 5       | 0,51    | 0,08    | 0,03    | 22       | 1,0      | 0,08     |                |
| LB14408 | BXC       | 5          | 10      | 0,73    | 0,09    | 0,02    | 5        | 3,9      | 0,03     | BXC-08         |
| LB14408 | BXC       | 10         | 15      | 0,21    | 0,11    | 0,01    | 14       | 0,7      | 0,01     |                |
| LB14408 | BXC       | 15         | 20      | 0,22    | 0,02    | 0,00    | 5        | 0,6      | 0,01     |                |
| LB14408 | BXC       | 20         | 25      | 0,23    | 0,02    | 0,02    | 12       | 0,8      | 0,01     |                |
| LB14408 | BXC       | 25         | 30      | 0,21    | 0,01    | 0,01    | 13       | 1,0      | 0,01     |                |
| LB14408 | BXC       | 30         | 35      | 0,72    | 0,02    | 0,03    | 12       | 0,9      | 0,01     |                |
| LB14408 | BXC       | 35         | 40      | 0,77    | 0,01    | 0,06    | 5        | 0,9      | 0,01     |                |
| LB14408 | BXC       | 40         | 45      | 0,76    | 0,03    | 0,02    | 13       | 2,6      | 0,01     | BXC-09         |
| LB14408 | BXC       | 45         | 50      | 0,36    | 0,17    | 0,01    | 10       | 2,4      | 0,01     |                |
| LB14408 | BXC       | 50         | 55      | 0,31    | 0,05    | 0,06    | 5        | 2,2      | 0,02     |                |
| LB14408 | BXC       | 55         | 60      | 2,62    | 0,04    | 0,10    | 5        | 0,8      | 0,01     |                |
| LB14408 | BXC       | 60         | 65      | 0,26    | 0,04    | 0,03    | 10       | 0,7      | 0,02     |                |
| LB14408 | BXC       | 65         | 70      | 0,69    | 0,05    | 0,01    | 13       | 0,5      | 0,02     |                |
| LB14408 | BXC       | 70         | 75      | 0,34    | 0,04    | 0,06    | 11       | 0,4      | 0,01     |                |
| LB14408 | BXC       | 75         | 80      | 0,49    | 0,04    | 0,07    | 18       | 0,7      | 0,01     |                |
| LB14408 | BXC       | 80         | 85      | 0,69    | 0,01    | 0,03    | 11       | 0,5      | 0,03     | BXC-10         |
| LB14408 | BXC       | 85         | 90      | 0,55    | 0,00    | 0,06    | 5        | 3,7      | 0,02     |                |
| LB14408 | BXC       | 90         | 95      | 0,26    | 0,00    | 0,06    | 5        | 2,1      | 0,01     |                |
| LB14408 | BXC       | 95         | 100     | 0,27    | 0,01    | 0,10    | 5        | 2,1      | 0,02     |                |
| LB14408 | BXC       | 100        | 105     | 0,46    | 0,09    | 0,02    | 10       | 1,9      | 0,01     |                |
| LB14408 | BXO       | 105        | 110     | 0,56    | 0,05    | 0,04    | 11       | 2,9      | 0,02     |                |
| LB14408 | BXO       | 110        | 115     | 0,54    | 0,04    | 0,04    | 17       | 2,6      | 0,01     |                |
| LB14408 | BXO       | 115        | 120     | 0,38    | 0,03    | 0,03    | 18       | 1,7      | 0,01     |                |
| LB14408 | BXC       | 120        | 125     | 0,52    | 0,02    | 0,03    | 12       | 1,5      | 0,02     |                |
| LB14408 | BXC       | 125        | 130     | 0,53    | 0,01    | 0,01    | 13       | 2,2      | 0,02     | BXC-11         |
| LB14408 | BXC   BXO | 130        | 135     | 0,49    | 0,04    | 0,02    | 5        | 1,6      | 0,01     |                |
| LB14408 | BXO       | 135        | 140     | 0,42    | 0,03    | 0,04    | 5        | 1,6      | 0,01     |                |
| LB14408 | BXC       | 140        | 145     | 0,49    | 0,01    | 0,02    | 5        | 2,9      | 0,01     |                |
| LB14408 | BXC       | 145        | 150     | 0,58    | 0,01    | 0,01    | 5        | 2,6      | 0,02     |                |
| LB14408 | BXC       | 150        | 155     | 0,49    | 0,01    | 0,01    | 11       | 2,1      | 0,01     |                |
| LB14408 | BXC       | 155        | 160     | 0,52    | 0,03    | 0,01    | 5        | 1,8      | 0,01     |                |
| LB14408 | BXC       | 160        | 165     | 0,49    | 0,03    | 0,01    | 5        | 2,0      | 0,01     | BXC-12         |
| LB14408 | BXC       | 165        | 170     | 0,41    | 0,02    | 0,02    | 10       | 1,6      | 0,01     |                |
| LB14408 | BXC       | 170        | 175     | 0,45    | 0,02    | 0,01    | 13       | 1,7      | 0,02     |                |
| LB14408 | BXC       | 175        | 180     | 0,82    | 0,02    | 0,02    | 5        | 2,0      | 0,03     |                |
| LB14408 | BXC       | 180        | 185     | 0,15    | 0,00    | 0,00    | 11       | 0,4      | 0,01     |                |
| LB14408 | BXC       | 185        | 190     | 0,30    | 0,01    | 0,01    | 5        | 0,7      | 0,01     |                |
| LB14408 | BXC       | 190        | 195     | 0,47    | 0,01    | 0,02    | 5        | 2,4      | 0,01     |                |
| LB14408 | BXC       | 195        | 200     | 0,42    | 0,01    | 0,01    | 11       | 1,1      | 0,01     |                |
| LB14408 | BXO       | 200        | 205     | 0,15    | 0,01    | 0,01    | 5        | 1,1      | 0,01     |                |
| LB14408 | BXO       | 205        | 210     | 0,19    | 0,01    | 0,00    | 12       | 1,5      | 0,01     | BXC-13         |

|         |      |      |     |     |      |      |      |    |      |      |        |
|---------|------|------|-----|-----|------|------|------|----|------|------|--------|
| LB14408 | BXO  | BXC  | 210 | 215 | 0,23 | 0,01 | 0,01 | 5  | 1,8  | 0,01 |        |
| LB14408 | BXO  |      | 215 | 220 | 0,42 | 0,01 | 0,01 | 5  | 3,4  | 0,02 |        |
| LB14408 | BXC  |      | 220 | 225 | 0,29 | 0,01 | 0,01 | 5  | 1,7  | 0,01 |        |
| LB14408 | BXC  |      | 225 | 230 | 0,68 | 0,02 | 0,00 | 13 | 3,1  | 0,05 |        |
| LB14408 | BXC  |      | 230 | 235 | 0,31 | 0,01 | 0,01 | 5  | 1,8  | 0,01 |        |
| LB14408 | BXC  |      | 235 | 240 | 0,49 | 0,02 | 0,03 | 5  | 3,2  | 0,01 |        |
| LB14408 | BXC  |      | 240 | 245 | 0,56 | 0,02 | 0,01 | 5  | 2,5  | 0,01 |        |
| LB14408 | BXC  | BTPR | 245 | 250 | 0,33 | 0,01 | 0,00 | 5  | 2,9  | 0,01 |        |
| LB14408 | BTPR | BXC  | 250 | 255 | 0,39 | 0,01 | 0,01 | 5  | 1,2  | 0,03 |        |
| LB14408 | BXC  |      | 255 | 260 | 0,59 | 0,01 | 0,01 | 5  | 1,9  | 0,02 | BXC-14 |
| LB14408 | BXC  |      | 260 | 265 | 0,47 | 0,01 | 0,01 | 5  | 2,6  | 0,03 |        |
| LB14408 | BTPR |      | 265 | 270 | 0,52 | 0,02 | 0,01 | 5  | 3,6  | 0,02 |        |
| LB14408 | BXO  |      | 270 | 275 | 0,66 | 0,02 | 0,01 | 5  | 42,3 | 0,03 |        |
| LB14408 | BXO  |      | 275 | 280 | 0,56 | 0,02 | 0,03 | 5  | 6,8  | 0,03 |        |
| LB14408 | BXC  |      | 280 | 285 | 0,49 | 0,01 | 0,01 | 5  | 0,8  | 0,02 | BXC-15 |
| LB14408 | BXC  |      | 285 | 290 | 0,47 | 0,01 | 0,00 | 5  | 0,8  | 0,01 |        |
| LB14408 | BXC  |      | 290 | 295 | 0,47 | 0,01 | 0,01 | 5  | 1,2  | 0,03 |        |
| LB14408 | BXC  | BTPR | 295 | 300 | 0,51 | 0,01 | 0,01 | 5  | 2,8  | 0,02 |        |
| LB14408 | BTPR |      | 300 | 305 | 0,43 | 0,01 | 0,00 | 5  | 0,7  | 0,01 |        |
| LB14408 | BTPR |      | 305 | 310 | 0,48 | 0,01 | 0,01 | 5  | 3,7  | 0,02 |        |
| LB14408 | BTPR |      | 310 | 315 | 0,48 | 0,01 | 0,01 | 5  | 2,9  | 0,03 |        |
| LB14408 | BTPR |      | 315 | 320 | 0,46 | 0,01 | 0,01 |    | 1,4  | 0,01 |        |

**Tabla 11:** Reporte de leyes sondaje LB140035.

| Sondaje  | Roca | Inicio (m) | Fin (m) | CuT (%) | CuS (%) | MoT (%) | As (ppm) | Ag (ppm) | Au (ppm) | Muestra (Test) |
|----------|------|------------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|----------------|
| LB140035 | QM   | 0          | 5       | 0,99    | 0,02    | 0,02    | 5        | 1,60     | 0,01     | QM-01          |
| LB140035 | QM   | 5          | 10      | 0,49    | 0,01    | 0,02    | 5        | 2,00     | 0,02     |                |
| LB140035 | QM   | 10         | 15      | 0,95    | 0,03    | 0,01    | 5        | 1,80     | 0,02     |                |
| LB140035 | QM   | 15         | 20      | 0,68    | 0,02    | 0,01    | 5        | 2,50     | 0,02     |                |
| LB140035 | QM   | 20         | 25      | 0,50    | 0,02    | 0,12    | 5        | 1,10     | 0,02     |                |
| LB140035 | QM   | 25         | 30      | 0,41    | 0,01    | 0,01    | 5        | 0,80     | 0,01     |                |
| LB140035 | QM   | 30         | 35      | 0,46    | 0,02    | 0,01    | 5        | 1,40     | 0,01     |                |
| LB140035 | QM   | 35         | 40      | 0,38    | 0,01    | 0,01    | 5        | 1,00     | 0,01     |                |
| LB140035 | QM   | 40         | 45      | 0,48    | 0,01    | 0,01    | 5        | 1,20     | 0,01     |                |
| LB140035 | QM   | 45         | 50      | 0,60    | 0,02    | 0,01    | 5        | 1,20     | 0,02     |                |
| LB140035 | QM   | 50         | 55      | 0,45    | 0,02    | 0,01    | 5        | 1,10     | 0,01     | QM-02          |
| LB140035 | QM   | 55         | 60      | 0,56    | 0,02    | 0,00    | 5        | 1,00     | 0,00     |                |
| LB140035 | QM   | 60         | 65      | 0,87    | 0,02    | 0,00    | 5        | 1,50     | 0,02     |                |
| LB140035 | QM   | 65         | 70      | 0,62    | 0,01    | 0,00    | 5        | 1,60     | 0,03     |                |
| LB140035 | QM   | 70         | 75      | 0,69    | 0,02    | 0,01    | 5        | 1,60     | 0,01     |                |
| LB140035 | QM   | 75         | 80      | 0,46    | 0,02    | 0,01    | 5        | 1,00     | 0,01     |                |
| LB140035 | QM   | 80         | 85      | 0,46    | 0,03    | 0,01    | 5        | 0,90     | 0,02     |                |
| LB140035 | QM   | 85         | 90      | 0,62    | 0,04    | 0,00    | 5        | 1,70     | 0,01     |                |
| LB140035 | QM   | 90         | 95      | 0,54    | 0,02    | 0,00    | 5        | 2,60     | 0,01     |                |
| LB140035 | QM   | 95         | 100     | 0,40    | 0,01    | 0,01    | 5        | 1,40     | 0,01     |                |
| LB140035 | QM   | 100        | 105     | 0,42    | 0,01    | 0,01    | 5        | 1,20     | 0,03     | QM-03          |
| LB140035 | QM   | 105        | 110     | 0,46    | 0,01    | 0,01    | 5        | 1,40     | 0,01     |                |
| LB140035 | QM   | 110        | 115     | 0,64    | 0,01    | 0,02    | 5        | 1,30     | 0,01     |                |
| LB140035 | QM   | 115        | 120     | 0,81    | 0,01    | 0,01    | 5        | 2,30     | 0,03     |                |
| LB140035 | QM   | 120        | 125     | 0,63    | 0,01    | 0,02    | 5        | 1,20     | 0,03     | QM-04          |
| LB140035 | QM   | 125        | 130     | 0,82    | 0,01    | 0,01    | 5        | 2,30     | 0,03     |                |
| LB140035 | QM   | 130        | 135     | 1,60    | 0,02    | 0,02    | 5        | 3,20     | 0,04     |                |

|          |          |     |     |      |      |      |      |      |      |        |
|----------|----------|-----|-----|------|------|------|------|------|------|--------|
| LB140035 | QM       | 135 | 140 | 0,99 | 0,02 | 0,01 | 5    | 1,60 | 0,03 |        |
| LB140035 | QM       | 140 | 145 | 1,36 | 0,02 | 0,02 | 5    | 1,80 | 0,03 |        |
| LB140035 | QM       | 145 | 150 | 0,71 | 0,02 | 0,01 | 5    | 1,30 | 0,03 |        |
| LB140035 | QM       | 150 | 155 | 0,76 | 0,02 | 0,01 | 21   | 1,40 | 0,03 | QM-05  |
| LB140035 | QM       | 155 | 160 | 0,51 | 0,02 | 0,01 | 31   | 0,90 | 0,04 |        |
| LB140035 | QM       | 160 | 165 | 0,82 | 0,02 | 0,01 | 1309 | 2,00 | 0,05 |        |
| LB140035 | QM   BXF | 165 | 170 | 0,57 | 0,02 | 0,01 | 392  | 1,40 | 0,05 |        |
| LB140035 | BXF      | 170 | 175 | 0,80 | 0,01 | 0,01 | 11   | 1,60 | 0,06 | BXS-27 |
| LB140035 | BXF   QM | 175 | 180 | 0,81 | 0,01 | 0,01 | 225  | 1,50 | 0,03 |        |
| LB140035 | QM       | 180 | 185 | 0,75 | 0,02 | 0,01 | 1025 | 1,70 | 0,04 |        |
| LB140035 | QM       | 185 | 190 | 0,42 | 0,01 | 0,01 | 24   | 0,80 | 0,04 |        |
| LB140035 | QM       | 190 | 195 | 0,73 | 0,03 | 0,01 | 159  | 1,80 | 0,05 | QM-06  |
| LB140035 | QM       | 195 | 200 | 0,47 | 0,01 | 0,00 | 5    | 1,40 | 0,04 |        |
| LB140035 | QM       | 200 | 205 | 0,60 | 0,01 | 0,01 | 5    | 1,80 | 0,01 |        |
| LB140035 | QM       | 205 | 210 | 1,00 | 0,02 | 0,01 | 5    | 2,00 | 0,03 |        |
| LB140035 | QM       | 210 | 215 | 0,73 | 0,02 | 0,01 | 12   | 1,20 | 0,03 |        |
| LB140035 | QM       | 215 | 220 | 0,64 | 0,01 | 0,01 | 5    | 1,00 | 0,02 |        |
| LB140035 | QM       | 220 | 225 | 0,52 | 0,02 | 0,01 | 5    | 1,50 | 0,02 |        |
| LB140035 | QM       | 225 | 230 | 0,91 | 0,01 | 0,01 | 140  | 2,50 | 0,04 |        |
| LB140035 | QM       | 230 | 235 | 0,52 | 0,01 | 0,01 | 5    | 1,10 | 0,01 |        |
| LB140035 | QM       | 235 | 240 | 0,74 | 0,01 | 0,01 | 5    | 1,70 | 0,01 |        |
| LB140035 | QM       | 240 | 245 | 0,76 | 0,01 | 0,01 | 80   | 1,30 | 0,03 | QM-07  |
| LB140035 | QM       | 245 | 250 | 0,82 | 0,02 | 0,01 | 49   | 1,60 | 0,03 |        |

**Tabla 12:** Reporte de leyes sondaje LB17808.

| Sondaje | Roca     | Inicio (m) | Fin (m) | CuT (%) | CuS (%) | MoT (%) | As (ppm) | Ag (ppm) | Au (ppm) | Muestra (Test) |
|---------|----------|------------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|----------------|
| LB17808 | BXC   QM | 0          | 5       | 0,36    | 0,02    | 0,01    | 12       | 1,7      | 0,01     |                |
| LB17808 | QM       | 5          | 10      | 0,34    | 0,02    | 0,00    | 11       | 1,2      | 0,01     |                |
| LB17808 | QM       | 10         | 15      | 0,16    | 0,01    | 0,00    | 5        | 0,6      | 0,01     | QM-11          |
| LB17808 | QM       | 15         | 20      | 0,28    | 0,02    | 0,00    | 16       | 1,0      | 0,01     |                |
| LB17808 | QM       | 20         | 25      | 0,36    | 0,01    | 0,01    | 18       | 1,4      | 0,01     |                |
| LB17808 | QM       | 25         | 30      | 0,28    | 0,01    | 0,02    | 12       | 0,9      | 0,01     |                |
| LB17808 | QM       | 30         | 35      | 0,18    | 0,01    | 0,02    | 12       | 0,6      | 0,01     | QM-12          |
| LB17808 | QM       | 35         | 40      | 0,32    | 0,02    | 0,01    | 12       | 1,5      | 0,01     |                |
| LB17808 | QM       | 40         | 45      | 0,41    | 0,02    | 0,01    | 15       | 2,9      | 0,01     |                |
| LB17808 | BXC   QM | 50         | 55      | 0,26    | 0,01    | 0,01    | 584      | 1,0      | 0,03     |                |
| LB17808 | QM   BXC | 55         | 60      | 0,20    | 0,01    | 0,00    | 58       | 0,9      | 0,01     |                |
| LB17808 | BXO      | 60         | 65      | 0,42    | 0,01    | 0,03    | 12       | 1,6      | 0,01     |                |
| LB17808 | BXO      | 65         | 70      | 0,41    | 0,01    | 0,01    | 39       | 1,5      | 0,01     |                |
| LB17808 | BXO      | 70         | 75      | 0,38    | 0,01    | 0,03    | 123      | 3,2      | 0,03     |                |
| LB17808 | BXC      | 75         | 80      | 0,34    | 0,01    | 0,02    | 13       | 2,5      | 0,01     | BXC-17         |
| LB17808 | BXA      | 80         | 85      | 0,26    | 0,00    | 0,03    | 5        | 1,4      | 0,01     |                |
| LB17808 | BXA      | 85         | 90      | 0,37    | 0,01    | 0,01    | 5        | 1,4      | 0,01     | BXS-25         |
| LB17808 | BXA      | 90         | 95      | 0,59    | 0,01    | 0,08    | 5        | 2,2      | 0,02     |                |
| LB17808 | BXA      | 95         | 100     | 0,40    | 0,01    | 0,04    | 5        | 1,6      | 0,01     |                |
| LB17808 | BXA      | 100        | 105     | 0,52    | 0,01    | 0,02    | 12       | 2,1      | 0,01     |                |
| LB17808 | BXA      | 105        | 110     | 0,50    | 0,01    | 0,03    | 5        | 2,0      | 0,01     |                |
| LB17808 | BXA      | 110        | 115     | 0,40    | 0,01    | 0,02    | 15       | 1,7      | 0,01     |                |
| LB17808 | BXA      | 115        | 120     | 0,42    | 0,01    | 0,01    | 36       | 1,1      | 0,01     | BXS-26         |

**Tabla 13:** Reporte de leyes sondaje LB43606.

| Sondaje | Roca | Inicio (m) | Fin (m) | CuT (%) | CuS (%) | MoT (%) | As (ppm) | Ag (ppm) | Au (ppm) | Muestra (Test) |
|---------|------|------------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|----------------|
| LB43606 | BXD  | 27         | 30      | 0,12    | 0,01    | 0,00    | 14       | 0,3      | 0,01     | BXD-01         |
| LB43606 | BXD  | 30         | 35      | 1,89    | 0,04    | 0,00    | 26       | 1,3      | 0,04     | BXD-02         |
| LB43606 | BXD  | 35         | 40      | 0,63    | 0,02    | 0,00    | 102      | 1,7      | 0,05     | BXD-03         |
| LB43606 | BXD  | 40         | 45      | 0,97    | 0,03    | 0,00    | 30       | 1,9      | 0,04     | BXD-04         |
| LB43606 | BXD  | 45         | 50      | 1,00    | 0,03    | 0,00    | 5        | 0,9      | 0,03     | BXD-05         |
| LB43606 | BXD  | 50         | 55      | 0,30    | 0,01    | 0,00    | 5        | 0,1      | 0,03     | BXD-06         |
| LB43606 | BXD  | 55         | 60      | 0,56    | 0,03    | 0,01    | 13       | 0,8      | 0,01     | BXD-07         |
| LB43606 | BXD  | 60         | 65      | 0,30    | 0,01    | 0,00    | 5        | 0,4      | 0,04     | BXD-08         |
| LB43606 | BXD  | 65         | 70      | 0,27    | 0,01    | 0,00    | 5        | 0,1      | 0,03     | BXD-09         |
| LB43606 | BXD  | 70         | 75      | 0,26    | 0,01    | 0,00    | 10       | 0,1      | 0,01     | BXD-10         |
| LB43606 | BXD  | 75         | 80      | 0,59    | 0,01    | 0,00    | 17       | 1,8      | 0,03     | BXD-11         |
| LB43606 | BXD  | 80         | 85      | 0,43    | 0,01    | 0,00    | 14       | 0,5      | 0,03     | BXD-12         |
| LB43606 | BXD  | 85         | 90      | 0,31    | 0,00    | 0,00    | 5        | 0,6      | 0,02     | BXD-13         |
| LB43606 | BXD  | 90         | 95      | 0,77    | 0,01    | 0,00    | 5        | 0,8      | 0,03     | BXD-14         |
| LB43606 | BXD  | 95         | 100     | 0,43    | 0,01    | 0,00    | 5        | 0,6      | 0,03     | BXD-15         |
| LB43606 | BXD  | 100        | 105     | 0,57    | 0,01    | 0,00    | 5        | 0,8      | 0,01     | BXD-16         |
| LB43606 | BXD  | 105        | 110     | 0,57    | 0,01    | 0,00    | 5        | 1,4      | 0,01     | BXD-17         |
| LB43606 | BXD  | 110        | 115     | 4,03    | 0,03    | 0,01    | 5        | 3,1      | 0,05     | BXD-18         |
| LB43606 | BXD  | 115        | 120     | 2,77    | 0,02    | 0,01    | 5        | 3,1      | 0,03     | BXD-19         |
| LB43606 | QM   | 120        | 125     | 0,27    | 0,01    | 0,01    | 40       | 1,8      | 0,02     |                |
| LB43606 | QM   | 125        | 130     | 0,09    | 0,01    | 0,00    | 136      | 3,2      | 0,09     | QM-08          |
| LB43606 | QM   | 130        | 135     | 0,23    | 0,01    | 0,00    | 39       | 1,5      | 0,01     |                |
| LB43606 | QM   | 135        | 140     | 0,11    | 0,01    | 0,00    | 27       | 1,1      | 0,01     |                |
| LB43606 | QM   | 140        | 145     | 0,09    | 0,01    | 0,00    | 5        | 0,1      | 0,01     |                |
| LB43606 | QM   | 145        | 150     | 0,04    | 0,00    | 0,00    | 5        | 0,1      | 0,01     |                |
| LB43606 | QM   | 150        | 155     | 0,08    | 0,00    | 0,00    | 5        | 0,3      | 0,01     |                |
| LB43606 | QM   | 155        | 160     | 0,09    | 0,00    | 0,00    | 5        | 0,4      | 0,02     |                |
| LB43606 | QM   | 160        | 165     | 0,14    | 0,00    | 0,00    | 5        | 0,2      | 0,01     |                |
| LB43606 | QM   | 165        | 170     | 0,07    | 0,00    | 0,00    | 5        | 0,1      | 0,03     |                |
| LB43606 | QM   | 170        | 175     | 0,25    | 0,00    | 0,01    | 5        | 0,4      | 0,05     | QM-09          |
| LB43606 | QM   | 175        | 180     | 0,20    | 0,00    | 0,01    | 5        | 0,4      | 0,02     |                |
| LB43606 | QM   | 180        | 185     | 0,24    | 0,00    | 0,01    | 10       | 1,4      | 0,03     |                |
| LB43606 | QM   | 185        | 190     | 0,22    | 0,00    | 0,02    | 5        | 0,9      | 0,01     |                |
| LB43606 | QM   | 190        | 195     | 0,15    | 0,00    | 0,01    | 5        | 0,4      | 0,03     |                |
| LB43606 | QM   | 195        | 200     | 0,20    | 0,00    | 0,01    | 5        | 0,7      | 0,01     |                |
| LB43606 | QM   | 200        | 205     | 0,35    | 0,00    | 0,01    | 5        | 0,4      | 0,01     |                |
| LB43606 | QM   | 205        | 210     | 0,34    | 0,00    | 0,03    | 40       | 2,2      | 0,04     |                |
| LB43606 | QM   | 210        | 215     | 0,38    | 0,00    | 0,01    | 5        | 0,5      | 0,03     |                |
| LB43606 | QM   | 215        | 220     | 0,29    | 0,00    | 0,01    | 29       | 1,2      | 0,01     |                |
| LB43606 | QM   | 220        | 225     | 0,44    | 0,00    | 0,02    | 28       | 1,6      | 0,03     |                |
| LB43606 | QM   | 225        | 230     | 0,53    | 0,01    | 0,02    | 14       | 1,4      | 0,03     |                |
| LB43606 | QM   | 230        | 235     | 0,39    | 0,01    | 0,01    | 5        | 1,6      | 0,00     |                |
| LB43606 | QM   | 235        | 240     | 0,15    | 0,00    | 0,00    | 26       | 1,2      | 0,04     |                |
| LB43606 | QM   | 240        | 245     | 0,75    | 0,01    | 0,01    | 5        | 1,2      | 0,05     | QM-10          |
| LB43606 | QM   | 245        | 250     | 0,37    | 0,01    | 0,01    | 5        | 1,0      | 0,01     |                |

**Tabla 14:** Reporte de leyes sondaje LB47406.

| Sondaje | Roca      | Inicio<br>(m) | Fin<br>(m) | CuT<br>(%) | CuS<br>(%) | MoT<br>(%) | As<br>(ppm) | Ag<br>(ppm) | Au<br>(ppm) | Muestra<br>(Test) |
|---------|-----------|---------------|------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------------|
| LB47406 | BXC       | 24            | 25         | 1,02       | 0,06       | 0,01       | 188         | 2,2         | 0,02        |                   |
| LB47406 | BXC       | 25            | 30         | 0,96       | 0,12       | 0,00       | 41          | 0,6         | 0,01        | BXC-01            |
| LB47406 | BXC       | 25            | 30         | 1,08       | 0,08       | 0,00       | 43          | 0,6         | 0,01        |                   |
| LB47406 | BXC       | 30            | 35         | 0,58       | 0,02       | 0,00       | 32          | 0,5         | 0,01        |                   |
| LB47406 | BXC       | 35            | 40         | 0,22       | 0,01       | 0,00       | 27          | 0,5         | 0,01        |                   |
| LB47406 | BXC       | 40            | 45         | 0,16       | 0,03       | 0,00       | 31          | 0,5         | 0,01        |                   |
| LB47406 | BXC       | 45            | 50         | 0,18       | 0,03       | 0,00       | 32          | 0,5         | 0,01        |                   |
| LB47406 | BXC       | 50            | 55         | 0,35       | 0,05       | 0,00       | 63          | 0,3         | 0,01        |                   |
| LB47406 | BXC       | 55            | 60         | 0,41       | 0,06       | 0,00       | 76          | 0,8         | 0,01        |                   |
| LB47406 | BXC       | 60            | 65         | 0,56       | 0,07       | 0,00       | 12          | 0,6         | 0,01        |                   |
| LB47406 | BXC       | 65            | 70         | 0,37       | 0,05       | 0,00       | 20          | 0,7         | 0,01        |                   |
| LB47406 | BXC       | 70            | 75         | 0,73       | 0,05       | 0,01       | 30          | 1,3         | 0,01        |                   |
| LB47406 | BXC       | 75            | 80         | 1,00       | 0,08       | 0,05       | 11          | 1,5         | 0,02        | BXC-02            |
| LB47406 | BXC       | 80            | 85         | 0,62       | 0,10       | 0,00       | 59          | 0,7         | 0,01        |                   |
| LB47406 | BXC       | 85            | 90         | 1,13       | 0,16       | 0,05       | 205         | 0,9         | 0,01        |                   |
| LB47406 | BXC       | 90            | 95         | 0,41       | 0,10       | 0,00       | 20          | 0,3         | 0,01        |                   |
| LB47406 | BXC       | 95            | 100        | 0,33       | 0,09       | 0,00       | 14          | 0,6         | 0,03        | BXC-03            |
| LB47406 | BXC       | 100           | 105        | 0,30       | 0,04       | 0,00       | 5           | 0,7         | 0,09        |                   |
| LB47406 | BXC   BXO | 105           | 110        | 0,14       | 0,02       | 0,00       | 66          | 0,6         | 0,01        |                   |
| LB47406 | BXO       | 110           | 115        | 0,18       | 0,02       | 0,00       | 41          | 1,0         | 0,01        |                   |
| LB47406 | BXO       | 115           | 120        | 0,30       | 0,06       | 0,00       | 5           | 0,9         | 0,01        |                   |
| LB47406 | BXO       | 120           | 125        | 0,32       | 0,05       | 0,00       | 20          | 0,8         | 0,01        |                   |
| LB47406 | BXO       | 125           | 130        | 0,71       | 0,04       | 0,02       | 27          | 1,0         | 0,02        | BXC-04            |
| LB47406 | BXO       | 130           | 135        | 0,63       | 0,04       | 0,00       | 27          | 0,7         | 0,01        |                   |
| LB47406 | BXO       | 135           | 140        | 0,42       | 0,03       | 0,00       | 26          | 0,8         | 0,01        |                   |
| LB47406 | BXO       | 140           | 145        | 0,35       | 0,02       | 0,00       | 19          | 0,8         | 0,01        |                   |
| LB47406 | BXO   BXC | 145           | 150        | 0,31       | 0,01       | 0,01       | 30          | 0,6         | 0,01        |                   |
| LB47406 | BXC       | 150           | 155        | 0,84       | 0,03       | 0,06       | 134         | 2,0         | 0,02        |                   |
| LB47406 | BXC       | 155           | 160        | 0,33       | 0,01       | 0,01       | 26          | 0,8         | 0,01        |                   |
| LB47406 | BXC       | 160           | 165        | 0,35       | 0,01       | 0,01       | 23          | 1,0         | 0,01        |                   |
| LB47406 | BXC       | 165           | 170        | 0,26       | 0,01       | 0,01       | 27          | 0,9         | 0,01        | BXC-05            |
| LB47406 | BXC       | 170           | 175        | 0,16       | 0,00       | 0,01       | 37          | 0,7         | 0,01        |                   |
| LB47406 | BXC       | 175           | 180        | 0,15       | 0,00       | 0,01       | 22          | 0,7         | 0,01        |                   |
| LB47406 | BXC       | 180           | 185        | 0,15       | 0,00       | 0,00       | 23          | 0,7         | 0,01        |                   |
| LB47406 | BXC       | 185           | 190        | 0,14       | 0,01       | 0,00       | 56          | 0,8         | 0,01        | BXC-06            |
| LB47406 | BXC       | 190           | 195        | 0,19       | 0,01       | 0,00       | 35          | 1,0         | 0,01        |                   |
| LB47406 | BXO       | 195           | 200        | 0,32       | 0,01       | 0,02       | 22          | 1,5         | 0,01        |                   |
| LB47406 | BXO       | 200           | 205        | 0,42       | 0,01       | 0,01       | 21          | 2,4         | 0,01        |                   |
| LB47406 | BXO       | 205           | 210        | 0,12       | 0,00       | 0,00       | 14          | 0,8         | 0,01        |                   |
| LB47406 | BXO       | 210           | 215        | 0,09       | 0,00       | 0,00       | 24          | 0,6         | 0,01        |                   |
| LB47406 | BXO       | 215           | 220        | 0,14       | 0,00       | 0,00       | 21          | 0,6         | 0,01        |                   |
| LB47406 | BXO       | 220           | 225        | 0,21       | 0,01       | 0,00       | 24          | 1,0         | 0,01        |                   |
| LB47406 | BXO       | 225           | 230        | 0,44       | 0,01       | 0,01       | 25          | 2,1         | 0,01        |                   |
| LB47406 | BXO       | 230           | 235        | 0,13       | 0,00       | 0,00       | 31          | 1,2         | 0,01        | BXC-07            |
| LB47406 | BXO       | 235           | 240        | 0,08       | 0,00       | 0,00       | 22          | 0,4         | 0,01        |                   |
| LB47406 | BXO       | 240           | 245        | 0,7        | 0,1        | 0,0        | 117         | 0,7         | 0,01        |                   |

**Tabla 15:** Reporte de peso húmedo y seco en la etapa A del compósito de la Unidad Cuarzomonzonita.

| <b>CONTROL SECADO MUESTRAS – CUARZOMONZONITA (QM)</b> |                |                        |       |             |                               |                    |               |                  |               |                    |
|---|----------------|------------------------|-------|-------------|-------------------------------|--------------------|---------------|------------------|---------------|--------------------|
| <b>Identificación:</b>                                |                | <b>Cuarzomonzonita</b> |       |             | <b>Masa Total Húmeda (kg)</b> |                    | <b>369,41</b> |                  |               |                    |
| <b>Tipo Muestra:</b>                                  |                | Testigos de sondajes   |       |             | <b>Masa Total Seca (kg)</b>   |                    | <b>367,69</b> |                  |               |                    |
| <b>Fecha Entrega:</b>                                 |                | 16/09/2014             |       |             | <b>Humedad (%)</b>            |                    | <b>0,47</b>   |                  |               |                    |
| <b>Muestra</b>  | <b>Sondaje</b> | <b>Tramo</b>           |       | <b>Roca</b> | <b>Tara Band. (kg)</b>        | <b>Húmedo (kg)</b> |               | <b>Seco (kg)</b> |               | <b>Humedad (%)</b> |
|   |                | desde                  | hasta |             |                               | P, Bruto           | P, Neto       | P, Bruto         | P, Neto       |                    |
| QM-01   | LB140035       | 5                      | 10    | QM          | 2,64                          | 14,90              | 12,26         | 14,87            | 12,23         | 0,24               |
| QM-02   | LB140035       | 50                     | 55    | QM          | 2,77                          | 20,93              | 18,15         | 20,89            | 18,11         | 0,22               |
| QM-03   | LB140035       | 100                    | 105   | QM          | 2,65                          | 21,92              | 19,27         | 21,79            | 19,14         | 0,67               |
| QM-04   | LB140035       | 120                    | 125   | QM          | 2,76                          | 21,83              | 19,07         | 21,78            | 19,01         | 0,28               |
| QM-05   | LB140035       | 150                    | 155   | QM          | 2,59                          | 21,62              | 19,03         | 21,50            | 18,91         | 0,61               |
| QM-06   | LB140035       | 195                    | 200   | QM          | 2,65                          | 21,99              | 19,34         | 21,93            | 19,28         | 0,34               |
| QM-07   | LB140035       | 240                    | 245   | QM          | 2,86                          | 22,13              | 19,26         | 22,02            | 19,16         | 0,56               |
| QM-08   | LB43606        | 125                    | 130   | QM          | 2,64                          | 18,51              | 15,87         | 18,43            | 15,79         | 0,52               |
| QM-09   | LB43606        | 170                    | 175   | QM          | 2,64                          | 10,33              | 7,69          | 10,31            | 7,68          | 0,16               |
| QM-10   | LB43606        | 245                    | 250   | QM          | 2,66                          | 19,15              | 16,50         | 19,10            | 16,45         | 0,30               |
| QM-11   | LB17808        | 10                     | 15    | QM          | 2,62                          | 11,90              | 9,28          | 11,88            | 9,26          | 0,18               |
| QM-12   | LB17808        | 30                     | 35    | QM          | 2,65                          | 10,55              | 7,91          | 10,51            | 7,86          | 0,53               |
| QM-13   | LB140099       | 120                    | 125   | QM          | 2,65                          | 20,62              | 17,97         | 20,41            | 17,76         | 1,17               |
| QM-14   | LB140099       | 195                    | 200   | QM          | 2,62                          | 22,36              | 19,74         | 22,22            | 19,60         | 0,71               |
| QM-15   | LB140099       | 240                    | 245   | QM          | 2,76                          | 19,91              | 17,15         | 19,66            | 16,90         | 1,47               |
| QM-16   | LB140099       | 305                    | 310   | QM          | 2,78                          | 22,27              | 19,50         | 22,19            | 19,41         | 0,42               |
| QM-17   | LB140099       | 480                    | 485   | QM          | 2,62                          | 21,08              | 18,46         | 21,02            | 18,40         | 0,32               |
| QM-18   | LB140099       | 610                    | 615   | QM          | 2,86                          | 23,53              | 20,67         | 23,44            | 20,58         | 0,43               |
| QM-19   | LB140083       | 155                    | 160   | QM          | 2,86                          | 18,67              | 15,82         | 18,64            | 15,78         | 0,22               |
| QM-20   | LB140083       | 220                    | 225   | QM          | 2,65                          | 20,79              | 18,14         | 20,75            | 18,10         | 0,22               |
| QM-21   | LB140083       | 280                    | 285   | QM          | 2,87                          | 20,84              | 17,97         | 20,81            | 17,94         | 0,17               |
| QM-22   | LB140083       | 330                    | 335   | QM          | 2,61                          | 22,99              | 20,37         | 22,94            | 20,33         | 0,22               |
|   |                |                        |       |             |                               | <b>428,80</b>      | <b>369,41</b> | <b>427,09</b>    | <b>367,69</b> | <b>0,47</b>        |

**Tabla 16:** Reporte de peso húmedo y seco en la etapa A del compósito de la Unidad Brecha Donoso.

| <b>CONTROL SECADO MUESTRAS – BRECHA DONOSO (BXD)</b> |          |                      |       |      |                               |               |               |               |               |             |
|--|----------|----------------------|-------|------|-------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------------|
| <b>Identificación:</b>                               |          | <b>Brecha Donoso</b> |       |      | <b>Masa Total Húmeda (kg)</b> |               | 366,33        |               |               |             |
| <b>Tipo Muestra:</b>                                 |          | Testigos de sondajes |       |      | <b>Masa Total Seca (kg)</b>   |               | 365,86        |               |               |             |
| <b>Fecha Entrega:</b>                                |          | 02/10/2014           |       |      | <b>Humedad (%)</b>            |               | 0,13          |               |               |             |
| Muestra  | Sondaje  | Tramo                |       | Roca | Tara Band. (kg)               | Húmedo (kg)   |               | Seco (kg)     |               | Humedad (%) |
|  |          | desde                | hasta |      |                               | P, Bruto      | P, Neto       | P, Bruto      | P, Neto       |             |
| BXD-01   | LB 43606 | 27                   | 30    | BXD  | 2,86                          | 15,54         | 12,69         | 15,53         | 12,67         | 0,15        |
| BXD-02   | LB 43606 | 30                   | 35    | BXD  | 2,60                          | 20,97         | 18,37         | 20,95         | 18,34         | 0,15        |
| BXD-03   | LB 43606 | 35                   | 40    | BXD  | 2,65                          | 22,34         | 19,69         | 22,32         | 19,67         | 0,11        |
| BXD-04   | LB 43606 | 40                   | 45    | BXD  | 2,62                          | 25,37         | 22,75         | 25,26         | 22,64         | 0,47        |
| BXD-05   | LB 43606 | 45                   | 50    | BXD  | 2,75                          | 19,36         | 16,61         | 19,35         | 16,60         | 0,06        |
| BXD-06   | LB 43606 | 50                   | 55    | BXD  | 2,65                          | 22,69         | 20,04         | 22,67         | 20,02         | 0,09        |
| BXD-07   | LB 43606 | 55                   | 60    | BXD  | 2,64                          | 20,70         | 18,07         | 20,66         | 18,03         | 0,21        |
| BXD-08   | LB 43606 | 60                   | 65    | BXD  | 2,61                          | 22,99         | 20,38         | 22,98         | 20,36         | 0,06        |
| BXD-09   | LB 43606 | 65                   | 70    | BXD  | 2,85                          | 22,40         | 19,55         | 22,36         | 19,51         | 0,21        |
| BXD-10   | LB 43606 | 70                   | 75    | BXD  | 2,78                          | 22,93         | 20,15         | 22,93         | 20,15         | 0,02        |
| BXD-11   | LB 43606 | 75                   | 80    | BXD  | 2,65                          | 21,56         | 18,91         | 21,54         | 18,89         | 0,08        |
| BXD-12   | LB 43606 | 80                   | 85    | BXD  | 2,64                          | 21,92         | 19,28         | 21,90         | 19,26         | 0,10        |
| BXD-13   | LB 43606 | 85                   | 90    | BXD  | 2,64                          | 20,26         | 17,61         | 20,24         | 17,60         | 0,10        |
| BXD-14   | LB 43606 | 90                   | 95    | BXD  | 2,62                          | 22,72         | 20,10         | 22,70         | 20,08         | 0,10        |
| BXD-15   | LB 43606 | 95                   | 100   | BXD  | 2,76                          | 22,38         | 19,62         | 22,36         | 19,60         | 0,09        |
| BXD-16   | LB 43606 | 100                  | 105   | BXD  | 2,66                          | 23,15         | 20,50         | 23,13         | 20,47         | 0,11        |
| BXD-17   | LB 43606 | 105                  | 110   | BXD  | 2,79                          | 23,35         | 20,57         | 23,33         | 20,54         | 0,12        |
| BXD-18   | LB 43606 | 110                  | 115   | BXD  | 2,77                          | 22,91         | 20,13         | 22,89         | 20,12         | 0,07        |
| BXD-19   | LB 43606 | 115                  | 120   | BXD  | 2,64                          | 23,96         | 21,32         | 23,95         | 21,31         | 0,05        |
|  |          |                      |       |      |                               | <b>417,49</b> | <b>366,33</b> | <b>417,03</b> | <b>365,86</b> | <b>0,13</b> |

**Tabla 17:** Reporte de peso húmedo y seco en la etapa A del compósito del grupo brechas centro.

| <b>CONTROL SECADO MUESTRAS – BRECHA CENTRAL (BXC)</b> |         |                       |       |      |                               |               |               |               |               |             |
|---|---------|-----------------------|-------|------|-------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------------|
| <b>Identificación:</b>                                |         | <b>Brecha Central</b> |       |      | <b>Masa Total Húmeda (kg)</b> |               | 301,66        |               |               |             |
| <b>Tipo Muestra:</b>                                  |         | Testigos de sondajes  |       |      | <b>Masa Total Seca (kg)</b>   |               | 300,00        |               |               |             |
| <b>Fecha Entrega:</b>                                 |         | 22/09/2014            |       |      | <b>Humedad (%)</b>            |               | 0,55          |               |               |             |
| Muestra   | Sondaje | Tramo                 |       | Roca | Tara Band. (kg)               | Húmedo (kg)   |               | Seco (kg)     |               | Humedad (%) |
|   |         | desde                 | hasta |      |                               | P, Bruto      | P, Neto       | P, Bruto      | P, Neto       |             |
| BXC-01  | LB47406 | 25                    | 30    | BXC  | 2,61                          | 20,86         | 18,25         | 20,76         | 18,15         | 0,57        |
| BXC-02  | LB47406 | 80                    | 85    | BXC  | 2,86                          | 9,94          | 7,07          | 9,90          | 7,04          | 0,48        |
| BXC-03  | LB47406 | 100                   | 105   | BXC  | 2,63                          | 19,73         | 17,10         | 19,72         | 17,08         | 0,09        |
| BXC-04  | LB47406 | 130                   | 135   | BXO  | 2,59                          | 20,59         | 18,00         | 20,42         | 17,84         | 0,91        |
| BXC-05  | LB47406 | 170                   | 175   | BXC  | 2,62                          | 22,42         | 19,79         | 22,38         | 19,75         | 0,20        |
| BXC-06  | LB47406 | 190                   | 195   | BXC  | 2,65                          | 19,12         | 16,47         | 19,08         | 16,43         | 0,23        |
| BXC-07  | LB47406 | 235                   | 240   | BXO  | 2,86                          | 23,91         | 21,06         | 23,83         | 20,98         | 0,39        |
| BXC-08  | LB14408 | 5                     | 10    | BXC  | 2,76                          | 13,91         | 11,15         | 13,85         | 11,09         | 0,51        |
| BXC-09  | LB14408 | 40                    | 45    | BXC  | 2,65                          | 22,18         | 19,53         | 21,98         | 19,33         | 1,06        |
| BXC-10  | LB14408 | 80                    | 85    | BXC  | 2,62                          | 20,55         | 17,93         | 20,41         | 17,79         | 0,75        |
| BXC-11  | LB14408 | 125                   | 130   | BXC  | 2,65                          | 19,68         | 17,03         | 19,58         | 16,94         | 0,56        |
| BXC-12  | LB14408 | 165                   | 170   | BXC  | 2,78                          | 21,78         | 19,00         | 21,69         | 18,91         | 0,50        |
| BXC-13  | LB14408 | 205                   | 210   | BXO  | 2,65                          | 21,06         | 18,42         | 21,01         | 18,36         | 0,30        |
| BXC-14  | LB14408 | 255                   | 260   | BXC  | 2,85                          | 24,30         | 21,44         | 24,15         | 21,29         | 0,72        |
| BXC-15  | LB14408 | 280                   | 285   | BXO  | 2,86                          | 24,71         | 21,85         | 24,53         | 21,66         | 0,85        |
| BXC-16  | LB17808 | 45                    | 50    | BXC  | 2,76                          | 19,68         | 16,92         | 19,60         | 16,84         | 0,50        |
| BXC-17  | LB17808 | 75                    | 80    | BXC  | 2,64                          | 23,30         | 20,66         | 23,17         | 20,53         | 0,64        |
|   |         |                       |       |      |                               | <b>347,71</b> | <b>301,66</b> | <b>346,05</b> | <b>300,00</b> | <b>0,55</b> |

**Tabla 18:** Reporte de peso húmedo y seco en la etapa A del compósito del grupo brechas Centro.

| <b>CONTROL SECADO MUESTRAS - BRECHAS SUR (BXS)</b> |                |                      |       |             |                               |                    |               |                  |               |                    |
|--|----------------|----------------------|-------|-------------|-------------------------------|--------------------|---------------|------------------|---------------|--------------------|
| <b>Identificación:</b>                             |                | <b>Brecha Sur</b>    |       |             | <b>Masa Total Húmeda (kg)</b> |                    | <b>467,50</b> |                  |               |                    |
| <b>Tipo Muestra:</b>                               |                | Testigos de sondajes |       |             | <b>Masa Total Seca (kg)</b>   |                    | <b>463,83</b> |                  |               |                    |
| <b>Fecha Entrega:</b>                              |                | 04/09/14             |       |             | <b>Humedad (%)</b>            |                    | <b>0,79</b>   |                  |               |                    |
| <b>Muestra</b>                                     | <b>Sondaje</b> | <b>Tramo</b>         |       | <b>Roca</b> | <b>Tara Band. (kg)</b>        | <b>Húmedo (kg)</b> |               | <b>Seco (kg)</b> |               | <b>Humedad (%)</b> |
|  |                | desde                | hasta |             |                               | P, Bruto           | P, Neto       | P, Bruto         | P, Neto       |                    |
| BXS-01   | LB140099       | 320                  | 325   | BXI         | 2,65                          | 25,20              | 22,55         | 25,06            | 22,41         | 0,61               |
| BXS-02   | LB140099       | 345                  | 350   | BXI         | 2,65                          | 18,95              | 16,30         | 18,85            | 16,20         | 0,64               |
| BXS-03   | LB140099       | 375                  | 380   | BXI         | 2,60                          | 21,25              | 18,65         | 21,15            | 18,55         | 0,52               |
| BXS-04   | LB140099       | 400                  | 405   | BXI         | 2,65                          | 22,30              | 19,65         | 22,22            | 19,57         | 0,39               |
| BXS-05   | LB140099       | 415                  | 420   | BXI         | 2,65                          | 23,65              | 21,00         | 23,36            | 20,71         | 1,39               |
| BXS-06   | LB140099       | 430                  | 435   | BXI         | 2,65                          | 23,15              | 20,50         | 23,01            | 20,36         | 0,68               |
| BXS-07   | LB140099       | 455                  | 460   | BXI         | 2,65                          | 19,80              | 17,15         | 19,72            | 17,07         | 0,48               |
| BXS-08   | LB140099       | 580                  | 585   | BXA         | 2,65                          | 21,25              | 18,60         | 21,16            | 18,51         | 0,50               |
| BXS-09   | LB140099       | 600                  | 605   | BXA         | 2,60                          | 21,95              | 19,35         | 21,84            | 19,24         | 0,55               |
| BXS-10   | LB140099       | 630                  | 635   | BXA         | 2,65                          | 24,80              | 22,15         | 24,47            | 21,82         | 1,54               |
| BXS-11   | LB140099       | 645                  | 650   | BXA         | 2,65                          | 24,50              | 21,85         | 24,26            | 21,61         | 1,12               |
| BXS-12   | LB140099       | 675                  | 680   | BXA         | 2,75                          | 20,80              | 18,05         | 20,71            | 17,96         | 0,51               |
| BXS-13   | LB140099       | 690                  | 695   | BXA         | 2,65                          | 16,25              | 13,60         | 16,20            | 13,55         | 0,34               |
| BXS-14   | LB140099       | 720                  | 725   | BXA         | 2,65                          | 13,70              | 11,05         | 13,58            | 10,93         | 1,13               |
| BXS-15   | LB140099       | 740                  | 745   | BXA         | 3,30                          | 14,75              | 11,45         | 14,68            | 11,38         | 0,62               |
| BXS-16   | LB140099       | 755                  | 760   | BXA         | 2,65                          | 22,30              | 19,65         | 22,18            | 19,53         | 0,60               |
| BXS-17   | LB140099       | 770                  | 775   | BXA         | 2,75                          | 21,50              | 18,75         | 21,42            | 18,67         | 0,42               |
| BXS-18   | LB140099       | 805                  | 810   | BXF         | 2,65                          | 15,00              | 12,35         | 14,92            | 12,27         | 0,68               |
| BXS-19   | LB140099       | 815                  | 820   | BXF         | 2,65                          | 14,30              | 11,65         | 14,24            | 11,59         | 0,48               |
| BXS-20   | LB140099       | 830                  | 835   | BXA         | 2,65                          | 15,35              | 12,70         | 15,26            | 12,61         | 0,68               |
| BXS-21   | LB140099       | 860                  | 865   | BXA         | 2,85                          | 15,45              | 12,60         | 15,40            | 12,55         | 0,39               |
| BXS-22   | LB140099       | 880                  | 885   | BXA         | 2,60                          | 20,85              | 18,25         | 20,72            | 18,12         | 0,72               |
| BXS-23   | LB140099       | 900                  | 905   | BXA         | 2,65                          | 14,25              | 11,60         | 14,20            | 11,55         | 0,42               |
| BXS-24   | LB140099       | 915                  | 920   | BXA         | 2,60                          | 20,90              | 18,30         | 20,76            | 18,16         | 0,75               |
| BXS-25   | LB17808        | 85                   | 90    | BXA         | 2,75                          | 23,10              | 20,35         | 22,78            | 20,03         | 1,58               |
| BXS-26   | LB17808        | 115                  | 120   | BXA         | 2,65                          | 23,80              | 21,15         | 23,42            | 20,77         | 1,83               |
| BXS-27   | LB140035       | 170                  | 175   | BXF         | 2,65                          | 20,90              | 18,25         | 20,74            | 18,09         | 0,91               |
|  |                |                      |       |             |                               | <b>540,00</b>      | <b>467,50</b> | <b>536,33</b>    | <b>463,83</b> | <b>0,79</b>        |

**Tabla 19:** Reporte de peso y granulometría para etapa B (Chancado -3/4 " y Tamizaje) para el compósito de la Unidad Cuarzomonzonita.

| <b>CONTROL DE PESO Y GRANULOMETRÍA - CUARZOMONZONITA (QM)</b> |                           |                              |                                      |                                     |
|---|---------------------------|------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| <b>Identificación:</b>  | <b>Cuarzomonzonita</b>    | <b>Fecha Entrega:</b>        | 17/09/2014                           |                                     |
| <b>Tipo Muestra:</b>  | Testigos de sondajes      |                              |                                      |                                     |
| <b>Chancado – 3/4"</b>  |                           |                              |                                      |                                     |
| <b>Peso inicial (kg):</b>                                     | 367,69                    | <b>Peso resultante (kg):</b> | 367,14                               |                                     |
| <b>Masa perdida (kg):</b>                                     | 0,55                      | <b>Perdida (%):</b>          | 0,15                                 |                                     |
| <b>Tamizaje</b>   |                           |                              |                                      |                                     |
| <b>Peso inicial (kg):</b>                                     | 367,14                    | <b>Peso resultante (kg):</b> | 367,02                               |                                     |
| <b>Masa perdida (kg):</b>                                     | 0,12                      | <b>Perdida (%):</b>          | 0,03                                 |                                     |
| <b>Fracción (Tamaño)</b>                                      | <b>Peso Retenido (kg)</b> |                              | <b>Porcentaje Retenido Acumulado</b> | <b>Porcentaje Pasante Acumulado</b> |
|   | kg                        | %                            |                                      |                                     |
| <b>A (-3/4" / +1/2")</b>                                      | 145,57                    | 39,66                        | 39,66                                | 60,34                               |
| <b>B (-1/2" / +1/4")</b>                                      | 106,29                    | 28,96                        | 68,62                                | 31,38                               |
| <b>C (-1/4" / +10Ty)</b>                                      | 68,91                     | 18,78                        | 87,40                                | 12,60                               |
| <b>D (-10Ty / +20Ty)</b>                                      | 15,74                     | 4,29                         | 91,69                                | 8,31                                |
| <b>E (-20Ty / +65Ty)</b>                                      | 16,72                     | 4,56                         | 96,24                                | 3,76                                |
| <b>F (-65Ty)</b>  | 13,79                     | 3,76                         | 100,00                               | 0,00                                |
| <b>TOTAL</b>  | <b>367,02</b>             | <b>100,00</b>                |                                      |                                     |

**Tabla 20:** Reporte de peso y granulometría para etapa B (Chancado -3/4 " y Tamizaje) para el compósito de la Unidad Brecha Donoso.

| <b>CONTROL DE PESO Y GRANULOMETRÍA - BRECHA DONOSO</b> |                           |                              |                                      |                                     |
|--|---------------------------|------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| <b>Identificación:</b>                                 | <b>Brecha Donoso</b>      | <b>Fecha Entrega:</b>        | 02/10/2014                           |                                     |
| <b>Tipo Muestra:</b>                                   | Testigos de sondajes      |                              |                                      |                                     |
| <b>Chancado – 3/4"</b>                                 |                           |                              |                                      |                                     |
| <b>Peso inicial (kg):</b>                              | 365,86                    | <b>Peso resultante (kg):</b> | 364,85                               |                                     |
| <b>Masa perdida (kg):</b>                              | 1,01                      | <b>Perdida (%):</b>          | 0,28                                 |                                     |
| <b>Tamizaje</b>  |                           |                              |                                      |                                     |
| <b>Peso inicial (kg):</b>                              | 364,85                    | <b>Peso resultante (kg):</b> | 364,56                               |                                     |
| <b>Masa perdida (kg):</b>                              | 0,26                      | <b>Perdida (%):</b>          | 0,07                                 |                                     |
| <b>Fracción (Tamaño)</b>                               | <b>Peso Retenido (kg)</b> |                              | <b>Porcentaje Retenido Acumulado</b> | <b>Porcentaje Pasante Acumulado</b> |
|  | kg                        | %                            |                                      |                                     |
| <b>A (-3/4" / +1/2")</b>                               | 140,79                    | 38,62                        | 38,62                                | 61,38                               |
| <b>B (-1/2" / +1/4")</b>                               | 106,60                    | 29,24                        | 67,86                                | 32,14                               |
| <b>C (-1/4" / +10Ty)</b>                               | 66,71                     | 18,30                        | 86,16                                | 13,84                               |
| <b>D (-10Ty / +20Ty)</b>                               | 17,48                     | 4,79                         | 90,95                                | 9,05                                |
| <b>E (-20Ty / +65Ty)</b>                               | 18,46                     | 5,06                         | 96,02                                | 3,98                                |
| <b>F (-65Ty)</b>                                       | 14,52                     | 3,98                         | 100,00                               | 0,00                                |
| <b>TOTAL</b>   | <b>364,56</b>             | <b>100,00</b>                |                                      |                                     |

**Tabla 21:** Reporte de peso y granulometría para etapa B (Chancado -3/4 " y Tamizaje) para el compósito del grupo brechas centro.

| <b>CONTROL DE PESO Y GRANULOMETRÍA – grupo brechas centro</b> |                             |                              |                                      |                                     |
|---|-----------------------------|------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| <b>Identificación:</b>  | <b>grupo brechas centro</b> | <b>Fecha Entrega:</b>        | 02/10/2014                           |                                     |
| <b>Tipo Muestra:</b>  | Testigos de sondajes        |                              |                                      |                                     |
| <b>Chancado – 3/4"</b>  |                             |                              |                                      |                                     |
| <b>Peso inicial (kg):</b>                                     | 300,00                      | <b>Peso resultante (kg):</b> | 299,89                               |                                     |
| <b>Masa perdida (kg):</b>                                     | 0,11                        | <b>Perdida (%):</b>          | 0,04                                 |                                     |
| <b>Tamizaje</b>   |                             |                              |                                      |                                     |
| <b>Peso inicial (kg):</b>                                     | 288,89                      | <b>Peso resultante (kg):</b> | 299,85                               |                                     |
| <b>Masa perdida (kg):</b>                                     | 0,04                        | <b>Perdida (%):</b>          | 0,01                                 |                                     |
| <b>Fracción (Tamaño)</b>                                      | <b>Peso Retenido (kg)</b>   |                              | <b>Porcentaje Retenido Acumulado</b> | <b>Porcentaje Pasante Acumulado</b> |
|   | kg                          | %                            |                                      |                                     |
| <b>A (-3/4" / +1/2")</b>                                      | 128,65                      | 42,90                        | 42,90                                | 57,10                               |
| <b>B (-1/2" / +1/4")</b>                                      | 79,20                       | 26,41                        | 69,32                                | 30,68                               |
| <b>C (-1/4" / +10Ty)</b>                                      | 51,55                       | 17,19                        | 86,51                                | 13,49                               |
| <b>D (-10Ty / +20Ty)</b>                                      | 13,65                       | 4,55                         | 91,06                                | 8,94                                |
| <b>E (-20Ty / +65Ty)</b>                                      | 14,30                       | 4,77                         | 95,83                                | 4,17                                |
| <b>F (-65Ty)</b>  | 12,50                       | 4,17                         | 100,00                               | 0,00                                |
| <b>TOTAL</b>  | <b>299,85</b>               | <b>100,00</b>                |                                      |                                     |

**Tabla 22:** Reporte de peso y granulometría para etapa B (Chancado -3/4 " y Tamizaje) para el compósito del grupo brechas sur.

| <b>CONTROL DE PESO Y GRANULOMETRÍA – grupo brechas sur</b> |                           |                              |                                      |                                     |
|--|---------------------------|------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| <b>Identificación:</b>                                     | <b>grupo brechas sur</b>  | <b>Fecha Entrega:</b>        | 13/09/2014                           |                                     |
| <b>Tipo Muestra:</b>                                       | Testigos de sondajes      |                              |                                      |                                     |
| <b>Chancado – 3/4"</b>                                     |                           |                              |                                      |                                     |
| <b>Peso inicial (kg):</b>                                  | 463,83                    | <b>Peso resultante (kg):</b> | 461,47                               |                                     |
| <b>Masa perdida (kg):</b>                                  | 2,36                      | <b>Perdida (%):</b>          | 0,51                                 |                                     |
| <b>Tamizaje</b>  |                           |                              |                                      |                                     |
| <b>Peso inicial (kg):</b>                                  | 461,47                    | <b>Peso resultante (kg):</b> | 460,90                               |                                     |
| <b>Masa perdida (kg):</b>                                  | 0,57                      | <b>Perdida (%):</b>          | 0,12                                 |                                     |
| <b>Fracción (Tamaño)</b>                                   | <b>Peso Retenido (kg)</b> |                              | <b>Porcentaje Retenido Acumulado</b> | <b>Porcentaje Pasante Acumulado</b> |
|  | kg                        | %                            |                                      |                                     |
| <b>A (-3/4" / +1/2")</b>                                   | 188,00                    | 40,80                        | 40,80                                | 59,20                               |
| <b>B (-1/2" / +1/4")</b>                                   | 133,40                    | 28,90                        | 69,70                                | 30,30                               |
| <b>C (-1/4" / +10Ty)</b>                                   | 81,50                     | 17,70                        | 87,40                                | 12,60                               |
| <b>D (-10Ty / +20Ty)</b>                                   | 19,80                     | 4,30                         | 91,70                                | 8,30                                |
| <b>E (-20Ty / +65Ty)</b>                                   | 20,60                     | 4,50                         | 96,10                                | 3,90                                |
| <b>F (-65Ty)</b>   | 17,80                     | 3,90                         | 100,00                               | 0,00                                |
| <b>TOTAL</b>   | <b>460,90</b>             | <b>100,00</b>                |                                      |                                     |

**Tabla 23:** Reporte de peso y granulometría para etapa E (Selección, pulverizado y pesaje de las 100 muestras aleatoria) para el compósito correspondiente a la Unidad Cuarzomonzonita.

| <b>CONTROL DE PESO FRACCIÓN B - CUARZOMONZONITA</b>    |                         |                    |                        |                    |
|--|-------------------------|--------------------|------------------------|--------------------|
| <b>Identificación:</b>                                 |                         |                    | <b>Cuarzomonzonita</b> |                    |
| <b>Tipo Muestra:</b>                                   |                         |                    | Testigos de sondajes   |                    |
| <b>Fecha Entrega:</b>                                  |                         |                    | 17/09/2014             |                    |
| <b>a. Selección de 100 submuestras (40 fragmentos)</b> |                         |                    |                        |                    |
| <b>Masa inicial fracción B (kg)</b>                    |                         |                    |                        | 106,290            |
| <b>Masa Total 100 submuestras (kg)</b>                 |                         |                    |                        | 9,525              |
| <b>Masa resultante fracción B' (kg)</b>                |                         |                    |                        | 96,73              |
| <b>Perdida (kg)</b>                                    |                         |                    |                        | 0,035              |
| <b>Perdida (%)</b>                                     |                         |                    |                        | 0,03               |
| <b>b. Pulverización de 100 submuestras</b>             |                         |                    |                        |                    |
| <b>Masa inicial 100 muestras (kg)</b>                  |                         |                    |                        | 9,525              |
| <b>Masa Total 100 submuestras pulverizadas (kg)</b>    |                         |                    |                        | 9,493              |
| <b>Pérdida total (kg)</b>                              |                         |                    |                        | 0,032              |
| <b>Perdida promedio por muestra (%)</b>                |                         |                    |                        | 0,34               |
| <b>Muestra</b>   | <b>Peso Muestra (g)</b> |                    |                        | <b>Perdida (%)</b> |
|  | <b>Original</b>         | <b>Pulverizado</b> | <b>Diferencia</b>      |                    |
| QM#B001  | 97,20                   | 97,00              | 0,20                   | 0,21               |
| QM#B002  | 103,50                  | 103,00             | 0,50                   | 0,48               |
| QM#B003  | 116,20                  | 116,00             | 0,20                   | 0,17               |
| QM#B004  | 115,20                  | 114,80             | 0,40                   | 0,35               |
| QM#B005  | 99,10                   | 99,00              | 0,10                   | 0,10               |
| QM#B006  | 109,00                  | 108,40             | 0,60                   | 0,55               |
| QM#B007  | 111,10                  | 110,80             | 0,30                   | 0,27               |
| QM#B008  | 101,80                  | 101,00             | 0,80                   | 0,79               |
| QM#B009  | 105,40                  | 105,00             | 0,40                   | 0,38               |
| QM#B010  | 110,30                  | 110,00             | 0,30                   | 0,27               |
| QM#B011  | 88,30                   | 88,00              | 0,30                   | 0,34               |
| QM#B012  | 84,90                   | 84,40              | 0,50                   | 0,59               |
| QM#B013  | 95,30                   | 95,00              | 0,30                   | 0,31               |
| QM#B014  | 82,40                   | 82,30              | 0,10                   | 0,12               |
| QM#B015  | 88,90                   | 87,90              | 1,00                   | 1,12               |
| QM#B016  | 94,90                   | 94,40              | 0,50                   | 0,53               |
| QM#B017  | 86,70                   | 86,70              | 0,00                   | 0,00               |
| QM#B018  | 104,70                  | 104,70             | 0,00                   | 0,00               |
| QM#B019  | 89,50                   | 89,00              | 0,50                   | 0,56               |
| QM#B020  | 98,70                   | 98,60              | 0,10                   | 0,10               |
| QM#B021  | 92,00                   | 91,70              | 0,30                   | 0,33               |
| QM#B022  | 83,40                   | 83,00              | 0,40                   | 0,48               |
| QM#B023  | 99,70                   | 99,00              | 0,70                   | 0,70               |
| QM#B024  | 105,00                  | 104,60             | 0,40                   | 0,38               |
| QM#B025  | 90,70                   | 90,00              | 0,70                   | 0,77               |
| QM#B026  | 95,00                   | 94,40              | 0,60                   | 0,63               |
| QM#B027  | 92,90                   | 92,30              | 0,60                   | 0,65               |
| QM#B028  | 90,90                   | 90,40              | 0,50                   | 0,55               |

|         |        |        |      |      |
|---------|--------|--------|------|------|
| QM#B029 | 97,30  | 97,30  | 0,00 | 0,00 |
| QM#B030 | 90,60  | 90,00  | 0,60 | 0,66 |
| QM#B031 | 93,00  | 92,50  | 0,50 | 0,54 |
| QM#B032 | 100,20 | 99,90  | 0,30 | 0,30 |
| QM#B033 | 96,80  | 96,10  | 0,70 | 0,72 |
| QM#B034 | 96,30  | 96,00  | 0,30 | 0,31 |
| QM#B035 | 100,60 | 100,30 | 0,30 | 0,30 |
| QM#B036 | 105,20 | 105,00 | 0,20 | 0,19 |
| QM#B037 | 99,30  | 99,00  | 0,30 | 0,30 |
| QM#B038 | 98,70  | 98,70  | 0,00 | 0,00 |
| QM#B039 | 108,30 | 108,20 | 0,10 | 0,09 |
| QM#B040 | 93,70  | 93,20  | 0,50 | 0,53 |
| QM#B041 | 97,90  | 97,00  | 0,90 | 0,92 |
| QM#B042 | 99,70  | 99,40  | 0,30 | 0,30 |
| QM#B043 | 99,50  | 99,50  | 0,00 | 0,00 |
| QM#B044 | 93,00  | 93,00  | 0,00 | 0,00 |
| QM#B045 | 83,00  | 82,60  | 0,40 | 0,48 |
| QM#B046 | 101,90 | 101,80 | 0,10 | 0,10 |
| QM#B047 | 95,50  | 95,10  | 0,40 | 0,42 |
| QM#B048 | 92,40  | 92,10  | 0,30 | 0,32 |
| QM#B049 | 104,60 | 103,90 | 0,70 | 0,67 |
| QM#B050 | 98,70  | 98,50  | 0,20 | 0,20 |
| QM#B051 | 86,60  | 86,10  | 0,50 | 0,58 |
| QM#B052 | 85,20  | 84,60  | 0,60 | 0,70 |
| QM#B053 | 91,20  | 91,00  | 0,20 | 0,22 |
| QM#B054 | 101,70 | 101,70 | 0,00 | 0,00 |
| QM#B055 | 93,80  | 93,60  | 0,20 | 0,21 |
| QM#B056 | 88,00  | 88,00  | 0,00 | 0,00 |
| QM#B057 | 80,90  | 80,90  | 0,00 | 0,00 |
| QM#B058 | 94,90  | 94,60  | 0,30 | 0,32 |
| QM#B059 | 95,40  | 94,20  | 1,20 | 1,26 |
| QM#B060 | 89,70  | 89,70  | 0,00 | 0,00 |
| QM#B061 | 88,60  | 88,10  | 0,50 | 0,56 |
| QM#B062 | 96,30  | 96,30  | 0,00 | 0,00 |
| QM#B063 | 99,20  | 98,80  | 0,40 | 0,40 |
| QM#B064 | 94,30  | 94,30  | 0,00 | 0,00 |
| QM#B065 | 96,30  | 96,30  | 0,00 | 0,00 |
| QM#B066 | 83,70  | 83,50  | 0,20 | 0,24 |
| QM#B067 | 87,90  | 87,00  | 0,90 | 1,02 |
| QM#B068 | 92,80  | 92,50  | 0,30 | 0,32 |
| QM#B069 | 97,60  | 97,40  | 0,20 | 0,20 |
| QM#B070 | 101,10 | 101,00 | 0,10 | 0,10 |
| QM#B071 | 89,80  | 89,40  | 0,40 | 0,45 |
| QM#B072 | 95,40  | 95,40  | 0,00 | 0,00 |
| QM#B073 | 95,50  | 95,50  | 0,00 | 0,00 |
| QM#B074 | 92,40  | 92,20  | 0,20 | 0,22 |
| QM#B075 | 90,60  | 90,40  | 0,20 | 0,22 |
| QM#B076 | 93,30  | 93,20  | 0,10 | 0,11 |
| QM#B077 | 84,50  | 83,60  | 0,90 | 1,07 |

|              |                |                |              |             |
|--------------|----------------|----------------|--------------|-------------|
| QM#B078      | 90,40          | 90,30          | 0,10         | 0,11        |
| QM#B079      | 85,20          | 84,90          | 0,30         | 0,35        |
| QM#B080      | 82,70          | 82,20          | 0,50         | 0,60        |
| QM#B081      | 86,90          | 86,50          | 0,40         | 0,46        |
| QM#B082      | 90,70          | 90,00          | 0,70         | 0,77        |
| QM#B083      | 91,60          | 91,50          | 0,10         | 0,11        |
| QM#B084      | 83,60          | 83,40          | 0,20         | 0,24        |
| QM#B085      | 83,90          | 83,30          | 0,60         | 0,72        |
| QM#B086      | 92,70          | 92,40          | 0,30         | 0,32        |
| QM#B087      | 88,30          | 88,20          | 0,10         | 0,11        |
| QM#B088      | 91,00          | 91,00          | 0,00         | 0,00        |
| QM#B089      | 92,70          | 92,00          | 0,70         | 0,76        |
| QM#B090      | 99,80          | 99,80          | 0,00         | 0,00        |
| QM#B091      | 97,80          | 97,80          | 0,00         | 0,00        |
| QM#B092      | 92,00          | 91,70          | 0,30         | 0,33        |
| QM#B093      | 116,10         | 116,10         | 0,00         | 0,00        |
| QM#B094      | 96,30          | 96,10          | 0,20         | 0,21        |
| QM#B095      | 97,70          | 97,60          | 0,10         | 0,10        |
| QM#B096      | 94,90          | 94,70          | 0,20         | 0,21        |
| QM#B097      | 105,50         | 105,50         | 0,00         | 0,00        |
| QM#B098      | 99,00          | 98,90          | 0,10         | 0,10        |
| QM#B099      | 97,50          | 97,10          | 0,40         | 0,41        |
| QM#B100      | 102,70         | 101,90         | 0,80         | 0,78        |
| <b>TOTAL</b> | <b>9524,60</b> | <b>9492,70</b> | <b>31,90</b> | <b>0,34</b> |

**Tabla 24:** Reporte de peso y granulometría para etapa E (Selección, pulverizado y pesaje de las 100 muestras aleatoria) para el compósito correspondiente a la Unidad Brecha Donoso.

| <b>CONTROL DE PESO FRACCIÓN B - BRECHA DONOSO</b>      |                         |                    |                      |                    |         |
|--|-------------------------|--------------------|----------------------|--------------------|---------|
| <b>Identificación:</b>                                 |                         |                    | <b>Brecha Donoso</b> |                    |         |
| <b>Tipo Muestra:</b>                                   |                         |                    | Testigos de sondajes |                    |         |
| <b>Fecha Entrega:</b>                                  |                         |                    | 17/09/2014           |                    |         |
| <b>a. Selección de 100 submuestras (40 fragmentos)</b> |                         |                    |                      |                    |         |
| <b>Masa inicial fracción B (kg)</b>                    |                         |                    |                      |                    | 106,600 |
| <b>Masa Total 100 submuestras (kg)</b>                 |                         |                    |                      |                    | 10,453  |
| <b>Masa resultante fracción B' (kg)</b>                |                         |                    |                      |                    | 96,11   |
| <b>Perdida (kg)</b>                                    |                         |                    |                      |                    | 0,042   |
| <b>Perdida (%)</b>                                     |                         |                    |                      |                    | 0,04    |
| <b>b. Pulverización de 100 submuestras</b>             |                         |                    |                      |                    |         |
| <b>Masa inicial 100 muestras (kg)</b>                  |                         |                    |                      |                    | 10,453  |
| <b>Masa Total 100 submuestras pulverizadas (kg)</b>    |                         |                    |                      |                    | 10,409  |
| <b>Pérdida total (kg)</b>                              |                         |                    |                      |                    | 0,044   |
| <b>Perdida promedio por muestra (%)</b>                |                         |                    |                      |                    | 0,42    |
| <b>Muestra</b>   | <b>Peso Muestra (g)</b> |                    |                      | <b>Perdida (%)</b> |         |
|  | <b>Original</b>         | <b>Pulverizado</b> | <b>Diferencia</b>    |                    |         |
| BXD#B001   | 109,50                  | 108,60             | 0,90                 | 0,82               |         |
| BXD#B002   | 112,40                  | 112,10             | 0,30                 | 0,27               |         |
| BXD#B003   | 116,10                  | 115,40             | 0,70                 | 0,60               |         |
| BXD#B004   | 112,50                  | 111,60             | 0,90                 | 0,80               |         |
| BXD#B005   | 108,10                  | 107,80             | 0,30                 | 0,28               |         |
| BXD#B006   | 101,40                  | 101,30             | 0,10                 | 0,10               |         |
| BXD#B007   | 115,30                  | 115,00             | 0,30                 | 0,26               |         |
| BXD#B008   | 108,40                  | 108,20             | 0,20                 | 0,18               |         |
| BXD#B009   | 105,60                  | 105,40             | 0,20                 | 0,19               |         |
| BXD#B010   | 120,90                  | 120,40             | 0,50                 | 0,41               |         |
| BXD#B011   | 99,80                   | 99,40              | 0,40                 | 0,40               |         |
| BXD#B012   | 104,70                  | 104,10             | 0,60                 | 0,57               |         |
| BXD#B013   | 106,20                  | 105,80             | 0,40                 | 0,38               |         |
| BXD#B014   | 100,70                  | 100,40             | 0,30                 | 0,30               |         |
| BXD#B015   | 102,40                  | 101,10             | 1,30                 | 1,27               |         |
| BXD#B016   | 98,70                   | 98,50              | 0,20                 | 0,20               |         |
| BXD#B017   | 105,20                  | 105,10             | 0,10                 | 0,10               |         |
| BXD#B018   | 104,00                  | 103,40             | 0,60                 | 0,58               |         |
| BXD#B019   | 112,80                  | 112,30             | 0,50                 | 0,44               |         |
| BXD#B020   | 103,60                  | 102,90             | 0,70                 | 0,68               |         |
| BXD#B021   | 107,60                  | 106,20             | 1,40                 | 1,30               |         |
| BXD#B022   | 108,70                  | 108,20             | 0,50                 | 0,46               |         |
| BXD#B023   | 109,00                  | 108,80             | 0,20                 | 0,18               |         |
| BXD#B024   | 108,10                  | 106,30             | 1,80                 | 1,67               |         |
| BXD#B025   | 104,80                  | 104,40             | 0,40                 | 0,38               |         |
| BXD#B026   | 110,50                  | 110,30             | 0,20                 | 0,18               |         |

|          |        |        |      |      |
|----------|--------|--------|------|------|
| BXD#B027 | 107,10 | 106,60 | 0,50 | 0,47 |
| BXD#B028 | 100,20 | 99,40  | 0,80 | 0,80 |
| BXD#B029 | 105,80 | 105,50 | 0,30 | 0,28 |
| BXD#B030 | 109,90 | 109,40 | 0,50 | 0,45 |
| BXD#B031 | 108,40 | 107,90 | 0,50 | 0,46 |
| BXD#B032 | 98,50  | 97,80  | 0,70 | 0,71 |
| BXD#B033 | 116,20 | 115,90 | 0,30 | 0,26 |
| BXD#B034 | 108,90 | 108,20 | 0,70 | 0,64 |
| BXD#B035 | 98,30  | 97,30  | 1,00 | 1,02 |
| BXD#B036 | 99,00  | 98,50  | 0,50 | 0,51 |
| BXD#B037 | 105,00 | 104,20 | 0,80 | 0,76 |
| BXD#B038 | 109,50 | 108,90 | 0,60 | 0,55 |
| BXD#B039 | 102,20 | 101,60 | 0,60 | 0,59 |
| BXD#B040 | 104,20 | 103,70 | 0,50 | 0,48 |
| BXD#B041 | 101,80 | 101,40 | 0,40 | 0,39 |
| BXD#B042 | 102,20 | 101,80 | 0,40 | 0,39 |
| BXD#B043 | 100,90 | 100,40 | 0,50 | 0,50 |
| BXD#B044 | 110,80 | 109,80 | 1,00 | 0,90 |
| BXD#B045 | 103,10 | 102,70 | 0,40 | 0,39 |
| BXD#B046 | 108,20 | 107,80 | 0,40 | 0,37 |
| BXD#B047 | 104,00 | 103,10 | 0,90 | 0,87 |
| BXD#B048 | 102,50 | 101,90 | 0,60 | 0,59 |
| BXD#B049 | 107,40 | 107,20 | 0,20 | 0,19 |
| BXD#B050 | 105,60 | 105,10 | 0,50 | 0,47 |
| BXD#B051 | 102,60 | 102,40 | 0,20 | 0,19 |
| BXD#B052 | 105,10 | 104,90 | 0,20 | 0,19 |
| BXD#B053 | 105,60 | 105,40 | 0,20 | 0,19 |
| BXD#B054 | 101,00 | 100,70 | 0,30 | 0,30 |
| BXD#B055 | 105,70 | 105,50 | 0,20 | 0,19 |
| BXD#B056 | 102,00 | 101,80 | 0,20 | 0,20 |
| BXD#B057 | 103,60 | 103,40 | 0,20 | 0,19 |
| BXD#B058 | 102,80 | 101,90 | 0,90 | 0,88 |
| BXD#B059 | 108,80 | 108,10 | 0,70 | 0,64 |
| BXD#B060 | 101,30 | 101,00 | 0,30 | 0,30 |
| BXD#B061 | 100,90 | 100,70 | 0,20 | 0,20 |
| BXD#B062 | 101,60 | 100,80 | 0,80 | 0,79 |
| BXD#B063 | 101,00 | 100,80 | 0,20 | 0,20 |
| BXD#B064 | 98,60  | 98,60  | 0,00 | 0,00 |
| BXD#B065 | 100,00 | 99,80  | 0,20 | 0,20 |
| BXD#B066 | 100,10 | 99,80  | 0,30 | 0,30 |
| BXD#B067 | 97,40  | 97,30  | 0,10 | 0,10 |
| BXD#B068 | 97,10  | 96,60  | 0,50 | 0,51 |
| BXD#B069 | 102,70 | 102,50 | 0,20 | 0,19 |
| BXD#B070 | 110,80 | 110,60 | 0,20 | 0,18 |
| BXD#B071 | 104,50 | 104,20 | 0,30 | 0,29 |
| BXD#B072 | 107,90 | 107,30 | 0,60 | 0,56 |
| BXD#B073 | 97,30  | 97,10  | 0,20 | 0,21 |

|              |                 |                 |              |             |
|--------------|-----------------|-----------------|--------------|-------------|
| BXD#B074     | 106,20          | 106,00          | 0,20         | 0,19        |
| BXD#B075     | 101,60          | 101,40          | 0,20         | 0,20        |
| BXD#B076     | 106,90          | 106,80          | 0,10         | 0,09        |
| BXD#B077     | 98,30           | 98,00           | 0,30         | 0,31        |
| BXD#B078     | 103,90          | 103,80          | 0,10         | 0,10        |
| BXD#B079     | 105,70          | 105,60          | 0,10         | 0,09        |
| BXD#B080     | 101,00          | 100,80          | 0,20         | 0,20        |
| BXD#B081     | 100,90          | 100,00          | 0,90         | 0,89        |
| BXD#B082     | 111,80          | 111,00          | 0,80         | 0,72        |
| BXD#B083     | 97,40           | 97,20           | 0,20         | 0,21        |
| BXD#B084     | 98,40           | 98,00           | 0,40         | 0,41        |
| BXD#B085     | 101,10          | 100,50          | 0,60         | 0,59        |
| BXD#B086     | 108,20          | 108,00          | 0,20         | 0,18        |
| BXD#B087     | 102,40          | 102,10          | 0,30         | 0,29        |
| BXD#B088     | 97,40           | 97,40           | 0,00         | 0,00        |
| BXD#B089     | 100,90          | 100,00          | 0,90         | 0,89        |
| BXD#B090     | 100,80          | 100,00          | 0,80         | 0,79        |
| BXD#B091     | 98,80           | 98,50           | 0,30         | 0,30        |
| BXD#B092     | 98,30           | 98,20           | 0,10         | 0,10        |
| BXD#B093     | 109,00          | 108,70          | 0,30         | 0,28        |
| BXD#B094     | 102,00          | 101,40          | 0,60         | 0,59        |
| BXD#B095     | 102,10          | 101,80          | 0,30         | 0,29        |
| BXD#B096     | 98,40           | 98,40           | 0,00         | 0,00        |
| BXD#B097     | 113,10          | 113,00          | 0,10         | 0,09        |
| BXD#B098     | 102,70          | 102,40          | 0,30         | 0,29        |
| BXD#B099     | 102,20          | 101,70          | 0,50         | 0,49        |
| BXD#B100     | 108,20          | 108,00          | 0,20         | 0,18        |
| <b>TOTAL</b> | <b>10452,80</b> | <b>10409,00</b> | <b>43,80</b> | <b>0,42</b> |

**Tabla 25:** Reporte de peso y granulometría para etapa E (Selección, pulverizado y pesaje de las 100 muestras aleatoria) para el compósito correspondiente al grupo brechas centro.

| <b>CONTROL DE PESO FRACCIÓN B - grupo brechas centro</b> |                  |             |                             |             |
|--|------------------|-------------|-----------------------------|-------------|
| <b>Identificación:</b>                                   |                  |             | <b>grupo brechas centro</b> |             |
| <b>Tipo Muestra:</b>                                     |                  |             | Testigos de sondajes        |             |
| <b>Fecha Entrega:</b>                                    |                  |             | 29/09/2014                  |             |
| <b>a. Selección de 100 submuestras (40 fragmentos)</b>   |                  |             |                             |             |
| <b>Masa inicial fracción B (kg)</b>                      |                  |             |                             | 79,200      |
| <b>Masa Total 100 submuestras (kg)</b>                   |                  |             |                             | 9,402       |
| <b>Masa resultante fracción B' (kg)</b>                  |                  |             |                             | 69,77       |
| <b>Perdida (kg)</b>                                      |                  |             |                             | 0,027       |
| <b>Perdida (%)</b>                                       |                  |             |                             | 0,03        |
| <b>b. Pulverización de 100 submuestras</b>               |                  |             |                             |             |
| <b>Masa inicial 100 muestras (kg)</b>                    |                  |             |                             | 9,402       |
| <b>Masa Total 100 submuestras pulverizadas (kg)</b>      |                  |             |                             | 9,366       |
| <b>Pérdida total (kg)</b>                                |                  |             |                             | 0,036       |
| <b>Perdida promedio por muestra (%)</b>                  |                  |             |                             | 0,38        |
| Muestra  | Peso Muestra (g) |             |                             | Perdida (%) |
|  | Original         | Pulverizado | Diferencia                  |             |
| BXC#B001   | 98,30            | 97,70       | 0,60                        | 0,61        |
| BXC#B002   | 92,20            | 92,10       | 0,10                        | 0,11        |
| BXC#B003   | 101,90           | 101,90      | 0,00                        | 0,00        |
| BXC#B004   | 103,40           | 103,30      | 0,10                        | 0,10        |
| BXC#B005   | 100,90           | 100,90      | 0,00                        | 0,00        |
| BXC#B006   | 111,60           | 110,90      | 0,70                        | 0,63        |
| BXC#B007   | 97,80            | 97,50       | 0,30                        | 0,31        |
| BXC#B008   | 86,80            | 86,60       | 0,20                        | 0,23        |
| BXC#B009   | 89,90            | 89,50       | 0,40                        | 0,44        |
| BXC#B010   | 90,20            | 90,10       | 0,10                        | 0,11        |
| BXC#B011   | 108,40           | 107,90      | 0,50                        | 0,46        |
| BXC#B012   | 102,00           | 102,00      | 0,00                        | 0,00        |
| BXC#B013   | 97,90            | 97,00       | 0,90                        | 0,92        |
| BXC#B014   | 108,60           | 108,40      | 0,20                        | 0,18        |
| BXC#B015   | 97,90            | 97,70       | 0,20                        | 0,20        |
| BXC#B016   | 91,00            | 90,50       | 0,50                        | 0,55        |
| BXC#B017   | 93,80            | 92,70       | 1,10                        | 1,17        |
| BXC#B018   | 93,10            | 93,00       | 0,10                        | 0,11        |
| BXC#B019   | 96,40            | 96,30       | 0,10                        | 0,10        |
| BXC#B020   | 94,70            | 94,70       | 0,00                        | 0,00        |
| BXC#B021   | 90,60            | 90,10       | 0,50                        | 0,55        |
| BXC#B022   | 98,40            | 98,30       | 0,10                        | 0,10        |
| BXC#B023   | 85,50            | 85,20       | 0,30                        | 0,35        |
| BXC#B024   | 96,90            | 96,40       | 0,50                        | 0,52        |
| BXC#B025   | 98,90            | 98,60       | 0,30                        | 0,30        |
| BXC#B026   | 90,40            | 90,30       | 0,10                        | 0,11        |

|          |        |        |      |      |
|----------|--------|--------|------|------|
| BXC#B027 | 103,10 | 102,80 | 0,30 | 0,29 |
| BXC#B028 | 107,40 | 106,40 | 1,00 | 0,93 |
| BXC#B029 | 94,20  | 93,60  | 0,60 | 0,64 |
| BXC#B030 | 94,80  | 94,50  | 0,30 | 0,32 |
| BXC#B031 | 100,20 | 100,00 | 0,20 | 0,20 |
| BXC#B032 | 96,10  | 95,50  | 0,60 | 0,62 |
| BXC#B033 | 100,30 | 100,00 | 0,30 | 0,30 |
| BXC#B034 | 91,50  | 90,50  | 1,00 | 1,09 |
| BXC#B035 | 95,80  | 95,60  | 0,20 | 0,21 |
| BXC#B036 | 93,90  | 92,80  | 1,10 | 1,17 |
| BXC#B037 | 87,30  | 87,10  | 0,20 | 0,23 |
| BXC#B038 | 87,60  | 87,40  | 0,20 | 0,23 |
| BXC#B039 | 94,90  | 94,80  | 0,10 | 0,11 |
| BXC#B040 | 95,20  | 95,00  | 0,20 | 0,21 |
| BXC#B041 | 105,20 | 105,10 | 0,10 | 0,10 |
| BXC#B042 | 94,40  | 94,10  | 0,30 | 0,32 |
| BXC#B043 | 100,80 | 100,70 | 0,10 | 0,10 |
| BXC#B044 | 96,50  | 96,40  | 0,10 | 0,10 |
| BXC#B045 | 96,40  | 96,30  | 0,10 | 0,10 |
| BXC#B046 | 91,20  | 91,00  | 0,20 | 0,22 |
| BXC#B047 | 94,00  | 93,70  | 0,30 | 0,32 |
| BXC#B048 | 97,60  | 97,50  | 0,10 | 0,10 |
| BXC#B049 | 87,10  | 87,00  | 0,10 | 0,11 |
| BXC#B050 | 89,80  | 89,60  | 0,20 | 0,22 |
| BXC#B051 | 99,30  | 98,80  | 0,50 | 0,50 |
| BXC#B052 | 89,30  | 89,00  | 0,30 | 0,34 |
| BXC#B053 | 109,80 | 109,00 | 0,80 | 0,73 |
| BXC#B054 | 92,70  | 92,20  | 0,50 | 0,54 |
| BXC#B055 | 88,50  | 88,40  | 0,10 | 0,11 |
| BXC#B056 | 96,80  | 96,40  | 0,40 | 0,41 |
| BXC#B057 | 90,80  | 90,50  | 0,30 | 0,33 |
| BXC#B058 | 101,90 | 101,00 | 0,90 | 0,88 |
| BXC#B059 | 96,10  | 96,00  | 0,10 | 0,10 |
| BXC#B060 | 94,80  | 94,30  | 0,50 | 0,53 |
| BXC#B061 | 97,40  | 97,40  | 0,00 | 0,00 |
| BXC#B062 | 99,80  | 99,60  | 0,20 | 0,20 |
| BXC#B063 | 86,30  | 86,00  | 0,30 | 0,35 |
| BXC#B064 | 95,60  | 95,40  | 0,20 | 0,21 |
| BXC#B065 | 95,70  | 95,20  | 0,50 | 0,52 |
| BXC#B066 | 93,30  | 93,20  | 0,10 | 0,11 |
| BXC#B067 | 85,00  | 84,60  | 0,40 | 0,47 |
| BXC#B068 | 96,10  | 95,70  | 0,40 | 0,42 |
| BXC#B069 | 85,90  | 85,30  | 0,60 | 0,70 |
| BXC#B070 | 89,40  | 88,80  | 0,60 | 0,67 |
| BXC#B071 | 87,00  | 86,40  | 0,60 | 0,69 |
| BXC#B072 | 86,80  | 86,50  | 0,30 | 0,35 |
| BXC#B073 | 93,50  | 93,10  | 0,40 | 0,43 |

|              |                |                |              |             |
|--------------|----------------|----------------|--------------|-------------|
| BXC#B074     | 108,60         | 107,90         | 0,70         | 0,64        |
| BXC#B075     | 97,60          | 97,50          | 0,10         | 0,10        |
| BXC#B076     | 100,60         | 100,10         | 0,50         | 0,50        |
| BXC#B077     | 93,10          | 93,00          | 0,10         | 0,11        |
| BXC#B078     | 98,40          | 98,30          | 0,10         | 0,10        |
| BXC#B079     | 84,80          | 84,60          | 0,20         | 0,24        |
| BXC#B080     | 88,00          | 87,50          | 0,50         | 0,57        |
| BXC#B081     | 92,30          | 92,30          | 0,00         | 0,00        |
| BXC#B082     | 88,00          | 87,80          | 0,20         | 0,23        |
| BXC#B083     | 88,10          | 87,50          | 0,60         | 0,68        |
| BXC#B084     | 92,40          | 92,00          | 0,40         | 0,43        |
| BXC#B085     | 86,70          | 86,00          | 0,70         | 0,81        |
| BXC#B086     | 92,80          | 92,00          | 0,80         | 0,86        |
| BXC#B087     | 87,00          | 86,70          | 0,30         | 0,34        |
| BXC#B088     | 86,20          | 86,00          | 0,20         | 0,23        |
| BXC#B089     | 86,00          | 85,70          | 0,30         | 0,35        |
| BXC#B090     | 90,40          | 90,00          | 0,40         | 0,44        |
| BXC#B091     | 87,90          | 87,50          | 0,40         | 0,46        |
| BXC#B092     | 86,20          | 86,00          | 0,20         | 0,23        |
| BXC#B093     | 90,40          | 90,30          | 0,10         | 0,11        |
| BXC#B094     | 88,60          | 88,30          | 0,30         | 0,34        |
| BXC#B095     | 88,70          | 86,20          | 2,50         | 2,82        |
| BXC#B096     | 84,80          | 84,50          | 0,30         | 0,35        |
| BXC#B097     | 86,60          | 86,00          | 0,60         | 0,69        |
| BXC#B098     | 89,30          | 89,00          | 0,30         | 0,34        |
| BXC#B099     | 86,70          | 86,50          | 0,20         | 0,23        |
| BXC#B100     | 86,80          | 86,60          | 0,20         | 0,23        |
| <b>TOTAL</b> | <b>9401,60</b> | <b>9365,60</b> | <b>36,00</b> | <b>0,38</b> |

**Tabla 26:** Reporte de peso y granulometría para etapa E (Selección, pulverizado y pesaje de las 100 muestras aleatoria) para el compósito correspondiente al grupo brechas sur.

| <b>CONTROL DE PESO FRACCIÓN B - grupo brechas sur</b>  |                  |             |                          |             |
|--|------------------|-------------|--------------------------|-------------|
| <b>Identificación:</b>                                 |                  |             | <b>grupo brechas sur</b> |             |
| <b>Tipo Muestra:</b>                                   |                  |             | Testigos de sondajes     |             |
| <b>Fecha Entrega:</b>                                  |                  |             | 29/09/2014               |             |
| <b>a. Selección de 100 submuestras (40 fragmentos)</b> |                  |             |                          |             |
| <b>Masa inicial fracción B (kg)</b>                    |                  |             |                          | 133,400     |
| <b>Masa Total 100 submuestras (kg)</b>                 |                  |             |                          | 9,592       |
| <b>Masa resultante fracción B' (kg)</b>                |                  |             |                          | 123,78      |
| <b>Perdida (kg)</b>                                    |                  |             |                          | 0,031       |
| <b>Perdida (%)</b>                                     |                  |             |                          | 0,02        |
| <b>b. Pulverización de 100 submuestras</b>             |                  |             |                          |             |
| <b>Masa inicial 100 muestras (kg)</b>                  |                  |             |                          | 9,592       |
| <b>Masa Total 100 submuestras pulverizadas (kg)</b>    |                  |             |                          | 9,539       |
| <b>Pérdida total (kg)</b>                              |                  |             |                          | 0,053       |
| <b>Perdida promedio por muestra (%)</b>                |                  |             |                          | 0,55        |
| Muestra  | Peso Muestra (g) |             |                          | Perdida (%) |
|  | Original         | Pulverizado | Diferencia               |             |
| BXS#B001   | 105,80           | 105,60      | 0,20                     | 0,19        |
| BXS#B002   | 111,40           | 111,00      | 0,40                     | 0,36        |
| BXS#B003   | 113,30           | 113,00      | 0,30                     | 0,26        |
| BXS#B004   | 108,30           | 107,00      | 1,30                     | 1,20        |
| BXS#B005   | 99,00            | 98,00       | 1,00                     | 1,01        |
| BXS#B006   | 109,80           | 108,90      | 0,90                     | 0,82        |
| BXS#B007   | 115,30           | 115,00      | 0,30                     | 0,26        |
| BXS#B008   | 109,60           | 109,00      | 0,60                     | 0,55        |
| BXS#B009   | 108,50           | 107,90      | 0,60                     | 0,55        |
| BXS#B010   | 103,90           | 102,10      | 1,80                     | 1,73        |
| BXS#B011   | 103,00           | 102,10      | 0,90                     | 0,87        |
| BXS#B012   | 112,10           | 112,00      | 0,10                     | 0,09        |
| BXS#B013   | 111,20           | 110,30      | 0,90                     | 0,81        |
| BXS#B014   | 115,30           | 115,00      | 0,30                     | 0,26        |
| BXS#B015   | 118,60           | 117,90      | 0,70                     | 0,59        |
| BXS#B016   | 106,50           | 106,40      | 0,10                     | 0,09        |
| BXS#B017   | 113,00           | 112,90      | 0,10                     | 0,09        |
| BXS#B018   | 104,60           | 104,20      | 0,40                     | 0,38        |
| BXS#B019   | 105,50           | 105,40      | 0,10                     | 0,09        |
| BXS#B020   | 96,80            | 96,00       | 0,80                     | 0,83        |
| BXS#B021   | 93,80            | 93,30       | 0,50                     | 0,53        |
| BXS#B022   | 96,90            | 96,50       | 0,40                     | 0,41        |
| BXS#B023   | 95,50            | 94,90       | 0,60                     | 0,63        |
| BXS#B024   | 98,10            | 97,80       | 0,30                     | 0,31        |
| BXS#B025   | 100,20           | 98,30       | 1,90                     | 1,90        |
| BXS#B026   | 103,00           | 102,30      | 0,70                     | 0,68        |

|          |        |        |      |      |
|----------|--------|--------|------|------|
| BXS#B027 | 104,70 | 104,20 | 0,50 | 0,48 |
| BXS#B028 | 102,60 | 102,00 | 0,60 | 0,58 |
| BXS#B029 | 87,30  | 87,10  | 0,20 | 0,23 |
| BXS#B030 | 95,60  | 95,00  | 0,60 | 0,63 |
| BXS#B031 | 98,70  | 97,70  | 1,00 | 1,01 |
| BXS#B032 | 86,10  | 85,80  | 0,30 | 0,35 |
| BXS#B033 | 94,60  | 93,20  | 1,40 | 1,48 |
| BXS#B034 | 86,80  | 85,40  | 1,40 | 1,61 |
| BXS#B035 | 98,80  | 98,50  | 0,30 | 0,30 |
| BXS#B036 | 98,10  | 98,10  | 0,00 | 0,00 |
| BXS#B037 | 102,50 | 102,50 | 0,00 | 0,00 |
| BXS#B038 | 96,20  | 95,70  | 0,50 | 0,52 |
| BXS#B039 | 98,00  | 97,20  | 0,80 | 0,82 |
| BXS#B040 | 96,30  | 95,70  | 0,60 | 0,62 |
| BXS#B041 | 78,10  | 77,80  | 0,30 | 0,38 |
| BXS#B042 | 82,10  | 81,70  | 0,40 | 0,49 |
| BXS#B043 | 87,50  | 86,00  | 1,50 | 1,71 |
| BXS#B044 | 79,80  | 79,80  | 0,00 | 0,00 |
| BXS#B045 | 98,60  | 98,10  | 0,50 | 0,51 |
| BXS#B046 | 112,60 | 112,00 | 0,60 | 0,53 |
| BXS#B047 | 93,40  | 93,20  | 0,20 | 0,21 |
| BXS#B048 | 99,20  | 99,00  | 0,20 | 0,20 |
| BXS#B049 | 93,90  | 92,70  | 1,20 | 1,28 |
| BXS#B050 | 97,90  | 97,00  | 0,90 | 0,92 |
| BXS#B051 | 97,80  | 96,40  | 1,40 | 1,43 |
| BXS#B052 | 94,10  | 94,00  | 0,10 | 0,11 |
| BXS#B053 | 104,70 | 104,40 | 0,30 | 0,29 |
| BXS#B054 | 104,80 | 104,60 | 0,20 | 0,19 |
| BXS#B055 | 104,30 | 104,00 | 0,30 | 0,29 |
| BXS#B056 | 95,00  | 94,80  | 0,20 | 0,21 |
| BXS#B057 | 80,60  | 80,40  | 0,20 | 0,25 |
| BXS#B058 | 88,00  | 87,60  | 0,40 | 0,45 |
| BXS#B059 | 84,60  | 84,20  | 0,40 | 0,47 |
| BXS#B060 | 88,70  | 88,50  | 0,20 | 0,23 |
| BXS#B061 | 103,10 | 102,70 | 0,40 | 0,39 |
| BXS#B062 | 106,10 | 105,80 | 0,30 | 0,28 |
| BXS#B063 | 112,50 | 112,30 | 0,20 | 0,18 |
| BXS#B064 | 108,20 | 107,20 | 1,00 | 0,92 |
| BXS#B065 | 83,30  | 82,30  | 1,00 | 1,20 |
| BXS#B066 | 81,90  | 81,60  | 0,30 | 0,37 |
| BXS#B067 | 86,20  | 84,20  | 2,00 | 2,32 |
| BXS#B068 | 82,10  | 81,90  | 0,20 | 0,24 |
| BXS#B069 | 106,40 | 105,70 | 0,70 | 0,66 |
| BXS#B070 | 94,20  | 94,00  | 0,20 | 0,21 |
| BXS#B071 | 97,80  | 97,50  | 0,30 | 0,31 |
| BXS#B072 | 99,60  | 99,40  | 0,20 | 0,20 |
| BXS#B073 | 90,00  | 89,80  | 0,20 | 0,22 |

|              |                |                |              |             |
|--------------|----------------|----------------|--------------|-------------|
| BXS#B074     | 91,90          | 91,50          | 0,40         | 0,44        |
| BXS#B075     | 80,40          | 80,10          | 0,30         | 0,37        |
| BXS#B076     | 89,30          | 88,70          | 0,60         | 0,67        |
| BXS#B077     | 94,50          | 93,90          | 0,60         | 0,63        |
| BXS#B078     | 102,50         | 101,90         | 0,60         | 0,59        |
| BXS#B079     | 91,80          | 90,80          | 1,00         | 1,09        |
| BXS#B080     | 75,70          | 75,00          | 0,70         | 0,92        |
| BXS#B081     | 86,50          | 86,20          | 0,30         | 0,35        |
| BXS#B082     | 83,90          | 83,50          | 0,40         | 0,48        |
| BXS#B083     | 85,70          | 85,40          | 0,30         | 0,35        |
| BXS#B084     | 89,70          | 89,30          | 0,40         | 0,45        |
| BXS#B085     | 92,80          | 92,00          | 0,80         | 0,86        |
| BXS#B086     | 90,30          | 89,50          | 0,80         | 0,89        |
| BXS#B087     | 99,10          | 98,80          | 0,30         | 0,30        |
| BXS#B088     | 93,30          | 92,80          | 0,50         | 0,54        |
| BXS#B089     | 86,20          | 86,00          | 0,20         | 0,23        |
| BXS#B090     | 92,10          | 91,30          | 0,80         | 0,87        |
| BXS#B091     | 100,60         | 100,20         | 0,40         | 0,40        |
| BXS#B092     | 89,20          | 89,00          | 0,20         | 0,22        |
| BXS#B093     | 88,90          | 88,30          | 0,60         | 0,67        |
| BXS#B094     | 88,50          | 88,30          | 0,20         | 0,23        |
| BXS#B095     | 83,30          | 83,20          | 0,10         | 0,12        |
| BXS#B096     | 82,10          | 81,90          | 0,20         | 0,24        |
| BXS#B097     | 86,80          | 86,60          | 0,20         | 0,23        |
| BXS#B098     | 76,90          | 76,60          | 0,30         | 0,39        |
| BXS#B099     | 68,40          | 68,20          | 0,20         | 0,29        |
| BXS#B100     | 79,20          | 78,90          | 0,30         | 0,38        |
| <b>TOTAL</b> | <b>9592,00</b> | <b>9539,40</b> | <b>52,60</b> | <b>0,55</b> |

**Tabla 27:** Tabla de frecuencias para el elemento de cobre a partir de las 100 muestras de la unidad cuarzomonzonita

| Intervalo (Ni) | Límite inferior (lm) | Límite superior (ls) | Frecuencia absoluta (fi) | Frecuencia absoluta acumulada (Fi) | Frecuencia relativa (hi) | Frecuencia relativa acumulada (Hi) | Marca de Clase (Mc) | Porcentaje (%) |
|----------------|----------------------|----------------------|--------------------------|------------------------------------|--------------------------|------------------------------------|---------------------|----------------|
| 1              | 0,125                | 0,186                | 3                        | 3                                  | 3%                       | 3%                                 | 0,16                | 3%             |
| 2              | 0,186                | 0,246                | 17                       | 20                                 | 17%                      | 20%                                | 0,22                | 17%            |
| 3              | 0,246                | 0,306                | 28                       | 48                                 | 28%                      | 48%                                | 0,28                | 28%            |
| 4              | 0,306                | 0,366                | 16                       | 64                                 | 16%                      | 64%                                | 0,34                | 16%            |
| 5              | 0,366                | 0,426                | 19                       | 83                                 | 19%                      | 83%                                | 0,40                | 19%            |
| 6              | 0,426                | 0,486                | 5                        | 88                                 | 5%                       | 88%                                | 0,46                | 5%             |
| 7              | 0,486                | 0,546                | 6                        | 94                                 | 6%                       | 94%                                | 0,52                | 6%             |
| 8              | 0,546                | 0,606                | 4                        | 98                                 | 4%                       | 98%                                | 0,58                | 4%             |
| 9              | 0,606                | 0,666                | 0                        | 98                                 | 0%                       | 98%                                | 0,64                | 0%             |
| 10             | 0,666                | 0,726                | 1                        | 99                                 | 1%                       | 99%                                | 0,70                | 1%             |
| 11             | 0,726                | 0,786                | 0                        | 99                                 | 0%                       | 99%                                | 0,76                | 0%             |
| 12             | 0,786                | 0,846                | 1                        | 100                                | 1%                       | 100%                               | 0,82                | 1%             |

**Tabla 28:** Tabla de frecuencias para el elemento de molibdeno a partir de las 100 muestras de la unidad cuarzomonzonita

| Intervalo (Ni) | Límite inferior (lm) | Límite superior (ls) | Frecuencia absoluta (fi) | Frecuencia absoluta acumulada (Fi) | Frecuencia relativa (hi) | Frecuencia relativa acumulada (Hi) | Marca de Clase (Mc) | Porcentaje (%) |
|----------------|----------------------|----------------------|--------------------------|------------------------------------|--------------------------|------------------------------------|---------------------|----------------|
| 1              | 0,000                | 0,012                | 94                       | 94                                 | 94%                      | 94%                                | 0,005               | 94%            |
| 2              | 0,012                | 0,028                | 4                        | 98                                 | 4%                       | 98%                                | 0,020               | 4%             |
| 3              | 0,028                | 0,044                | 0                        | 98                                 | 0%                       | 98%                                | 0,036               | 0%             |
| 4              | 0,044                | 0,060                | 1                        | 99                                 | 1%                       | 99%                                | 0,052               | 1%             |
| 5              | 0,060                | 0,076                | 0                        | 99                                 | 0%                       | 99%                                | 0,068               | 0%             |
| 6              | 0,076                | 0,092                | 0                        | 99                                 | 0%                       | 99%                                | 0,084               | 0%             |
| 7              | 0,092                | 0,108                | 0                        | 99                                 | 0%                       | 99%                                | 0,100               | 0%             |
| 8              | 0,108                | 0,124                | 0                        | 99                                 | 0%                       | 99%                                | 0,116               | 0%             |
| 9              | 0,124                | 0,140                | 0                        | 99                                 | 0%                       | 99%                                | 0,132               | 0%             |
| 10             | 0,140                | 0,156                | 0                        | 99                                 | 0%                       | 99%                                | 0,148               | 0%             |
| 11             | 0,156                | 0,172                | 0                        | 99                                 | 0%                       | 99%                                | 0,164               | 0%             |
| 12             | 0,172                | 0,188                | 1                        | 100                                | 1%                       | 100%                               | 0,180               | 1%             |

**Tabla 29:** Tabla de frecuencias para la elemento de arsénico a partir de las 100 muestras de la unidad cuarzomonzonita.

| Intervalo (Ni) | Límite inferior (lm) | Límite superior (ls) | Frecuencia absoluta (fi) | Frecuencia absoluta acumulada (Fi) | Frecuencia relativa (hi) | Frecuencia relativa acumulada (Hi) | Marca de Clase (Mc) | Porcentaje (%) |
|----------------|----------------------|----------------------|--------------------------|------------------------------------|--------------------------|------------------------------------|---------------------|----------------|
| 1              | 5,0                  | 11,1                 | 47                       | 47                                 | 47%                      | 47%                                | 8,05                | 47%            |
| 2              | 11,1                 | 17,2                 | 26                       | 73                                 | 26%                      | 73%                                | 14,15               | 26%            |
| 3              | 17,2                 | 23,3                 | 15                       | 88                                 | 15%                      | 88%                                | 20,25               | 15%            |
| 4              | 23,3                 | 29,4                 | 6                        | 94                                 | 6%                       | 94%                                | 26,35               | 6%             |
| 5              | 29,4                 | 35,5                 | 2                        | 96                                 | 2%                       | 96%                                | 32,45               | 2%             |
| 6              | 35,5                 | 41,6                 | 0                        | 96                                 | 0%                       | 96%                                | 38,55               | 0%             |
| 7              | 41,6                 | 47,7                 | 2                        | 98                                 | 2%                       | 98%                                | 44,65               | 2%             |
| 8              | 47,7                 | 53,8                 | 0                        | 98                                 | 0%                       | 98%                                | 50,75               | 0%             |
| 9              | 53,8                 | 59,9                 | 1                        | 99                                 | 1%                       | 99%                                | 56,85               | 1%             |
| 10             | 59,9                 | 66,0                 | 0                        | 99                                 | 0%                       | 99%                                | 62,95               | 0%             |
| 11             | 66,0                 | 72,1                 | 0                        | 99                                 | 0%                       | 99%                                | 69,05               | 0%             |
| 12             | 72,1                 | 78,2                 | 1                        | 100                                | 1%                       | 100%                               | 75,15               | 1%             |

**Tabla 30:** Tabla de frecuencias para el elemento de cobre a partir de las 100 muestras de la unidad brecha donoso.

| Intervalo (Ni) | Límite inferior (lm) | Límite superior (ls) | Frecuencia absoluta (fi) | Frecuencia absoluta acumulada (Fi) | Frecuencia relativa (hi) | Frecuencia relativa acumulada (Hi) | Marca de Clase (Mc) | Porcentaje (%) |
|----------------|----------------------|----------------------|--------------------------|------------------------------------|--------------------------|------------------------------------|---------------------|----------------|
| 1              | 0,3315               | 0,5116               | 7                        | 7                                  | 7%                       | 7%                                 | 0,42                | 7%             |
| 2              | 0,5116               | 0,6916               | 11                       | 18                                 | 11%                      | 18%                                | 0,60                | 11%            |
| 3              | 0,6916               | 0,8716               | 23                       | 41                                 | 23%                      | 41%                                | 0,78                | 23%            |
| 4              | 0,8716               | 1,0516               | 18                       | 59                                 | 18%                      | 59%                                | 0,96                | 18%            |
| 5              | 1,0516               | 1,2316               | 12                       | 71                                 | 12%                      | 71%                                | 1,14                | 12%            |
| 6              | 1,2316               | 1,4116               | 15                       | 86                                 | 15%                      | 86%                                | 1,32                | 15%            |
| 7              | 1,4116               | 1,5916               | 4                        | 90                                 | 4%                       | 90%                                | 1,50                | 4%             |
| 8              | 1,5916               | 1,7716               | 5                        | 95                                 | 5%                       | 95%                                | 1,68                | 5%             |
| 9              | 1,7716               | 1,9516               | 1                        | 96                                 | 1%                       | 96%                                | 1,86                | 1%             |
| 10             | 1,9516               | 2,1316               | 1                        | 97                                 | 1%                       | 97%                                | 2,04                | 1%             |
| 11             | 2,1316               | 2,3116               | 2                        | 99                                 | 2%                       | 99%                                | 2,22                | 2%             |
| 12             | 2,3116               | 2,4916               | 1                        | 100                                | 1%                       | 100%                               | 2,40                | 1%             |

**Tabla 31:** Tabla de frecuencias para el elemento de molibdeno a partir de las 100 muestras de la Unidad Brecha Donoso

| Intervalo (Ni) | Límite inferior (lm) | Límite superior (ls) | Frecuencia absoluta (fi) | Frecuencia absoluta acumulada (Fi) | Frecuencia relativa (hi) | Frecuencia relativa acumulada (Hi) | Marca de Clase (Mc) | Porcentaje (%) |
|----------------|----------------------|----------------------|--------------------------|------------------------------------|--------------------------|------------------------------------|---------------------|----------------|
| 1              | 0,0009               | 0,0019               | 18                       | 18                                 | 18%                      | 18%                                | 0,00                | 18%            |
| 2              | 0,0019               | 0,0028               | 12                       | 30                                 | 12%                      | 30%                                | 0,00                | 12%            |
| 3              | 0,0028               | 0,0037               | 28                       | 58                                 | 28%                      | 58%                                | 0,00                | 28%            |
| 4              | 0,0037               | 0,0046               | 17                       | 75                                 | 17%                      | 75%                                | 0,00                | 17%            |
| 5              | 0,0046               | 0,0056               | 12                       | 87                                 | 12%                      | 87%                                | 0,01                | 12%            |
| 6              | 0,0056               | 0,0065               | 6                        | 93                                 | 6%                       | 93%                                | 0,01                | 6%             |
| 7              | 0,0065               | 0,0074               | 3                        | 96                                 | 3%                       | 96%                                | 0,01                | 3%             |
| 8              | 0,0074               | 0,0084               | 0                        | 96                                 | 0%                       | 96%                                | 0,01                | 0%             |
| 9              | 0,0084               | 0,0093               | 1                        | 97                                 | 1%                       | 97%                                | 0,01                | 1%             |
| 10             | 0,0093               | 0,0102               | 2                        | 99                                 | 2%                       | 99%                                | 0,01                | 2%             |
| 11             | 0,0102               | 0,0112               | 0                        | 99                                 | 0%                       | 99%                                | 0,01                | 0%             |
| 12             | 0,0112               | 0,0121               | 1                        | 100                                | 1%                       | 100%                               | 0,01                | 1%             |

**Tabla 32:** Tabla de frecuencias para la elemento de arsénico a partir de las 100 muestras de la Unidad Brecha Donoso

| Intervalo (Ni) | Límite inferior (lm) | Límite superior (ls) | Frecuencia absoluta (fi) | Frecuencia absoluta acumulada (Fi) | Frecuencia relativa (hi) | Frecuencia relativa acumulada (Hi) | Marca de Clase (Mc) | Porcentaje (%) |
|----------------|----------------------|----------------------|--------------------------|------------------------------------|--------------------------|------------------------------------|---------------------|----------------|
| 1              | 4,5                  | 8,1                  | 56                       | 56                                 | 56%                      | 56%                                | 6,30                | 56%            |
| 2              | 8,1                  | 11,7                 | 8                        | 64                                 | 8%                       | 64%                                | 9,90                | 8%             |
| 3              | 11,7                 | 15,3                 | 15                       | 79                                 | 15%                      | 79%                                | 13,50               | 15%            |
| 4              | 15,3                 | 18,9                 | 11                       | 90                                 | 11%                      | 90%                                | 17,10               | 11%            |
| 5              | 18,9                 | 22,5                 | 6                        | 96                                 | 6%                       | 96%                                | 20,70               | 6%             |
| 6              | 22,5                 | 26,1                 | 1                        | 97                                 | 1%                       | 97%                                | 24,30               | 1%             |
| 7              | 26,1                 | 29,7                 | 0                        | 97                                 | 0%                       | 97%                                | 27,90               | 0%             |
| 8              | 29,7                 | 33,3                 | 1                        | 98                                 | 1%                       | 98%                                | 31,50               | 1%             |
| 9              | 33,3                 | 36,9                 | 1                        | 99                                 | 1%                       | 99%                                | 35,10               | 1%             |
| 10             | 36,9                 | 40,5                 | 0                        | 99                                 | 0%                       | 99%                                | 38,70               | 0%             |
| 11             | 40,5                 | 44,1                 | 0                        | 99                                 | 0%                       | 99%                                | 42,30               | 0%             |
| 12             | 44,1                 | 47,7                 | 1                        | 100                                | 1%                       | 100%                               | 45,90               | 1%             |

**Tabla 33:** Tabla de frecuencias para el elemento de cobre a partir de las 100 muestras del grupo brechas centro.

| Intervalo (Ni) | Límite inferior (lm) | Límite superior (ls) | Frecuencia absoluta (fi) | Frecuencia absoluta acumulada (Fi) | Frecuencia relativa (hi) | Frecuencia relativa acumulada (Hi) | Marca de Clase (Mc) | Porcentaje (%) |
|----------------|----------------------|----------------------|--------------------------|------------------------------------|--------------------------|------------------------------------|---------------------|----------------|
| 1              | 0,239                | 0,295                | 3                        | 3                                  | 3%                       | 3%                                 | 0,27                | 3%             |
| 2              | 0,295                | 0,351                | 18                       | 21                                 | 18%                      | 21%                                | 0,32                | 18%            |
| 3              | 0,351                | 0,407                | 16                       | 37                                 | 16%                      | 37%                                | 0,38                | 16%            |
| 4              | 0,407                | 0,463                | 22                       | 59                                 | 22%                      | 59%                                | 0,44                | 22%            |
| 5              | 0,463                | 0,519                | 14                       | 73                                 | 14%                      | 73%                                | 0,49                | 14%            |
| 6              | 0,519                | 0,575                | 13                       | 86                                 | 13%                      | 86%                                | 0,55                | 13%            |
| 7              | 0,575                | 0,631                | 8                        | 94                                 | 8%                       | 94%                                | 0,60                | 8%             |
| 8              | 0,631                | 0,687                | 3                        | 97                                 | 3%                       | 97%                                | 0,66                | 3%             |
| 9              | 0,687                | 0,743                | 1                        | 98                                 | 1%                       | 98%                                | 0,72                | 1%             |
| 10             | 0,743                | 0,799                | 1                        | 99                                 | 1%                       | 99%                                | 0,77                | 1%             |
| 11             | 0,799                | 0,855                | 0                        | 99                                 | 0%                       | 99%                                | 0,83                | 0%             |
| 12             | 0,855                | 0,911                | 1                        | 100                                | 1%                       | 100%                               | 0,88                | 1%             |

**Tabla 34:** Tabla de frecuencias para el elemento de molibdeno a partir de las 100 muestras del grupo brechas centro.

| Intervalo (Ni) | Límite inferior (lm) | Límite superior (ls) | Frecuencia absoluta (fi) | Frecuencia absoluta acumulada (Fi) | Frecuencia relativa (hi) | Frecuencia relativa acumulada (Hi) | Marca de Clase (Mc) | Porcentaje (%) |
|----------------|----------------------|----------------------|--------------------------|------------------------------------|--------------------------|------------------------------------|---------------------|----------------|
| 1              | 0,0040               | 0,0105               | 18                       | 18                                 | 18%                      | 18%                                | 0,01                | 18%            |
| 2              | 0,0105               | 0,0170               | 31                       | 49                                 | 31%                      | 49%                                | 0,01                | 31%            |
| 3              | 0,0170               | 0,0235               | 31                       | 80                                 | 31%                      | 80%                                | 0,02                | 31%            |
| 4              | 0,0235               | 0,0300               | 6                        | 86                                 | 6%                       | 86%                                | 0,03                | 6%             |
| 5              | 0,0300               | 0,0365               | 7                        | 93                                 | 7%                       | 93%                                | 0,03                | 7%             |
| 6              | 0,0365               | 0,0430               | 1                        | 94                                 | 1%                       | 94%                                | 0,04                | 1%             |
| 7              | 0,0430               | 0,0495               | 1                        | 95                                 | 1%                       | 95%                                | 0,05                | 1%             |
| 8              | 0,0495               | 0,0560               | 2                        | 97                                 | 2%                       | 97%                                | 0,05                | 2%             |
| 9              | 0,0560               | 0,0625               | 2                        | 99                                 | 2%                       | 99%                                | 0,06                | 2%             |
| 10             | 0,0625               | 0,0690               | 0                        | 99                                 | 0%                       | 99%                                | 0,07                | 0%             |
| 11             | 0,0690               | 0,0755               | 0                        | 99                                 | 0%                       | 99%                                | 0,07                | 0%             |
| 12             | 0,0755               | 0,0820               | 1                        | 100                                | 1%                       | 100%                               | 0,08                | 1%             |

**Tabla 35:** Tabla de frecuencias para la elemento de arsénico a partir de las 100 muestras del grupo brechas centro.

| Intervalo (Ni) | Límite inferior (lm) | Límite superior (ls) | Frecuencia absoluta (fi) | Frecuencia absoluta acumulada (Fi) | Frecuencia relativa (hi) | Frecuencia relativa acumulada (Hi) | Marca de Clase (Mc) | Porcentaje (%) |
|----------------|----------------------|----------------------|--------------------------|------------------------------------|--------------------------|------------------------------------|---------------------|----------------|
| 1              | 4,5                  | 56,0                 | 94                       | 94                                 | 94%                      | 94%                                | 30,25               | 94%            |
| 2              | 56,0                 | 107,5                | 3                        | 97                                 | 3%                       | 97%                                | 81,75               | 3%             |
| 3              | 107,5                | 159,0                | 1                        | 98                                 | 1%                       | 98%                                | 133,25              | 1%             |
| 4              | 159,0                | 210,5                | 0                        | 98                                 | 0%                       | 98%                                | 184,75              | 0%             |
| 5              | 210,5                | 262,0                | 1                        | 99                                 | 1%                       | 99%                                | 236,25              | 1%             |
| 6              | 262,0                | 313,5                | 0                        | 99                                 | 0%                       | 99%                                | 287,75              | 0%             |
| 7              | 313,5                | 365,0                | 0                        | 99                                 | 0%                       | 99%                                | 339,25              | 0%             |
| 8              | 365,0                | 416,5                | 0                        | 99                                 | 0%                       | 99%                                | 390,75              | 0%             |
| 9              | 416,5                | 468,0                | 0                        | 99                                 | 0%                       | 99%                                | 442,25              | 0%             |
| 10             | 468,0                | 519,5                | 0                        | 99                                 | 0%                       | 99%                                | 493,75              | 0%             |
| 11             | 519,5                | 571,0                | 0                        | 99                                 | 0%                       | 99%                                | 545,25              | 0%             |
| 12             | 571,0                | 622,6                | 1                        | 100                                | 1%                       | 100%                               | 596,80              | 1%             |

**Tabla 36:** Tabla de frecuencias para el elemento de cobre a partir de las 100 muestras del grupo brechas sur.

| Intervalo (Ni) | Límite inferior (Im) | Límite superior (Is) | Frecuencia absoluta (fi) | Frecuencia absoluta acumulada (Fi) | Frecuencia relativa (hi) | Frecuencia relativa acumulada (Hi) | Marca de Clase (Mc) | Porcentaje (%) |
|----------------|----------------------|----------------------|--------------------------|------------------------------------|--------------------------|------------------------------------|---------------------|----------------|
| 1              | 0,264                | 0,323                | 8                        | 8                                  | 8%                       | 8%                                 | 0,29                | 8%             |
| 2              | 0,323                | 0,382                | 20                       | 28                                 | 20%                      | 28%                                | 0,35                | 20%            |
| 3              | 0,382                | 0,441                | 17                       | 45                                 | 17%                      | 45%                                | 0,41                | 17%            |
| 4              | 0,441                | 0,500                | 16                       | 61                                 | 16%                      | 61%                                | 0,47                | 16%            |
| 5              | 0,500                | 0,559                | 16                       | 77                                 | 16%                      | 77%                                | 0,53                | 16%            |
| 6              | 0,559                | 0,618                | 8                        | 85                                 | 8%                       | 85%                                | 0,59                | 8%             |
| 7              | 0,618                | 0,677                | 7                        | 92                                 | 7%                       | 92%                                | 0,65                | 7%             |
| 8              | 0,677                | 0,736                | 3                        | 95                                 | 3%                       | 95%                                | 0,71                | 3%             |
| 9              | 0,736                | 0,795                | 0                        | 95                                 | 0%                       | 95%                                | 0,77                | 0%             |
| 10             | 0,795                | 0,854                | 3                        | 98                                 | 3%                       | 98%                                | 0,82                | 3%             |
| 11             | 0,854                | 0,913                | 1                        | 99                                 | 1%                       | 99%                                | 0,88                | 1%             |
| 12             | 0,913                | 0,972                | 1                        | 100                                | 1%                       | 100%                               | 0,94                | 1%             |

**Tabla 37:** Tabla de frecuencias para el elemento de molibdeno a partir de las 100 muestras del grupo brechas sur.

| Intervalo (Ni) | Límite inferior (Im) | Límite superior (Is) | Frecuencia absoluta (fi) | Frecuencia absoluta acumulada (Fi) | Frecuencia relativa (hi) | Frecuencia relativa acumulada (Hi) | Marca de Clase (Mc) | Porcentaje (%) |
|----------------|----------------------|----------------------|--------------------------|------------------------------------|--------------------------|------------------------------------|---------------------|----------------|
| 1              | 0,0000               | 0,0055               | 7                        | 7                                  | 7%                       | 7%                                 | 0,00                | 7%             |
| 2              | 0,0055               | 0,0113               | 31                       | 38                                 | 31%                      | 38%                                | 0,01                | 31%            |
| 3              | 0,0113               | 0,0171               | 28                       | 66                                 | 28%                      | 66%                                | 0,01                | 28%            |
| 4              | 0,0171               | 0,0229               | 12                       | 78                                 | 12%                      | 78%                                | 0,02                | 12%            |
| 5              | 0,0229               | 0,0287               | 8                        | 86                                 | 8%                       | 86%                                | 0,03                | 8%             |
| 6              | 0,0287               | 0,0345               | 3                        | 89                                 | 3%                       | 89%                                | 0,03                | 3%             |
| 7              | 0,0345               | 0,0403               | 4                        | 93                                 | 4%                       | 93%                                | 0,04                | 4%             |
| 8              | 0,0403               | 0,0461               | 4                        | 97                                 | 4%                       | 97%                                | 0,04                | 4%             |
| 9              | 0,0461               | 0,0519               | 0                        | 97                                 | 0%                       | 97%                                | 0,05                | 0%             |
| 10             | 0,0519               | 0,0577               | 1                        | 98                                 | 1%                       | 98%                                | 0,05                | 1%             |
| 11             | 0,0577               | 0,0635               | 0                        | 98                                 | 0%                       | 98%                                | 0,06                | 0%             |
| 12             | 0,0635               | 0,0693               | 2                        | 100                                | 2%                       | 100%                               | 0,07                | 2%             |

**Tabla 38:** Tabla de frecuencias para la elemento de arsénico a partir de las 100 muestras del grupo brechas sur.

| Intervalo (Ni) | Límite inferior (lm) | Límite superior (ls) | Frecuencia absoluta (fi) | Frecuencia absoluta acumulada (Fi) | Frecuencia relativa (hi) | Frecuencia relativa acumulada (Hi) | Marca de Clase (Mc) | Porcentaje (%) |
|----------------|----------------------|----------------------|--------------------------|------------------------------------|--------------------------|------------------------------------|---------------------|----------------|
| 1              | 3,5                  | 23,5                 | 60                       | 60                                 | 60%                      | 60%                                | 13,50               | 60%            |
| 2              | 23,5                 | 43,5                 | 15                       | 75                                 | 15%                      | 75%                                | 33,50               | 15%            |
| 3              | 43,5                 | 63,5                 | 8                        | 83                                 | 8%                       | 83%                                | 53,50               | 8%             |
| 4              | 63,5                 | 83,5                 | 6                        | 89                                 | 6%                       | 89%                                | 73,50               | 6%             |
| 5              | 83,5                 | 103,5                | 5                        | 94                                 | 5%                       | 94%                                | 93,50               | 5%             |
| 6              | 103,5                | 123,5                | 3                        | 97                                 | 3%                       | 97%                                | 113,50              | 3%             |
| 7              | 123,5                | 143,5                | 1                        | 98                                 | 1%                       | 98%                                | 133,50              | 1%             |
| 8              | 143,5                | 163,5                | 1                        | 99                                 | 1%                       | 99%                                | 153,50              | 1%             |
| 9              | 163,5                | 183,5                | 0                        | 99                                 | 0%                       | 99%                                | 173,50              | 0%             |
| 10             | 183,5                | 203,5                | 0                        | 99                                 | 0%                       | 99%                                | 193,50              | 0%             |
| 11             | 203,5                | 223,5                | 0                        | 99                                 | 0%                       | 99%                                | 213,50              | 0%             |
| 12             | 223,5                | 243,6                | 1                        | 100                                | 1%                       | 100%                               | 233,55              | 1%             |

**Tabla 39:** Distribución normal para los elementos cobre, molibdeno y arsénico a partir de las 100 muestras de la Unidad Cuarzomonzonita.

| CuT (%) | Distribución normal | MoT (%) | Distribución normal | As (ppm) | Distribución normal |
|---------|---------------------|---------|---------------------|----------|---------------------|
| 0,80    | 0,00                | 0,173   | 0,0                 | 77       | 0,00                |
| 0,71    | 0,02                | 0,056   | 0,6                 | 54       | 0,00                |
| 0,60    | 0,28                | 0,022   | 16,2                | 45       | 0,00                |
| 0,60    | 0,28                | 0,021   | 16,9                | 45       | 0,00                |
| 0,58    | 0,41                | 0,017   | 19,5                | 32       | 0,01                |
| 0,58    | 0,41                | 0,013   | 21,3                | 30       | 0,01                |
| 0,53    | 0,90                | 0,012   | 21,7                | 28       | 0,02                |
| 0,53    | 0,90                | 0,012   | 21,7                | 27       | 0,02                |
| 0,51    | 1,18                | 0,012   | 21,7                | 26       | 0,02                |
| 0,51    | 1,18                | 0,011   | 21,9                | 25       | 0,02                |
| 0,51    | 1,18                | 0,011   | 21,9                | 25       | 0,02                |
| 0,49    | 1,50                | 0,010   | 22,1                | 25       | 0,02                |
| 0,48    | 1,67                | 0,010   | 22,1                | 23       | 0,03                |
| 0,47    | 1,84                | 0,010   | 22,1                | 22       | 0,03                |
| 0,47    | 1,84                | 0,010   | 22,1                | 22       | 0,03                |
| 0,44    | 2,38                | 0,010   | 22,1                | 21       | 0,03                |
| 0,44    | 2,38                | 0,009   | 22,3                | 21       | 0,03                |
| 0,42    | 2,72                | 0,009   | 22,3                | 21       | 0,03                |
| 0,41    | 2,88                | 0,009   | 22,3                | 20       | 0,03                |
| 0,41    | 2,88                | 0,008   | 22,3                | 20       | 0,03                |
| 0,41    | 2,88                | 0,008   | 22,3                | 20       | 0,03                |
| 0,40    | 3,02                | 0,008   | 22,3                | 20       | 0,03                |
| 0,40    | 3,02                | 0,008   | 22,3                | 19       | 0,03                |
| 0,40    | 3,02                | 0,007   | 22,3                | 19       | 0,03                |
| 0,40    | 3,02                | 0,007   | 22,3                | 19       | 0,03                |
| 0,39    | 3,14                | 0,007   | 22,3                | 18       | 0,03                |
| 0,39    | 3,14                | 0,007   | 22,3                | 18       | 0,03                |
| 0,38    | 3,25                | 0,007   | 22,3                | 17       | 0,03                |

|      |      |       |      |    |      |
|------|------|-------|------|----|------|
| 0,38 | 3,25 | 0,006 | 22,2 | 16 | 0,03 |
| 0,38 | 3,25 | 0,006 | 22,2 | 16 | 0,03 |
| 0,38 | 3,25 | 0,006 | 22,2 | 16 | 0,03 |
| 0,38 | 3,25 | 0,006 | 22,2 | 16 | 0,03 |
| 0,38 | 3,25 | 0,006 | 22,2 | 16 | 0,03 |
| 0,37 | 3,33 | 0,006 | 22,2 | 16 | 0,03 |
| 0,37 | 3,33 | 0,006 | 22,2 | 16 | 0,03 |
| 0,37 | 3,33 | 0,006 | 22,2 | 15 | 0,04 |
| 0,35 | 3,43 | 0,005 | 22,1 | 15 | 0,04 |
| 0,34 | 3,45 | 0,005 | 22,1 | 15 | 0,04 |
| 0,33 | 3,43 | 0,005 | 22,1 | 15 | 0,04 |
| 0,33 | 3,43 | 0,005 | 22,1 | 15 | 0,04 |
| 0,33 | 3,43 | 0,005 | 22,1 | 15 | 0,04 |
| 0,33 | 3,43 | 0,005 | 22,1 | 14 | 0,04 |
| 0,32 | 3,39 | 0,005 | 22,1 | 14 | 0,04 |
| 0,32 | 3,39 | 0,005 | 22,1 | 14 | 0,04 |
| 0,32 | 3,39 | 0,005 | 22,1 | 14 | 0,04 |
| 0,32 | 3,39 | 0,005 | 22,1 | 14 | 0,04 |
| 0,32 | 3,39 | 0,005 | 22,1 | 13 | 0,03 |
| 0,31 | 3,33 | 0,004 | 21,9 | 13 | 0,03 |
| 0,31 | 3,33 | 0,004 | 21,9 | 13 | 0,03 |
| 0,31 | 3,33 | 0,004 | 21,9 | 13 | 0,03 |
| 0,31 | 3,33 | 0,004 | 21,9 | 13 | 0,03 |
| 0,31 | 3,33 | 0,004 | 21,9 | 12 | 0,03 |
| 0,30 | 3,24 | 0,004 | 21,9 | 12 | 0,03 |
| 0,30 | 3,24 | 0,004 | 21,9 | 11 | 0,03 |
| 0,30 | 3,24 | 0,004 | 21,9 | 11 | 0,03 |
| 0,30 | 3,24 | 0,004 | 21,9 | 11 | 0,03 |
| 0,30 | 3,24 | 0,004 | 21,9 | 11 | 0,03 |
| 0,30 | 3,24 | 0,004 | 21,9 | 11 | 0,03 |
| 0,30 | 3,24 | 0,004 | 21,9 | 11 | 0,03 |
| 0,29 | 3,13 | 0,004 | 21,9 | 11 | 0,03 |
| 0,29 | 3,13 | 0,004 | 21,9 | 11 | 0,03 |
| 0,29 | 3,13 | 0,003 | 21,6 | 10 | 0,03 |
| 0,29 | 3,13 | 0,003 | 21,6 | 5  | 0,03 |
| 0,29 | 3,13 | 0,003 | 21,6 | 5  | 0,03 |
| 0,29 | 3,13 | 0,003 | 21,6 | 5  | 0,03 |
| 0,29 | 3,13 | 0,003 | 21,6 | 5  | 0,03 |
| 0,28 | 3,01 | 0,003 | 21,6 | 5  | 0,03 |
| 0,28 | 3,01 | 0,003 | 21,6 | 5  | 0,03 |
| 0,28 | 3,01 | 0,003 | 21,6 | 5  | 0,03 |
| 0,28 | 3,01 | 0,003 | 21,6 | 5  | 0,03 |
| 0,27 | 2,86 | 0,003 | 21,6 | 5  | 0,03 |
| 0,27 | 2,86 | 0,003 | 21,6 | 5  | 0,03 |
| 0,27 | 2,86 | 0,003 | 21,6 | 5  | 0,03 |
| 0,26 | 2,71 | 0,003 | 21,6 | 5  | 0,03 |
| 0,26 | 2,71 | 0,003 | 21,6 | 5  | 0,03 |
| 0,26 | 2,71 | 0,003 | 21,6 | 5  | 0,03 |
| 0,26 | 2,71 | 0,003 | 21,6 | 5  | 0,03 |
| 0,25 | 2,54 | 0,003 | 21,6 | 5  | 0,03 |
| 0,25 | 2,54 | 0,003 | 21,6 | 5  | 0,03 |
| 0,25 | 2,54 | 0,003 | 21,6 | 5  | 0,03 |
| 0,24 | 2,37 | 0,003 | 21,6 | 5  | 0,03 |
| 0,24 | 2,37 | 0,003 | 21,6 | 5  | 0,03 |

|                            |             |                 |      |           |      |
|----------------------------|-------------|-----------------|------|-----------|------|
| 0,24                       | 2,37        | 0,003           | 21,6 | 5         | 0,03 |
| 0,24                       | 2,37        | 0,003           | 21,6 | 5         | 0,03 |
| 0,24                       | 2,37        | 0,003           | 21,6 | 5         | 0,03 |
| 0,23                       | 2,19        | 0,003           | 21,6 | 5         | 0,03 |
| 0,23                       | 2,19        | 0,003           | 21,6 | 5         | 0,03 |
| 0,23                       | 2,19        | 0,003           | 21,6 | 5         | 0,03 |
| 0,23                       | 2,19        | 0,002           | 21,2 | 5         | 0,03 |
| 0,22                       | 2,01        | 0,002           | 21,2 | 5         | 0,03 |
| 0,22                       | 2,01        | 0,002           | 21,2 | 5         | 0,03 |
| 0,22                       | 2,01        | 0,002           | 21,2 | 5         | 0,03 |
| 0,21                       | 1,83        | 0,002           | 21,2 | 5         | 0,03 |
| 0,21                       | 1,83        | 0,002           | 21,2 | 5         | 0,03 |
| 0,21                       | 1,83        | 0,002           | 21,2 | 5         | 0,03 |
| 0,21                       | 1,83        | 0,002           | 21,2 | 5         | 0,03 |
| 0,21                       | 1,83        | 0,001           | 20,8 | 5         | 0,03 |
| 0,18                       | 1,32        | 0,001           | 20,8 | 5         | 0,03 |
| 0,18                       | 1,32        | 0,001           | 20,8 | 5         | 0,03 |
| 0,17                       | 1,17        | 0,001           | 20,8 | 5         | 0,03 |
| <b>Promedio</b>            | <b>0,34</b> | <b>0,008</b>    |      | <b>14</b> |      |
| <b>Desviación estándar</b> | <b>0,12</b> | <b>0,017865</b> |      | <b>11</b> |      |



**Tabla 40:** Distribución normal para los elementos cobre, molibdeno y arsénico a partir de las 100 muestras de la Unidad Brecha Donoso.

| CuT (%) | Distribución normal | MoT (%) | Distribución normal | As (ppm) | Distribución normal |
|---------|---------------------|---------|---------------------|----------|---------------------|
| 2,46    | 0,00                | 0,012   | 0,1                 | 46       | 0,00                |
| 2,23    | 0,01                | 0,010   | 1,7                 | 34       | 0,00                |
| 2,16    | 0,02                | 0,010   | 1,7                 | 31       | 0,00                |
| 2,09    | 0,03                | 0,009   | 6,4                 | 25       | 0,01                |
| 1,79    | 0,17                | 0,007   | 48,4                | 22       | 0,02                |
| 1,73    | 0,23                | 0,007   | 48,4                | 22       | 0,02                |
| 1,68    | 0,27                | 0,007   | 48,4                | 21       | 0,02                |
| 1,67    | 0,29                | 0,006   | 94,7                | 21       | 0,02                |
| 1,65    | 0,32                | 0,006   | 94,7                | 20       | 0,02                |
| 1,63    | 0,33                | 0,006   | 94,7                | 19       | 0,03                |
| 1,56    | 0,42                | 0,006   | 94,7                | 18       | 0,03                |
| 1,47    | 0,55                | 0,006   | 94,7                | 18       | 0,03                |
| 1,46    | 0,56                | 0,006   | 94,7                | 18       | 0,03                |
| 1,42    | 0,62                | 0,005   | 148,0               | 18       | 0,03                |
| 1,39    | 0,66                | 0,005   | 148,0               | 18       | 0,03                |
| 1,37    | 0,69                | 0,005   | 148,0               | 17       | 0,04                |
| 1,37    | 0,69                | 0,005   | 148,0               | 17       | 0,04                |
| 1,37    | 0,69                | 0,005   | 148,0               | 17       | 0,04                |
| 1,33    | 0,74                | 0,005   | 148,0               | 17       | 0,04                |
| 1,32    | 0,75                | 0,005   | 148,0               | 16       | 0,04                |
| 1,31    | 0,77                | 0,005   | 148,0               | 16       | 0,04                |
| 1,31    | 0,77                | 0,005   | 148,0               | 15       | 0,04                |
| 1,30    | 0,78                | 0,005   | 148,0               | 15       | 0,04                |
| 1,30    | 0,78                | 0,005   | 148,0               | 15       | 0,04                |
| 1,28    | 0,80                | 0,005   | 148,0               | 15       | 0,04                |
| 1,26    | 0,83                | 0,004   | 184,6               | 14       | 0,05                |
| 1,26    | 0,83                | 0,004   | 184,6               | 14       | 0,05                |
| 1,25    | 0,84                | 0,004   | 184,6               | 14       | 0,05                |
| 1,24    | 0,85                | 0,004   | 184,6               | 14       | 0,05                |
| 1,21    | 0,88                | 0,004   | 184,6               | 13       | 0,05                |
| 1,17    | 0,91                | 0,004   | 184,6               | 13       | 0,05                |
| 1,14    | 0,94                | 0,004   | 184,6               | 12       | 0,05                |
| 1,10    | 0,96                | 0,004   | 184,6               | 12       | 0,05                |
| 1,10    | 0,96                | 0,004   | 184,6               | 12       | 0,05                |
| 1,10    | 0,96                | 0,004   | 184,6               | 12       | 0,05                |
| 1,08    | 0,96                | 0,004   | 184,6               | 12       | 0,05                |
| 1,07    | 0,97                | 0,004   | 184,6               | 11       | 0,05                |
| 1,07    | 0,97                | 0,004   | 184,6               | 11       | 0,05                |
| 1,07    | 0,97                | 0,004   | 184,6               | 11       | 0,05                |
| 1,07    | 0,97                | 0,004   | 184,6               | 11       | 0,05                |
| 1,06    | 0,97                | 0,004   | 184,6               | 11       | 0,05                |
| 1,05    | 0,97                | 0,004   | 184,6               | 11       | 0,05                |
| 1,05    | 0,97                | 0,003   | 183,8               | 10       | 0,05                |
| 1,04    | 0,97                | 0,003   | 183,8               | 10       | 0,05                |
| 1,01    | 0,97                | 0,003   | 183,8               | 5        | 0,04                |
| 0,99    | 0,97                | 0,003   | 183,8               | 5        | 0,04                |
| 0,98    | 0,97                | 0,003   | 183,8               | 5        | 0,04                |
| 0,97    | 0,96                | 0,003   | 183,8               | 5        | 0,04                |
| 0,97    | 0,96                | 0,003   | 183,8               | 5        | 0,04                |

|                            |                 |                 |       |                |      |
|----------------------------|-----------------|-----------------|-------|----------------|------|
| 0,95                       | 0,95            | 0,003           | 183,8 | 5              | 0,04 |
| 0,94                       | 0,95            | 0,003           | 183,8 | 5              | 0,04 |
| 0,93                       | 0,94            | 0,003           | 183,8 | 5              | 0,04 |
| 0,93                       | 0,94            | 0,003           | 183,8 | 5              | 0,04 |
| 0,91                       | 0,93            | 0,003           | 183,8 | 5              | 0,04 |
| 0,91                       | 0,93            | 0,003           | 183,8 | 5              | 0,04 |
| 0,91                       | 0,93            | 0,003           | 183,8 | 5              | 0,04 |
| 0,89                       | 0,92            | 0,003           | 183,8 | 5              | 0,04 |
| 0,88                       | 0,91            | 0,003           | 183,8 | 5              | 0,04 |
| 0,88                       | 0,91            | 0,003           | 183,8 | 5              | 0,04 |
| 0,87                       | 0,90            | 0,003           | 183,8 | 5              | 0,04 |
| 0,86                       | 0,89            | 0,003           | 183,8 | 5              | 0,04 |
| 0,85                       | 0,89            | 0,003           | 183,8 | 5              | 0,04 |
| 0,85                       | 0,88            | 0,003           | 183,8 | 5              | 0,04 |
| 0,85                       | 0,88            | 0,003           | 183,8 | 5              | 0,04 |
| 0,82                       | 0,86            | 0,003           | 183,8 | 5              | 0,04 |
| 0,80                       | 0,84            | 0,003           | 183,8 | 5              | 0,04 |
| 0,79                       | 0,82            | 0,003           | 183,8 | 5              | 0,04 |
| 0,79                       | 0,82            | 0,003           | 183,8 | 5              | 0,04 |
| 0,78                       | 0,81            | 0,003           | 183,8 | 5              | 0,04 |
| 0,78                       | 0,81            | 0,003           | 183,8 | 5              | 0,04 |
| 0,76                       | 0,78            | 0,002           | 146,0 | 5              | 0,04 |
| 0,76                       | 0,78            | 0,002           | 146,0 | 5              | 0,04 |
| 0,76                       | 0,78            | 0,002           | 146,0 | 5              | 0,04 |
| 0,75                       | 0,78            | 0,002           | 146,0 | 5              | 0,04 |
| 0,75                       | 0,77            | 0,002           | 146,0 | 5              | 0,04 |
| 0,75                       | 0,77            | 0,002           | 146,0 | 5              | 0,04 |
| 0,74                       | 0,76            | 0,002           | 146,0 | 5              | 0,04 |
| 0,73                       | 0,75            | 0,002           | 146,0 | 5              | 0,04 |
| 0,73                       | 0,75            | 0,002           | 146,0 | 5              | 0,04 |
| 0,72                       | 0,73            | 0,002           | 146,0 | 5              | 0,04 |
| 0,72                       | 0,73            | 0,002           | 146,0 | 5              | 0,04 |
| 0,71                       | 0,72            | 0,002           | 146,0 | 5              | 0,04 |
| 0,68                       | 0,68            | 0,001           | 92,6  | 5              | 0,04 |
| 0,68                       | 0,68            | 0,001           | 92,6  | 5              | 0,04 |
| 0,68                       | 0,68            | 0,001           | 92,6  | 5              | 0,04 |
| 0,67                       | 0,67            | 0,001           | 92,6  | 5              | 0,04 |
| 0,66                       | 0,65            | 0,001           | 92,6  | 5              | 0,04 |
| 0,66                       | 0,64            | 0,001           | 92,6  | 5              | 0,04 |
| 0,63                       | 0,61            | 0,001           | 92,6  | 5              | 0,04 |
| 0,56                       | 0,51            | 0,001           | 92,6  | 5              | 0,04 |
| 0,55                       | 0,50            | 0,001           | 92,6  | 5              | 0,04 |
| 0,55                       | 0,49            | 0,001           | 92,6  | 5              | 0,04 |
| 0,53                       | 0,46            | 0,001           | 92,6  | 5              | 0,04 |
| 0,49                       | 0,41            | 0,001           | 92,6  | 5              | 0,04 |
| 0,48                       | 0,40            | 0,001           | 92,6  | 5              | 0,04 |
| 0,45                       | 0,36            | 0,001           | 92,6  | 5              | 0,04 |
| 0,42                       | 0,32            | 0,001           | 92,6  | 5              | 0,04 |
| 0,42                       | 0,32            | 0,001           | 92,6  | 5              | 0,04 |
| 0,39                       | 0,29            | 0,001           | 92,6  | 5              | 0,04 |
| 0,36                       | 0,26            | 0,001           | 92,6  | 5              | 0,04 |
| <b>Promedio</b>            | <b>1,03</b>     | <b>0,004</b>    |       | <b>10</b>      |      |
| <b>Desviación estándar</b> | <b>0,410613</b> | <b>0,002106</b> |       | <b>7,41374</b> |      |

**Tabla 41:** Distribución normal para los elementos cobre, molibdeno y arsénico a partir de las 100 muestras del grupo brechas centro.

| CuT (%) | Distribución normal | MoT (%) | Distribución normal | As (ppm) | Distribución normal |
|---------|---------------------|---------|---------------------|----------|---------------------|
| 0,91    | 0,00                | 0,082   | 0,0                 | 622      | 0,00                |
| 0,77    | 0,07                | 0,061   | 0,1                 | 217      | 0,00                |
| 0,69    | 0,40                | 0,060   | 0,2                 | 110      | 0,00                |
| 0,67    | 0,57                | 0,053   | 0,9                 | 94       | 0,00                |
| 0,66    | 0,64                | 0,052   | 1,1                 | 89       | 0,00                |
| 0,65    | 0,75                | 0,046   | 3,5                 | 65       | 0,01                |
| 0,61    | 1,32                | 0,040   | 8,5                 | 55       | 0,01                |
| 0,60    | 1,49                | 0,036   | 13,6                | 54       | 0,01                |
| 0,60    | 1,51                | 0,034   | 16,5                | 48       | 0,01                |
| 0,59    | 1,67                | 0,033   | 18,0                | 46       | 0,01                |
| 0,59    | 1,67                | 0,032   | 19,6                | 44       | 0,01                |
| 0,59    | 1,67                | 0,031   | 21,1                | 42       | 0,01                |
| 0,59    | 1,67                | 0,031   | 21,1                | 39       | 0,01                |
| 0,58    | 1,85                | 0,030   | 22,6                | 38       | 0,01                |
| 0,57    | 2,04                | 0,029   | 24,1                | 37       | 0,01                |
| 0,57    | 2,04                | 0,028   | 25,5                | 36       | 0,01                |
| 0,56    | 2,23                | 0,027   | 26,8                | 36       | 0,01                |
| 0,56    | 2,23                | 0,027   | 26,8                | 35       | 0,01                |
| 0,55    | 2,40                | 0,026   | 27,9                | 34       | 0,01                |
| 0,54    | 2,61                | 0,024   | 29,9                | 34       | 0,01                |
| 0,54    | 2,61                | 0,023   | 30,6                | 33       | 0,01                |
| 0,53    | 2,78                | 0,023   | 30,6                | 32       | 0,01                |
| 0,53    | 2,78                | 0,023   | 30,6                | 32       | 0,01                |
| 0,53    | 2,78                | 0,023   | 30,6                | 31       | 0,01                |
| 0,52    | 2,95                | 0,022   | 31,2                | 31       | 0,01                |
| 0,52    | 2,95                | 0,021   | 31,6                | 30       | 0,01                |
| 0,52    | 2,95                | 0,021   | 31,6                | 29       | 0,01                |
| 0,50    | 3,18                | 0,021   | 31,6                | 28       | 0,01                |
| 0,50    | 3,23                | 0,021   | 31,6                | 27       | 0,01                |
| 0,50    | 3,23                | 0,020   | 31,8                | 27       | 0,01                |
| 0,49    | 3,34                | 0,020   | 31,8                | 27       | 0,01                |
| 0,49    | 3,38                | 0,020   | 31,8                | 27       | 0,01                |
| 0,48    | 3,43                | 0,020   | 31,8                | 26       | 0,01                |
| 0,48    | 3,43                | 0,019   | 31,7                | 26       | 0,01                |
| 0,48    | 3,43                | 0,019   | 31,7                | 26       | 0,01                |
| 0,47    | 3,49                | 0,019   | 31,7                | 26       | 0,01                |
| 0,47    | 3,49                | 0,019   | 31,7                | 25       | 0,01                |
| 0,47    | 3,49                | 0,019   | 31,7                | 25       | 0,01                |
| 0,47    | 3,49                | 0,019   | 31,7                | 24       | 0,01                |
| 0,47    | 3,49                | 0,019   | 31,7                | 24       | 0,01                |
| 0,46    | 3,52                | 0,019   | 31,7                | 23       | 0,01                |
| 0,46    | 3,53                | 0,019   | 31,7                | 23       | 0,01                |
| 0,45    | 3,54                | 0,018   | 31,5                | 23       | 0,01                |
| 0,45    | 3,54                | 0,018   | 31,5                | 23       | 0,01                |
| 0,45    | 3,54                | 0,018   | 31,5                | 23       | 0,01                |
| 0,45    | 3,54                | 0,018   | 31,5                | 22       | 0,01                |
| 0,44    | 3,52                | 0,018   | 31,5                | 22       | 0,01                |
| 0,44    | 3,52                | 0,017   | 31,1                | 22       | 0,01                |
| 0,44    | 3,52                | 0,017   | 31,1                | 22       | 0,01                |

|                            |                 |                 |      |                 |      |
|----------------------------|-----------------|-----------------|------|-----------------|------|
| 0,44                       | 3,52            | 0,017           | 31,1 | 22              | 0,01 |
| 0,43                       | 3,47            | 0,017           | 31,1 | 21              | 0,01 |
| 0,43                       | 3,47            | 0,016           | 30,5 | 20              | 0,01 |
| 0,43                       | 3,47            | 0,016           | 30,5 | 20              | 0,01 |
| 0,43                       | 3,47            | 0,016           | 30,5 | 20              | 0,01 |
| 0,43                       | 3,47            | 0,016           | 30,5 | 20              | 0,01 |
| 0,43                       | 3,45            | 0,016           | 30,5 | 19              | 0,01 |
| 0,42                       | 3,40            | 0,016           | 30,5 | 19              | 0,01 |
| 0,42                       | 3,40            | 0,016           | 30,5 | 19              | 0,01 |
| 0,42                       | 3,40            | 0,016           | 30,5 | 19              | 0,01 |
| 0,41                       | 3,30            | 0,015           | 29,7 | 19              | 0,01 |
| 0,41                       | 3,30            | 0,015           | 29,7 | 19              | 0,01 |
| 0,41                       | 3,30            | 0,015           | 29,7 | 19              | 0,01 |
| 0,41                       | 3,30            | 0,014           | 28,7 | 18              | 0,01 |
| 0,41                       | 3,26            | 0,014           | 28,7 | 18              | 0,01 |
| 0,40                       | 3,18            | 0,014           | 28,7 | 18              | 0,01 |
| 0,40                       | 3,16            | 0,013           | 27,6 | 18              | 0,01 |
| 0,39                       | 3,07            | 0,013           | 27,6 | 18              | 0,01 |
| 0,39                       | 3,05            | 0,013           | 27,6 | 17              | 0,01 |
| 0,39                       | 3,05            | 0,013           | 27,6 | 17              | 0,01 |
| 0,39                       | 3,00            | 0,013           | 27,6 | 17              | 0,01 |
| 0,38                       | 2,89            | 0,013           | 27,6 | 16              | 0,01 |
| 0,38                       | 2,89            | 0,013           | 27,6 | 16              | 0,01 |
| 0,38                       | 2,89            | 0,013           | 27,6 | 16              | 0,01 |
| 0,38                       | 2,89            | 0,013           | 27,6 | 16              | 0,01 |
| 0,37                       | 2,72            | 0,013           | 27,6 | 16              | 0,01 |
| 0,37                       | 2,72            | 0,012           | 26,4 | 16              | 0,01 |
| 0,36                       | 2,54            | 0,012           | 26,4 | 16              | 0,01 |
| 0,36                       | 2,54            | 0,012           | 26,4 | 15              | 0,01 |
| 0,36                       | 2,54            | 0,012           | 26,4 | 15              | 0,01 |
| 0,36                       | 2,54            | 0,012           | 26,4 | 15              | 0,01 |
| 0,35                       | 2,35            | 0,011           | 25,1 | 15              | 0,01 |
| 0,35                       | 2,35            | 0,011           | 25,1 | 14              | 0,01 |
| 0,35                       | 2,35            | 0,011           | 25,1 | 13              | 0,01 |
| 0,35                       | 2,35            | 0,010           | 23,7 | 13              | 0,01 |
| 0,35                       | 2,35            | 0,010           | 23,7 | 13              | 0,01 |
| 0,34                       | 2,16            | 0,010           | 23,7 | 12              | 0,01 |
| 0,34                       | 2,16            | 0,010           | 23,7 | 12              | 0,01 |
| 0,34                       | 2,16            | 0,009           | 22,2 | 11              | 0,01 |
| 0,33                       | 1,97            | 0,009           | 22,2 | 5               | 0,01 |
| 0,33                       | 1,97            | 0,009           | 22,2 | 5               | 0,01 |
| 0,32                       | 1,79            | 0,009           | 22,2 | 5               | 0,01 |
| 0,32                       | 1,79            | 0,009           | 22,2 | 5               | 0,01 |
| 0,32                       | 1,79            | 0,008           | 20,7 | 5               | 0,01 |
| 0,31                       | 1,60            | 0,008           | 20,7 | 5               | 0,01 |
| 0,31                       | 1,60            | 0,008           | 20,7 | 5               | 0,01 |
| 0,31                       | 1,60            | 0,008           | 20,7 | 5               | 0,01 |
| 0,31                       | 1,60            | 0,008           | 20,7 | 5               | 0,01 |
| 0,30                       | 1,43            | 0,007           | 19,1 | 5               | 0,01 |
| 0,29                       | 1,26            | 0,007           | 19,1 | 5               | 0,01 |
| 0,27                       | 0,96            | 0,007           | 19,1 | 5               | 0,01 |
| 0,24                       | 0,61            | 0,004           | 14,6 | 5               | 0,01 |
| <b>Promedio</b>            | <b>0,45</b>     | <b>0,020</b>    |      | <b>32</b>       |      |
| <b>Desviación estándar</b> | <b>0,112731</b> | <b>0,012559</b> |      | <b>64,99433</b> |      |

**Tabla 42:** Distribución normal para los elementos cobre, molibdeno y arsénico a partir de las 100 muestras del grupo brechas sur.

| <b>CuT (%)</b> | <b>Distribución normal</b> | <b>MoT (%)</b> | <b>Distribución normal</b> | <b>As (ppm)</b> | <b>Distribución normal</b> |
|----------------|----------------------------|----------------|----------------------------|-----------------|----------------------------|
| 0,97           | 0,01                       | 0,068          | 0,0                        | 242             | 0,00                       |
| 0,87           | 0,06                       | 0,064          | 0,0                        | 152             | 0,00                       |
| 0,84           | 0,10                       | 0,052          | 0,6                        | 134             | 0,00                       |
| 0,83           | 0,13                       | 0,045          | 2,5                        | 122             | 0,00                       |
| 0,83           | 0,13                       | 0,045          | 2,5                        | 117             | 0,00                       |
| 0,73           | 0,61                       | 0,042          | 4,2                        | 107             | 0,00                       |
| 0,71           | 0,74                       | 0,040          | 5,7                        | 99              | 0,00                       |
| 0,71           | 0,75                       | 0,039          | 6,5                        | 97              | 0,00                       |
| 0,66           | 1,25                       | 0,038          | 7,5                        | 97              | 0,00                       |
| 0,66           | 1,25                       | 0,034          | 12,1                       | 93              | 0,00                       |
| 0,65           | 1,37                       | 0,034          | 12,1                       | 89              | 0,00                       |
| 0,65           | 1,37                       | 0,031          | 16,3                       | 77              | 0,01                       |
| 0,64           | 1,49                       | 0,029          | 19,2                       | 71              | 0,01                       |
| 0,63           | 1,60                       | 0,029          | 19,2                       | 68              | 0,01                       |
| 0,63           | 1,61                       | 0,027          | 22,2                       | 65              | 0,01                       |
| 0,61           | 1,82                       | 0,025          | 24,9                       | 64              | 0,01                       |
| 0,60           | 1,93                       | 0,025          | 24,9                       | 64              | 0,01                       |
| 0,60           | 1,95                       | 0,025          | 24,9                       | 63              | 0,01                       |
| 0,60           | 1,96                       | 0,025          | 24,9                       | 56              | 0,01                       |
| 0,59           | 2,07                       | 0,024          | 26,2                       | 54              | 0,01                       |
| 0,59           | 2,09                       | 0,023          | 27,4                       | 53              | 0,01                       |
| 0,58           | 2,17                       | 0,023          | 27,4                       | 52              | 0,01                       |
| 0,56           | 2,42                       | 0,022          | 28,4                       | 52              | 0,01                       |
| 0,55           | 2,51                       | 0,021          | 29,3                       | 52              | 0,01                       |
| 0,55           | 2,51                       | 0,021          | 29,3                       | 44              | 0,01                       |
| 0,54           | 2,59                       | 0,021          | 29,3                       | 42              | 0,01                       |
| 0,54           | 2,63                       | 0,020          | 30,1                       | 40              | 0,01                       |
| 0,53           | 2,66                       | 0,020          | 30,1                       | 37              | 0,01                       |
| 0,53           | 2,67                       | 0,020          | 30,1                       | 34              | 0,01                       |
| 0,53           | 2,67                       | 0,019          | 30,6                       | 32              | 0,01                       |
| 0,53           | 2,67                       | 0,019          | 30,6                       | 32              | 0,01                       |
| 0,52           | 2,72                       | 0,019          | 30,6                       | 32              | 0,01                       |
| 0,51           | 2,78                       | 0,017          | 31,2                       | 31              | 0,01                       |
| 0,50           | 2,81                       | 0,017          | 31,2                       | 28              | 0,01                       |
| 0,50           | 2,81                       | 0,016          | 31,2                       | 27              | 0,01                       |
| 0,50           | 2,81                       | 0,016          | 31,2                       | 27              | 0,01                       |
| 0,50           | 2,81                       | 0,016          | 31,2                       | 26              | 0,01                       |
| 0,50           | 2,81                       | 0,015          | 31,1                       | 26              | 0,01                       |
| 0,50           | 2,81                       | 0,015          | 31,1                       | 24              | 0,01                       |
| 0,49           | 2,83                       | 0,015          | 31,1                       | 24              | 0,01                       |
| 0,49           | 2,83                       | 0,015          | 31,1                       | 23              | 0,01                       |
| 0,49           | 2,83                       | 0,014          | 30,7                       | 22              | 0,01                       |
| 0,48           | 2,84                       | 0,014          | 30,7                       | 22              | 0,01                       |
| 0,48           | 2,84                       | 0,014          | 30,7                       | 21              | 0,01                       |
| 0,48           | 2,84                       | 0,014          | 30,7                       | 20              | 0,01                       |
| 0,47           | 2,83                       | 0,014          | 30,7                       | 20              | 0,01                       |
| 0,47           | 2,83                       | 0,014          | 30,7                       | 20              | 0,01                       |
| 0,47           | 2,83                       | 0,013          | 30,2                       | 19              | 0,01                       |
| 0,46           | 2,81                       | 0,013          | 30,2                       | 17              | 0,01                       |

|                            |                 |                 |      |                 |      |
|----------------------------|-----------------|-----------------|------|-----------------|------|
| 0,46                       | 2,80            | 0,012           | 29,4 | 17              | 0,01 |
| 0,45                       | 2,79            | 0,012           | 29,4 | 16              | 0,01 |
| 0,45                       | 2,77            | 0,012           | 29,4 | 16              | 0,01 |
| 0,45                       | 2,77            | 0,011           | 28,6 | 16              | 0,01 |
| 0,45                       | 2,77            | 0,011           | 28,6 | 16              | 0,01 |
| 0,44                       | 2,75            | 0,011           | 28,6 | 15              | 0,01 |
| 0,44                       | 2,73            | 0,011           | 28,6 | 15              | 0,01 |
| 0,43                       | 2,66            | 0,011           | 28,6 | 15              | 0,01 |
| 0,43                       | 2,66            | 0,011           | 28,6 | 14              | 0,01 |
| 0,43                       | 2,66            | 0,011           | 28,6 | 13              | 0,01 |
| 0,43                       | 2,65            | 0,011           | 28,6 | 13              | 0,01 |
| 0,42                       | 2,59            | 0,011           | 28,6 | 13              | 0,01 |
| 0,42                       | 2,57            | 0,011           | 28,6 | 12              | 0,01 |
| 0,41                       | 2,53            | 0,010           | 27,5 | 12              | 0,01 |
| 0,41                       | 2,52            | 0,010           | 27,5 | 11              | 0,01 |
| 0,41                       | 2,51            | 0,010           | 27,5 | 11              | 0,01 |
| 0,41                       | 2,51            | 0,010           | 27,5 | 5               | 0,01 |
| 0,41                       | 2,51            | 0,010           | 27,5 | 5               | 0,01 |
| 0,41                       | 2,47            | 0,010           | 27,5 | 5               | 0,01 |
| 0,40                       | 2,41            | 0,009           | 26,4 | 5               | 0,01 |
| 0,40                       | 2,41            | 0,009           | 26,4 | 5               | 0,01 |
| 0,39                       | 2,31            | 0,009           | 26,4 | 5               | 0,01 |
| 0,39                       | 2,29            | 0,009           | 26,4 | 5               | 0,01 |
| 0,38                       | 2,20            | 0,008           | 25,1 | 5               | 0,01 |
| 0,37                       | 2,10            | 0,008           | 25,1 | 5               | 0,01 |
| 0,37                       | 2,09            | 0,008           | 25,1 | 5               | 0,01 |
| 0,37                       | 2,09            | 0,008           | 25,1 | 5               | 0,01 |
| 0,37                       | 2,09            | 0,008           | 25,1 | 5               | 0,01 |
| 0,37                       | 2,09            | 0,008           | 25,1 | 5               | 0,01 |
| 0,37                       | 2,09            | 0,008           | 25,1 | 5               | 0,01 |
| 0,37                       | 2,09            | 0,007           | 23,8 | 5               | 0,01 |
| 0,37                       | 2,04            | 0,007           | 23,8 | 5               | 0,01 |
| 0,36                       | 1,97            | 0,007           | 23,8 | 5               | 0,01 |
| 0,36                       | 1,97            | 0,007           | 23,8 | 5               | 0,01 |
| 0,35                       | 1,85            | 0,007           | 23,8 | 5               | 0,01 |
| 0,35                       | 1,85            | 0,007           | 23,8 | 5               | 0,01 |
| 0,35                       | 1,85            | 0,007           | 23,8 | 5               | 0,01 |
| 0,35                       | 1,81            | 0,007           | 23,8 | 5               | 0,01 |
| 0,35                       | 1,79            | 0,006           | 22,4 | 5               | 0,01 |
| 0,34                       | 1,73            | 0,005           | 20,9 | 5               | 0,01 |
| 0,33                       | 1,60            | 0,005           | 20,9 | 5               | 0,01 |
| 0,33                       | 1,60            | 0,005           | 20,9 | 5               | 0,01 |
| 0,33                       | 1,60            | 0,005           | 20,9 | 5               | 0,01 |
| 0,32                       | 1,48            | 0,005           | 20,9 | 5               | 0,01 |
| 0,31                       | 1,35            | 0,004           | 19,5 | 5               | 0,01 |
| 0,29                       | 1,13            | 0,004           | 19,5 | 5               | 0,01 |
| 0,29                       | 1,10            | 0,003           | 18,0 | 5               | 0,01 |
| 0,28                       | 1,03            | 0,002           | 16,5 | 5               | 0,01 |
| 0,28                       | 1,03            | 0,001           | 15,1 | 5               | 0,01 |
| 0,28                       | 0,98            | 0,001           | 15,1 | 5               | 0,01 |
| 0,27                       | 0,88            | 0,001           | 15,1 | 5               | 0,01 |
| <b>Promedio</b>            | <b>0,48</b>     | <b>0,016</b>    |      | <b>32</b>       |      |
| <b>Desviación estándar</b> | <b>0,140467</b> | <b>0,012762</b> |      | <b>39,43374</b> |      |

**Tabla 43:** Estimación del error analítico para el elemento de cobre en la Unidad Cuarzomonzonita

| Fracción                                 | Muestra original CuT (%) | Muestra duplicado CuT (%) | Diferencia (%) | Promedio CuT (%) | Normalizado | Diferencia al cuadrado |
|--|--------------------------|---------------------------|----------------|------------------|-------------|------------------------|
| A (-3/4" +1/2")                          | 0,33                     | 0,33                      | 0              | 0,33             | 0,00        | 0                      |
| B (-1/2" +1/4")                          | 0,36                     | 0,35                      | 0,01           | 0,355            | 2,82        | 0,0001                 |
| C (-1/4" +10Ty)                          | 0,38                     | 0,4                       | -0,02          | 0,39             | -5,13       | 0,0004                 |
| D (-10Ty +20Ty)                          | 0,45                     | 0,45                      | 0              | 0,45             | 0,00        | 0                      |
| E (-20Ty +65Ty)                          | 0,53                     | 0,52                      | 0,01           | 0,525            | 1,90        | 0,0001                 |
| F (-65Ty)                                | 0,75                     | 0,76                      | -0,01          | 0,755            | -1,32       | 0,0001                 |
| <b>Número de datos</b>                   | 6                        | 6                         | 6              | 6                | 6           | -                      |
| <b>Promedio</b>                          | 0,467                    | 0,468                     | -0,0017        | 0,468            | -0,29       | 0,0007                 |
| <b>Varianza</b>                          | 0,119                    | 0,025                     | 0,00006        |                  |             |                        |
| <b>Desviación Estándar</b>               | 0,345                    | 0,158                     | 0,008          |                  |             |                        |
| <b>Coefficiente de variación</b>         | -                        | -                         | 1,634          |                  |             |                        |
| <b>Desviación Estándar confianza 95%</b> | -                        | -                         | 0,02           |                  |             |                        |
| <b>Sesgo %</b>                           | -                        | -                         | -0,29          |                  |             |                        |
| <b>Mínimo</b>                            | 0,33                     | 0,33                      | -0,02          |                  |             |                        |
| <b>Máximo</b>                            | 0,75                     | 0,76                      | 0,01           |                  |             |                        |
| <b>Promedio Ley CuT (ppm)</b>            | -                        | -                         | 0,468          |                  |             |                        |
| <b>Error analítico (95 %)</b>            | 0,467 ± 0,02             |                           |                |                  |             |                        |

**Tabla 44:** Estimación del error analítico para el elemento de molibdeno en la Unidad Cuarzomonzonita.

| Fracción                                 | Muestra original CuT (%) | Muestra duplicado CuT (%) | Diferencia (%) | Promedio CuT (%) | Normalizado | Diferencia al cuadrado |
|--|--------------------------|---------------------------|----------------|------------------|-------------|------------------------|
| A (-3/4" +1/2")                          | 0,006                    | 0,006                     | 0              | 0,006            | 0,00        | 0                      |
| B (-1/2" +1/4")                          | 0,007                    | 0,006                     | 0,001          | 0,0065           | 15,38       | 0,000001               |
| C (-1/4" +10Ty)                          | 0,007                    | 0,009                     | -0,002         | 0,008            | -25,00      | 0,000004               |
| D (-10Ty +20Ty)                          | 0,008                    | 0,009                     | -0,001         | 0,0085           | -11,76      | 1E-06                  |
| E (-20Ty +65Ty)                          | 0,009                    | 0,009                     | 0              | 0,009            | 0,00        | 0                      |
| F (-65Ty)                                | 0,017                    | 0,017                     | 0              | 0,017            | 0,00        | 0                      |
| <b>Número de datos</b>                   | 6                        | 6                         | 6              | 6                | 6           | -                      |
| <b>Promedio</b>                          | 0,009                    | 0,009                     | -0,0003        | 0,009            | -3,56       | 6E-06                  |
| <b>Varianza</b>                          | 0                        | 0                         | 0              |                  |             |                        |
| <b>Desviación Estándar</b>               | 0,004                    | 0,004                     | 0,001          |                  |             |                        |
| <b>Coefficiente de variación</b>         | -                        | -                         | 7,714          |                  |             |                        |
| <b>Desviación Estándar confianza 95%</b> | -                        | -                         | 0,001          |                  |             |                        |
| <b>Sesgo %</b>                           | -                        | -                         | -3,56          |                  |             |                        |
| <b>Mínimo</b>                            | 0,484                    | 0,49                      | -0,002         |                  |             |                        |
| <b>Máximo</b>                            | 1,129                    | 1,121                     | 0,001          |                  |             |                        |
| <b>Promedio Ley MoT (ppm)</b>            | -                        | -                         | 0,009          |                  |             |                        |
| <b>Error analítico (95 %)</b>            | 0,009 ± 001              |                           |                |                  |             |                        |

**Tabla 45:** Estimación del error analítico para el elemento de arsénico en la Unidad Cuarzomonzonita.

| Fracción                                 | Muestra original CuT (%) | Muestra duplicado CuT (%) | Diferencia (%) | Promedio CuT (%) | Normalizado | Diferencia al cuadrado |
|--|--------------------------|---------------------------|----------------|------------------|-------------|------------------------|
| A (-3/4" +1/2")                          | 18                       | 17                        | 1              | 17,5             | 5,71        | 1                      |
| B (-1/2" +1/4")                          | 16                       | 14                        | 2              | 15               | 13,33       | 4                      |
| C (-1/4" +10Ty)                          | 20                       | 16                        | 4              | 18               | 22,22       | 16                     |
| D (-10Ty +20Ty)                          | 19                       | 18                        | 1              | 18,5             | 5,41        | 1                      |
| E (-20Ty +65Ty)                          | 23                       | 24                        | -1             | 23,5             | -4,26       | 1                      |
| F (-65Ty)                                | 27                       | 32                        | -5             | 29,5             | -16,95      | 25                     |
| <b>Número de datos</b>                   | 6                        | 6                         | 6              | 6                | 6           | -                      |
| <b>Promedio</b>                          | 20,5                     | 20,167                    | 0,3333         | 20,333           | 4,25        | 48                     |
| <b>Varianza</b>                          | 15,5                     | 44,967                    | 4              |                  |             |                        |
| <b>Desviación Estándar</b>               | 3,937                    | 6,706                     | 2              |                  |             |                        |
| <b>Coefficiente de variación</b>         | -                        | -                         | 9,836          |                  |             |                        |
| <b>Desviación Estándar confianza 95%</b> | -                        | -                         | 4,000          |                  |             |                        |
| <b>Sesgo %</b>                           | -                        | -                         | 4,25           |                  |             |                        |
| <b>Mínimo</b>                            | 0,484                    | 0,49                      | -5             |                  |             |                        |
| <b>Máximo</b>                            | 1,129                    | 1,121                     | 4              |                  |             |                        |
| <b>Promedio Ley As (ppm)</b>             | -                        | -                         | 20,333         |                  |             |                        |
| <b>Error analítico (95 %)</b>            | 20 ± 4                   |                           |                |                  |             |                        |

**Tabla 46:** Estimación del error analítico para el elemento de cobre en la Unidad Brecha Donoso.

| Fracción                                 | Muestra original CuT (%) | Muestra duplicado CuT (%) | Diferencia (%) | Promedio CuT (%) | Normalizado | Diferencia al cuadrado |
|--|--------------------------|---------------------------|----------------|------------------|-------------|------------------------|
| A (-3/4" +1/2")                          | 0,908                    | 0,916                     | -0,008         | 0,912            | -0,88       | 6,4E-05                |
| B (-1/2" +1/4")                          | 0,884                    | 0,907                     | -0,023         | 0,8955           | -2,57       | 0,000529               |
| C (-1/4" +10Ty)                          | 1,014                    | 1,043                     | -0,029         | 1,0285           | -2,82       | 0,000841               |
| D (-10Ty +20Ty)                          | 1,127                    | 1,121                     | 0,006          | 1,124            | 0,53        | 3,6E-05                |
| E (-20Ty +65Ty)                          | 1,27                     | 1,286                     | -0,016         | 1,278            | -1,25       | 0,000256               |
| F (-65Ty)                                | 1,698                    | 1,716                     | -0,018         | 1,707            | -1,05       | 0,000324               |
| <b>Número de datos</b>                   | 6                        | 6                         | 6              | 6                | 6           | -                      |
| <b>Promedio</b>                          | 1,150                    | 1,165                     | -0,0147        | 1,158            | -1,34       | 0,00205                |
| <b>Varianza</b>                          | 0,031                    | 0,025                     | 0,00017        |                  |             |                        |
| <b>Desviación Estándar</b>               | 0,176                    | 0,158                     | 0,013          |                  |             |                        |
| <b>Coefficiente de variación</b>         | -                        | -                         | 1,129          |                  |             |                        |
| <b>Desviación Estándar confianza 95%</b> | -                        | -                         | 0,026          |                  |             |                        |
| <b>Sesgo %</b>                           | -                        | -                         | -1,34          |                  |             |                        |
| <b>Mínimo</b>                            | 0,884                    | 0,907                     | -0,029         |                  |             |                        |
| <b>Máximo</b>                            | 1,698                    | 1,716                     | 0,006          |                  |             |                        |
| <b>Promedio Ley CuT (ppm)</b>            | -                        | -                         | 1,158          |                  |             |                        |
| <b>Error analítico (95 %)</b>            | 1,16 ± 0,03              |                           |                |                  |             |                        |

**Tabla 47:** Estimación del error analítico para el elemento de arsénico en la Unidad Brecha Donoso

| Fracción                                 | Muestra original CuT (%) | Muestra duplicado CuT (%) | Diferencia (%) | Promedio CuT (%) | Normalizado | Diferencia al cuadrado |
|--|--------------------------|---------------------------|----------------|------------------|-------------|------------------------|
| A (-3/4" +1/2")                          | 11                       | 11                        | 0              | 11               | 0,00        | 0                      |
| B (-1/2" +1/4")                          | 11                       | 10                        | 1              | 10,5             | 9,52        | 1                      |
| C (-1/4" +10Ty)                          | 16                       | 16                        | 0              | 16               | 0,00        | 0                      |
| D (-10Ty +20Ty)                          | 21                       | 23                        | -2             | 22               | -9,09       | 4                      |
| E (-20Ty +65Ty)                          | 26                       | 26                        | 0              | 26               | 0,00        | 0                      |
| F (-65Ty)                                | 36                       | 35                        | 1              | 35,5             | 2,82        | 1                      |
| <b>Número de datos</b>                   | 6                        | 6                         | 6              | 6                | 6           | -                      |
| <b>Promedio</b>                          | 20,167                   | 20,167                    | 0              | 20,167           | 0,54        | 6                      |
| <b>Varianza</b>                          | 94,167                   | 93,367                    | 0,5            |                  |             |                        |
| <b>Desviación Estándar</b>               | 9,704                    | 9,663                     | 0,707          |                  |             |                        |
| <b>Coefficiente de variación</b>         | -                        | -                         | 3,506          |                  |             |                        |
| <b>Desviación Estándar confianza 95%</b> | -                        | -                         | 1,414          |                  |             |                        |
| <b>Sesgo %</b>                           | -                        | -                         | 0,54           |                  |             |                        |
| <b>Mínimo</b>                            | 0,484                    | 0,49                      | -2             |                  |             |                        |
| <b>Máximo</b>                            | 1,129                    | 1,121                     | 1              |                  |             |                        |
| <b>Promedio Ley As (ppm)</b>             | -                        | -                         | 20,167         |                  |             |                        |
| <b>Error analítico (95 %)</b>            | 20 ± 1                   |                           |                |                  |             |                        |

**Tabla 48:** Estimación del error analítico para el elemento de cobre en el grupo brechas centro.

| Fracción                                 | Muestra original CuT (%) | Muestra duplicado CuT (%) | Diferencia (%) | Promedio CuT (%) | Normalizado | Diferencia al cuadrado |
|--|--------------------------|---------------------------|----------------|------------------|-------------|------------------------|
| A (-3/4" +1/2")                          | 0,499                    | 0,5                       | -0,001         | 0,4995           | -0,20       | 0,000001               |
| B (-1/2" +1/4")                          | 0,516                    | 0,508                     | 0,008          | 0,512            | 1,56        | 6,4E-05                |
| C (-1/4" +10Ty)                          | 0,539                    | 0,605                     | -0,066         | 0,572            | -11,54      | 0,004356               |
| D (-10Ty +20Ty)                          | 0,724                    | 0,713                     | 0,011          | 0,7185           | 1,53        | 0,000121               |
| E (-20Ty +65Ty)                          | 0,873                    | 0,831                     | 0,042          | 0,852            | 4,93        | 0,001764               |
| F (-65Ty)                                | 0,872                    | 0,864                     | 0,008          | 0,868            | 0,92        | 6,4E-05                |
| <b>Número de datos</b>                   | 6                        | 6                         | 6              | 6                | 6           | -                      |
| <b>Promedio</b>                          | 0,671                    | 0,670                     | 0,0003         | 0,67             | -0,47       | 0,00637                |
| <b>Varianza</b>                          | 0,031                    | 0,025                     | 0,00053        |                  |             |                        |
| <b>Desviación Estándar</b>               | 0,176                    | 0,158                     | 0,023          |                  |             |                        |
| <b>Coefficiente de variación</b>         | -                        | -                         | 3,437          |                  |             |                        |
| <b>Desviación Estándar confianza 95%</b> | -                        | -                         | 0,046          |                  |             |                        |
| <b>Sesgo %</b>                           | -                        | -                         | -0,47          |                  |             |                        |
| <b>Mínimo</b>                            | 0,499                    | 0,5                       | -0,066         |                  |             |                        |
| <b>Máximo</b>                            | 0,873                    | 0,864                     | 0,042          |                  |             |                        |
| <b>Promedio Ley CuT (ppm)</b>            | -                        | -                         | 0,67           |                  |             |                        |
| <b>Error analítico (95 %)</b>            | 0,67 ± 0,05              |                           |                |                  |             |                        |

**Tabla 49:** Estimación del error analítico para el elemento de molibdeno en el grupo brechas centro.

| Fracción                                 | Muestra original CuT (%) | Muestra duplicado CuT (%) | Diferencia (%) | Promedio CuT (%) | Normalizado | Diferencia al cuadrado |
|--|--------------------------|---------------------------|----------------|------------------|-------------|------------------------|
| A (-3/4" +1/2")                          | 0,019                    | 0,018                     | 0,001          | 0,0185           | 5,41        | 0,000001               |
| B (-1/2" +1/4")                          | 0,02                     | 0,019                     | 0,001          | 0,0195           | 5,13        | 0,000001               |
| C (-1/4" +10Ty)                          | 0,02                     | 0,021                     | -0,001         | 0,0205           | -4,88       | 0,000001               |
| D (-10Ty +20Ty)                          | 0,022                    | 0,023                     | -0,001         | 0,0225           | -4,44       | 0,000001               |
| E (-20Ty +65Ty)                          | 0,025                    | 0,024                     | 0,001          | 0,0245           | 4,08        | 0,000001               |
| F (-65Ty)                                | 0,032                    | 0,029                     | 0,003          | 0,0305           | 9,84        | 0,000009               |
| <b>Número de datos</b>                   | 6                        | 6                         | 6              | 6                | 6           | -                      |
| <b>Promedio</b>                          | 0,023                    | 0,022                     | 0,0007         | 0,023            | 2,52        | 0,000014               |
| <b>Varianza</b>                          | 0                        | 0                         | 0              |                  |             |                        |
| <b>Desviación Estándar</b>               | 0,005                    | 0,004                     | 0,001          |                  |             |                        |
| <b>Coefficiente de variación</b>         | -                        | -                         | 4,765          |                  |             |                        |
| <b>Desviación Estándar confianza 95%</b> | -                        | -                         | 0,002          |                  |             |                        |
| <b>Sesgo %</b>                           | -                        | -                         | 2,52           |                  |             |                        |
| <b>Mínimo</b>                            | 0,484                    | 0,49                      | -0,001         |                  |             |                        |
| <b>Máximo</b>                            | 1,129                    | 1,121                     | 0,003          |                  |             |                        |
| <b>Promedio Ley MoT (ppm)</b>            | -                        | -                         | 0,023          |                  |             |                        |
| <b>Error analítico (95 %)</b>            | 0,023 ± 0,002            |                           |                |                  |             |                        |

**Tabla 50:** Estimación del error analítico para el elemento de arsénico en el grupo brechas centro.

| Fracción                                 | Muestra original CuT (%) | Muestra duplicado CuT (%) | Diferencia (%) | Promedio CuT (%) | Normalizado | Diferencia al cuadrado |
|--|--------------------------|---------------------------|----------------|------------------|-------------|------------------------|
| A (-3/4" +1/2")                          | 42                       | 45                        | -3             | 43,5             | -6,90       | 9                      |
| B (-1/2" +1/4")                          | 43                       | 43                        | 0              | 43               | 0,00        | 0                      |
| C (-1/4" +10Ty)                          | 56                       | 58                        | -2             | 57               | -3,51       | 4                      |
| D (-10Ty +20Ty)                          | 64                       | 69                        | -5             | 66,5             | -7,52       | 25                     |
| E (-20Ty +65Ty)                          | 85                       | 93                        | -8             | 89               | -8,99       | 64                     |
| F (-65Ty)                                | 115                      | 117                       | -2             | 116              | -1,72       | 4                      |
| <b>Número de datos</b>                   | 6                        | 6                         | 6              | 6                | 6           | -                      |
| <b>Promedio</b>                          | 67,500                   | 70,833                    | -3,3333        | 69,167           | -4,77       | 106                    |
| <b>Varianza</b>                          | 791,500                  | 846,567                   | 8,83333        |                  |             |                        |
| <b>Desviación Estándar</b>               | 28,134                   | 29,096                    | 2,972          |                  |             |                        |
| <b>Coefficiente de variación</b>         | -                        | -                         | 4,297          |                  |             |                        |
| <b>Desviación Estándar confianza 95%</b> | -                        | -                         | 5,944          |                  |             |                        |
| <b>Sesgo %</b>                           | -                        | -                         | -4,77          |                  |             |                        |
| <b>Mínimo</b>                            | 0,484                    | 0,49                      | -8             |                  |             |                        |
| <b>Máximo</b>                            | 1,129                    | 1,121                     | 0              |                  |             |                        |
| <b>Promedio Ley As (ppm)</b>             | -                        | -                         | 69,167         |                  |             |                        |
| <b>Error analítico (95 %)</b>            | 69 ± 6                   |                           |                |                  |             |                        |

**Tabla 51:** Estimación del error analítico para el elemento de cobre en el grupo brechas sur.

| Fracción                                 | Muestra original CuT (%) | Muestra duplicado CuT (%) | Diferencia (%) | Promedio CuT (%) | Normalizado | Diferencia al cuadrado |
|--|--------------------------|---------------------------|----------------|------------------|-------------|------------------------|
| A (-3/4" +1/2")                          | 0,431                    | 0,429                     | 0,002          | 0,43             | 0,47        | 4E-06                  |
| B (-1/2" +1/4")                          | 0,484                    | 0,49                      | -0,006         | 0,487            | -1,23       | 3,6E-05                |
| C (-1/4" +10Ty)                          | 0,623                    | 0,617                     | 0,006          | 0,62             | 0,97        | 3,6E-05                |
| D (-10Ty +20Ty)                          | 0,784                    | 0,79                      | -0,006         | 0,787            | -0,76       | 3,6E-05                |
| E (-20Ty +65Ty)                          | 0,943                    | 0,945                     | -0,002         | 0,944            | -0,21       | 4E-06                  |
| F (-65Ty)                                | 1,129                    | 1,121                     | 0,008          | 1,125            | 0,71        | 6,4E-05                |
| <b>Número de datos</b>                   | 6                        | 6                         | 6              | 6                | 6           | -                      |
| <b>Promedio</b>                          | 0,732                    | 0,732                     | 0,0003         | 0,732            | -0,01       | 0,00018                |
| <b>Varianza</b>                          | 0,074                    | 0,073                     | 0,00002        |                  |             |                        |
| <b>Desviación Estándar</b>               | 0,272                    | 0,27                      | 0,004          |                  |             |                        |
| <b>Coefficiente de variación</b>         | -                        | -                         | 0,529          |                  |             |                        |
| <b>Desviación Estándar confianza 95%</b> | -                        | -                         | 0,008          |                  |             |                        |
| <b>Sesgo %</b>                           | -                        | -                         | -0,01          |                  |             |                        |
| <b>Mínimo</b>                            | 0,484                    | 0,49                      | -0,006         |                  |             |                        |
| <b>Máximo</b>                            | 1,129                    | 1,121                     | 0,008          |                  |             |                        |
| <b>Promedio Ley CuT (ppm)</b>            | -                        | -                         | 0,732          |                  |             |                        |
| <b>Error analítico (95 %)</b>            | 0,732 ± 0,008            |                           |                |                  |             |                        |

**Tabla 52:** Estimación del error analítico para el elemento de molibdeno en el grupo brechas sur.

| Fracción                                 | Muestra original CuT (%) | Muestra duplicado CuT (%) | Diferencia (%) | Promedio CuT (%) | Normalizado | Diferencia al cuadrado |
|--|--------------------------|---------------------------|----------------|------------------|-------------|------------------------|
| A (-3/4" +1/2")                          | 0,016                    | 0,015                     | 0,001          | 0,0155           | 6,45        | 0,000001               |
| B (-1/2" +1/4")                          | 0,017                    | 0,018                     | -0,001         | 0,0175           | -5,71       | 1E-06                  |
| C (-1/4" +10Ty)                          | 0,021                    | 0,022                     | -0,001         | 0,0215           | -4,65       | 1E-06                  |
| D (-10Ty +20Ty)                          | 0,025                    | 0,025                     | 0              | 0,025            | 0,00        | 0                      |
| E (-20Ty +65Ty)                          | 0,026                    | 0,025                     | 0,001          | 0,0255           | 3,92        | 1E-06                  |
| F (-65Ty)                                | 0,041                    | 0,04                      | 0,001          | 0,0405           | 2,47        | 0,000001               |
| <b>Número de datos</b>                   | 6                        | 6                         | 6              | 6                | 6           | -                      |
| <b>Promedio</b>                          | 0,024                    | 0,024                     | 0,0002         | 0,024            | 0,41        | 5E-06                  |
| <b>Varianza</b>                          | 0                        | 0                         | 0              |                  |             |                        |
| <b>Desviación Estándar</b>               | 0,009                    | 0,009                     | 0,0006         |                  |             |                        |
| <b>Coefficiente de variación</b>         | -                        | -                         | 2,662          |                  |             |                        |
| <b>Desviación Estándar confianza 95%</b> | -                        | -                         | 0,001          |                  |             |                        |
| <b>Sesgo %</b>                           | -                        | -                         | 0,41           |                  |             |                        |
| <b>Mínimo</b>                            | 0,484                    | 0,49                      | -0,001         |                  |             |                        |
| <b>Máximo</b>                            | 1,129                    | 1,121                     | 0,001          |                  |             |                        |
| <b>Promedio Ley MoT (ppm)</b>            | -                        | -                         | 0,024          |                  |             |                        |
| <b>Error analítico (95 %)</b>            | 0,024 ± 00,1             |                           |                |                  |             |                        |

**Tabla 53:** Estimación del error analítico para el elemento de arsénico en el grupo brechas sur.

| Fracción                                 | Muestra original CuT (%) | Muestra duplicado CuT (%) | Diferencia (%) | Promedio CuT (%) | Normalizado | Diferencia al cuadrado |
|--|--------------------------|---------------------------|----------------|------------------|-------------|------------------------|
| A (-3/4" +1/2")                          | 29                       | 27                        | 2              | 28               | 7,14        | 4                      |
| B (-1/2" +1/4")                          | 45                       | 37                        | 8              | 41               | 19,51       | 64                     |
| C (-1/4" +10Ty)                          | 41                       | 35                        | 6              | 38               | 15,79       | 36                     |
| D (-10Ty +20Ty)                          | 64                       | 57                        | 7              | 60,5             | 11,57       | 49                     |
| E (-20Ty +65Ty)                          | 74                       | 67                        | 7              | 70,5             | 9,93        | 49                     |
| F (-65Ty)                                | 107                      | 104                       | 3              | 105,5            | 2,84        | 9                      |
| <b>Número de datos</b>                   | 6                        | 6                         | 6              | 6                | 6           | -                      |
| <b>Promedio</b>                          | 60                       | 54,5                      | 5,5            | 57,25            | 11,13       | 211                    |
| <b>Varianza</b>                          | 793,6                    | 811,100                   | 17,58333       |                  |             |                        |
| <b>Desviación Estándar</b>               | 28,171                   | 28,480                    | 4,193          |                  |             |                        |
| <b>Coefficiente de variación</b>         | -                        | -                         | 7,324          |                  |             |                        |
| <b>Desviación Estándar confianza 95%</b> | -                        | -                         | 8,386          |                  |             |                        |
| <b>Sesgo %</b>                           | -                        | -                         | 11,13          |                  |             |                        |
| <b>Mínimo</b>                            | 0,484                    | 0,49                      | 2              |                  |             |                        |
| <b>Máximo</b>                            | 1,129                    | 1,121                     | 8              |                  |             |                        |
| <b>Promedio Ley As (ppm)</b>             | -                        | -                         | 57,25          |                  |             |                        |
| <b>Error analítico (95 %)</b>            | 57 ± 8                   |                           |                |                  |             |                        |



**Tabla 54:** Resultados químicos de los elementos de cobre, molibdeno y arsénico en muestras "Blancas".

| <b>Muestras Estándar "Blanco"</b> |                |                |                 |
|-----------------------------------|----------------|----------------|-----------------|
| <b>Identificación</b>             | <b>CuT (%)</b> | <b>MoT (%)</b> | <b>As (ppm)</b> |
| 2014-12989                        | 0,003          | <0.002         | <10             |
| 2014-13011                        | 0,025          | <0.002         | <10             |
| 2014-12043                        | 0,003          | <0.002         | <10             |
| 2014-12053                        | 0,002          | <0.002         | <10             |
| 2014-12075                        | 0,003          | <0.002         | <10             |
| 2014-12085                        | 0,002          | <0.002         | <10             |
| 2014-12107                        | 0,002          | <0.002         | <10             |
| 2014-13117                        | <0.001         | <0.002         | <10             |
| 2014-13139                        | 0,001          | <0.002         | <10             |
| 2014-13149                        | 0,001          | 0,002          | <10             |
| 2014-13172                        | 0,003          | <0.002         | <10             |
| 2014-13181                        | 0,003          | <0.002         | <10             |
| 2014-13203                        | 0,003          | <0.002         | <10             |
| 2014-13213                        | 0,003          | <0.002         | <10             |
| 2014-13235                        | 0,003          | <0.002         | <10             |
| 2014-13245                        | 0,003          | <0.002         | <10             |
| 2014-13267                        | 0,002          | <0.002         | <10             |
| 2014-13277                        | 0,003          | <0.002         | <10             |
| 2014-13299                        | 0,003          | <0.002         | <10             |
| 2014-13309                        | 0,003          | <0.002         | <10             |
| 2014-13331                        | 0,004          | <0.002         | <10             |
| 2014-13341                        | 0,003          | <0.002         | <10             |
| 2014-13363                        | 0,003          | <0.002         | <10             |
| 2014-13373                        | 0,003          | <0.002         | <10             |
| 2014-13395                        | 0,004          | <0.002         | <10             |
| 2014-13405                        | 0,003          | 0,003          | <10             |
| 2014-13427                        | 0,003          | <0.002         | <10             |
| 2014-13437                        | 0,003          | <0.002         | <10             |
| 2014-13459                        | 0,003          | <0.002         | <10             |
| 2014-13469                        | 0,003          | <0.002         | <10             |
| 2014-13491                        | 0,004          | <0.002         | <10             |
| 2014-13497                        | 0,004          | <0.002         | <10             |

**Tabla 55:** Resultados químicos de los elementos de cobre, molibdeno y arsénico en muestras estándar 10.

| <b>Muestras Estándar 10</b> |                |                |                 |
|-----------------------------|----------------|----------------|-----------------|
| <b>Identificación</b>       | <b>CuT (%)</b> | <b>MoT (%)</b> | <b>As (ppm)</b> |
| 2014-12990                  | 0,739          | 50             | <10             |
| 2014-12022                  | 0,71           | 50             | 12              |
| 2014-12054                  | 0,71           | 50             | <10             |
| 2014-12086                  | 0,735          | 60             | <10             |
| 2014-13118                  | 0,71           | 50             | 14              |
| 2014-13150                  | 0,74           | 50             | <10             |
| 2014-13182                  | 0,71           | 50             | 10              |
| 2014-13214                  | 0,7            | 50             | 12              |
| 2014-13246                  | 0,71           | 50             | 12              |
| 2014-13278                  | 0,73           | 50             | 12              |
| 2014-13310                  | 0,75           | 50             | <10             |
| 2014-13342                  | 0,706          | 60             | 11              |
| 2014-13374                  | 0,723          | 50             | 13              |
| 2014-13406                  | 0,75           | 80             | <10             |
| 2014-13438                  | 0,71           | 60             | <10             |
| 2014-13470                  | 0,735          | 50             | <10             |

**Tabla 56:** Resultados químicos de los elementos de cobre, molibdeno y arsénico en muestras estándar 12.

| <b>Muestras Estándar 12</b> |                |                |                 |
|-----------------------------|----------------|----------------|-----------------|
| <b>Identificación</b>       | <b>CuT (%)</b> | <b>MoT (%)</b> | <b>As (ppm)</b> |
| 2014-13012                  | 1,876          | 80             | 48              |
| 2014-12044                  | 1,87           | 70             | 51              |
| 2014-12076                  | 1,88           | 80             | 61              |
| 2014-12108                  | 1,897          | 70             | 50              |
| 2014-13140                  | 1,88           | 90             | 58              |
| 2014-13173                  | 1,88           | 80             | 55              |
| 2014-13204                  | 1,88           | 80             | 63              |
| 2014-13236                  | 1,88           | 80             | 68              |
| 2014-13268                  | 1,87           | 80             | 55              |
| 2014-13300                  | 1,87           | 80             | 80              |
| 2014-13332                  | 1,87           | 80             | 66              |
| 2014-13364                  | 1,918          | 80             | 91              |
| 2014-13396                  | 1,875          | 80             | 76              |
| 2014-13428                  | 1,87           | 80             | 82              |
| 2014-13460                  | 1,87           | 80             | 71              |
| 2014-13492                  | 1,877          | 80             | 78              |

**Tabla 57:** Resultados químicos de los elementos de cobre, molibdeno y arsénico en muestras duplicado por fracción y compuesto.

| <b>Muestras Duplicadas por fracción y compuesto.</b> |                                 |                                |                |                 |
|--|---------------------------------|--------------------------------|----------------|-----------------|
| <b>Compósito</b>                                     | <b>Identificación</b>           | <b>CuT (%)</b>                 | <b>MoT (%)</b> | <b>As (ppm)</b> |
| <b>Unidad Cuarzomonzonita</b>                        | AQ Sub lote 3-17 (-3/4" +1/2")  | 0,33                           | 0,006          | 18              |
|  | AQ Sub lote 6-1 (-3/4" +1/2")   | 0,33                           | 0,006          | 17              |
|  | AQ Sub lote 1-19 (-1/2" +1/4")  | 0,36                           | 0,007          | 16              |
|  | AQ Sub lote 5-6 (-1/2" + 1/4")  | 0,35                           | 0,006          | 14              |
|  | AQ Sub lote 2-8 (-1/4" +10Ty)   | 0,38                           | 0,007          | 20              |
|  | AQ Sub lote 4-15 (-1/4" +10Ty)  | 0,4                            | 0,009          | 16              |
|  | AQ Sub lote 1-5 (-10Ty +20Ty)   | 0,45                           | 0,008          | 19              |
|  | AQ Sub lote 1-20 (-10Ty +20Ty)  | 0,45                           | 0,009          | 18              |
|  | AQ Sub lote 1-5 (-20Ty +65Ty)   | 0,53                           | 0,009          | 23              |
|  | AQ Sub lote 1-20 (-20Ty +65Ty)  | 0,52                           | 0,009          | 24              |
|  | AQ Sub lote 1-5 (-65Ty)         | 0,75                           | 0,017          | 27              |
|  | AQ Sub lote 1-20 (-65Ty)        | 0,76                           | 0,017          | 32              |
|  | <b>Unidad Brecha Donoso</b>     | AQ Sub lote 5-3 (-3/4" +1/2")  | 0,908          | 0,002           |
| AQ Sub lote 7-20 (-3/4" +1/2")                       |                                 | 0,916                          | <0,002         | 11              |
| AQ Sub lote 1-15 (-1/2" +1/4")                       |                                 | 0,884                          | <0,002         | 11              |
| AQ Sub lote 5-11 (-1/2" + 1/4")                      |                                 | 0,907                          | 0,002          | <10             |
| AQ Sub lote 2-5 (-1/4" +10Ty)                        |                                 | 1,014                          | 0,002          | 16              |
| AQ Sub lote 3-19 (-1/4" +10Ty)                       |                                 | 2,21                           | 0,004          | 16              |
| AQ Sub lote 1-1 (-10Ty +20Ty)                        |                                 | 1,127                          | 0,002          | 21              |
| AQ Sub lote 1-8 (-10Ty +20Ty)                        |                                 | 1,121                          | <0,002         | 23              |
| AQ Sub lote 1-7 (-20Ty +65Ty)                        |                                 | 1,27                           | <0,002         | 26              |
| AQ Sub lote 1-20 (-20Ty +65Ty)                       |                                 | 1,286                          | <0,002         | 26              |
| AQ Sub lote 1-6 (-65Ty)                              |                                 | 1,698                          | <0,002         | 36              |
| AQ Sub lote 1-13 (-65Ty)                             |                                 | 1,716                          | <0,002         | 35              |
| <b>grupo brechas centro</b>                          |                                 | AQ Sub lote 3-16 (-3/4" +1/2") | 0,499          | 0,019           |
|  | AQ Sub lote 5-9 (-3/4" +1/2")   | 0,5                            | 0,018          | 45              |
|  | AQ Sub lote 2-20 (-1/2" +1/4")  | 0,516                          | 0,02           | 43              |
|  | AQ Sub lote 4-15 (-1/2" + 1/4") | 0,508                          | 0,019          | 43              |
|  | AQ Sub lote 2-8 (-1/4" +10Ty)   | 0,539                          | 0,02           | 56              |
|  | AQ Sub lote 3-1 (-1/4" +10Ty)   | 0,605                          | 0,021          | 58              |
|  | AQ Sub lote 1-3 (-10Ty +20Ty)   | 0,724                          | 0,022          | 64              |
|  | AQ Sub lote 1-11 (-10Ty +20Ty)  | 0,713                          | 0,023          | 69              |
|  | AQ Sub lote 1-7 (-20Ty +65Ty)   | 0,873                          | 0,025          | 85              |
|  | AQ Sub lote 1-19 (-20Ty +65Ty)  | 0,831                          | 0,024          | 93              |
|  | AQ Sub lote 1-2 (-65Ty)         | 0,872                          | 0,032          | 115             |
|  | AQ Sub lote 1-13 (-65Ty)        | 0,864                          | 0,029          | 117             |
|  | <b>grupo brechas sur</b>        | AQ Sub lote 2-17 (-3/4" +1/2") | 0,431          | 0,016           |
| AQ Sub lote 8-1 (-3/4" +1/2")                        |                                 | 0,429                          | 0,015          | 27              |
| AQ Sub lote 1-6 (-1/2" +1/4")                        |                                 | 0,484                          | 0,017          | 41              |
| AQ Sub lote 7-20 (-1/2" + 1/4")                      |                                 | 0,49                           | 0,018          | 37              |
| AQ Sub lote 1-8 (-1/4" +10Ty)                        |                                 | 0,623                          | 0,021          | 74              |
| AQ Sub lote 3-15 (-1/4" +10Ty)                       |                                 | 0,617                          | 0,022          | 35              |
| AQ Sub lote 1-5 (-10Ty +20Ty)                        |                                 | 0,784                          | 0,025          |                 |
| AQ Sub lote 1-20 (-10Ty +20Ty)                       |                                 | 0,79                           | 0,025          | 57              |
| AQ Sub lote 1-5 (-20Ty +65Ty)                        |                                 | 0,943                          | 0,026          |                 |
| AQ Sub lote 1-20 (-20Ty +65Ty)                       |                                 | 0,945                          | 0,025          | 67              |
| AQ Sub lote 1-5 (-65Ty)                              |                                 | 1,129                          | 0,041          | 107             |
| AQ Sub lote 1-20 (-65Ty)                             |                                 | 1,121                          | 0,04           | 104             |

**Tabla 59:** Resultados químicos y de peso de las 100 muestras de la fracción B para la Unidad Cuarzomonzonita.

| Numero Secuencial de Muestra | Peso Muestra (g) | N° de Fragmentos | Peso Pulverizado (g) | Recuperación (%) | CuT (%) | Mo (%) | As (ppm) | As (%) |
|------------------------------|------------------|------------------|----------------------|------------------|---------|--------|----------|--------|
| QM_1                         | 97,2             | 40               | 97,0                 | 99,79            | 0,31    | 0,013  | 15       | 0,0015 |
| QM_2                         | 103,5            | 40               | 103                  | 99,52            | 0,53    | 0,003  | 20       | 0,0020 |
| QM_3                         | 116,2            | 40               | 116                  | 99,83            | 0,44    | 0,003  | 77       | 0,0077 |
| QM_4                         | 115,2            | 40               | 114,8                | 99,65            | 0,30    | 0,005  | 20       | 0,0020 |
| QM_5                         | 99,1             | 40               | 99,0                 | 99,90            | 0,30    | 0,004  | 11       | 0,0011 |
| QM_6                         | 109,0            | 40               | 108,4                | 99,45            | 0,29    | 0,004  | 19       | 0,0019 |
| QM_7                         | 111,1            | 40               | 110,8                | 99,73            | 0,21    | 0,005  | 26       | 0,0026 |
| QM_8                         | 101,8            | 40               | 101                  | 99,21            | 0,47    | 0,010  | 5        | 0,0005 |
| QM_9                         | 105,4            | 40               | 105                  | 99,62            | 0,21    | 0,004  | 11       | 0,0011 |
| QM_10                        | 110,3            | 40               | 110                  | 99,73            | 0,28    | 0,005  | 14       | 0,0014 |
| QM_11                        | 88,3             | 40               | 88,0                 | 99,66            | 0,38    | 0,003  | 11       | 0,0011 |
| QM_12                        | 84,9             | 40               | 84,4                 | 99,41            | 0,21    | 0,007  | 22       | 0,0022 |
| QM_13                        | 95,3             | 40               | 95,0                 | 99,69            | 0,53    | 0,012  | 45       | 0,0045 |
| QM_14                        | 82,4             | 40               | 82,3                 | 99,88            | 0,41    | 0,008  | 16       | 0,0016 |
| QM_15                        | 88,9             | 40               | 87,9                 | 98,88            | 0,58    | 0,010  | 14       | 0,0014 |
| QM_16                        | 94,9             | 40               | 94,4                 | 99,47            | 0,30    | 0,005  | 25       | 0,0025 |
| QM_17                        | 86,7             | 40               | 86,7                 | 100,00           | 0,32    | 0,004  | 15       | 0,0015 |
| QM_18                        | 104,7            | 40               | 104,7                | 100,00           | 0,28    | 0,006  | 13       | 0,0013 |
| QM_19                        | 89,5             | 40               | 89,0                 | 99,44            | 0,42    | 0,003  | 14       | 0,0014 |
| QM_20                        | 98,7             | 40               | 98,6                 | 99,90            | 0,26    | 0,003  | 12       | 0,0012 |
| QM_21                        | 92,0             | 40               | 91,7                 | 99,67            | 0,33    | 0,005  | 16       | 0,0016 |
| QM_22                        | 83,4             | 40               | 83,0                 | 99,52            | 0,31    | 0,017  | 5        | 0,0005 |
| QM_23                        | 99,7             | 40               | 99,0                 | 99,30            | 0,32    | 0,004  | 16       | 0,0016 |
| QM_24                        | 105,0            | 40               | 104,6                | 99,62            | 0,23    | 0,003  | 19       | 0,0019 |
| QM_25                        | 90,7             | 40               | 90,0                 | 99,23            | 0,27    | 0,003  | 15       | 0,0015 |
| QM_26                        | 95,0             | 40               | 94,4                 | 99,37            | 0,34    | 0,002  | 14       | 0,0014 |
| QM_27                        | 92,9             | 40               | 92,3                 | 99,35            | 0,39    | 0,173  | 18       | 0,0018 |
| QM_28                        | 90,9             | 40               | 90,4                 | 99,45            | 0,60    | 0,003  | 5        | 0,0005 |
| QM_29                        | 97,3             | 40               | 97,3                 | 100,00           | 0,23    | 0,005  | 5        | 0,0005 |
| QM_30                        | 90,6             | 40               | 90,0                 | 99,34            | 0,29    | 0,002  | 5        | 0,0005 |
| QM_31                        | 93,0             | 40               | 92,5                 | 99,46            | 0,28    | 0,002  | 5        | 0,0005 |
| QM_32                        | 100,2            | 40               | 99,9                 | 99,70            | 0,41    | 0,006  | 5        | 0,0005 |
| QM_33                        | 96,8             | 40               | 96,1                 | 99,28            | 0,27    | 0,001  | 5        | 0,0005 |
| QM_34                        | 96,3             | 40               | 96,0                 | 99,69            | 0,21    | 0,003  | 5        | 0,0005 |
| QM_35                        | 100,6            | 40               | 100,3                | 99,70            | 0,30    | 0,008  | 21       | 0,0021 |
| QM_36                        | 105,2            | 40               | 105                  | 99,81            | 0,33    | 0,006  | 17       | 0,0017 |
| QM_37                        | 99,3             | 40               | 99                   | 99,70            | 0,25    | 0,002  | 18       | 0,0018 |
| QM_38                        | 98,7             | 40               | 98,7                 | 100,00           | 0,44    | 0,003  | 20       | 0,0020 |
| QM_39                        | 108,3            | 40               | 108,2                | 99,91            | 0,23    | 0,009  | 13       | 0,0013 |
| QM_40                        | 93,7             | 40               | 93,2                 | 99,47            | 0,31    | 0,003  | 5        | 0,0005 |
| QM_41                        | 97,9             | 40               | 97                   | 99,08            | 0,24    | 0,001  | 10       | 0,0010 |
| QM_42                        | 99,7             | 40               | 99,4                 | 99,70            | 0,21    | 0,003  | 5        | 0,0005 |
| QM_43                        | 99,5             | 40               | 99,5                 | 100,00           | 0,17    | 0,006  | 5        | 0,0005 |
| QM_44                        | 93,0             | 40               | 93,0                 | 100,00           | 0,18    | 0,004  | 5        | 0,0005 |
| QM_45                        | 83,0             | 40               | 82,6                 | 99,52            | 0,39    | 0,021  | 5        | 0,0005 |
| QM_46                        | 101,9            | 40               | 101,8                | 99,90            | 0,24    | 0,005  | 12       | 0,0012 |
| QM_47                        | 95,5             | 40               | 95,1                 | 99,58            | 0,80    | 0,004  | 11       | 0,0011 |
| QM_48                        | 92,4             | 40               | 92,1                 | 99,68            | 0,32    | 0,004  | 13       | 0,0013 |
| QM_49                        | 104,6            | 40               | 103,9                | 99,33            | 0,25    | 0,005  | 11       | 0,0011 |

|        |       |    |       |        |      |       |    |        |
|--------|-------|----|-------|--------|------|-------|----|--------|
| QM_50  | 98,7  | 40 | 98,5  | 99,80  | 0,37 | 0,004 | 5  | 0,0005 |
| QM_51  | 86,6  | 40 | 86,1  | 99,42  | 0,49 | 0,008 | 20 | 0,0020 |
| QM_52  | 85,2  | 40 | 84,6  | 99,30  | 0,41 | 0,001 | 5  | 0,0005 |
| QM_53  | 91,2  | 40 | 91,0  | 99,78  | 0,51 | 0,002 | 5  | 0,0005 |
| QM_54  | 101,7 | 40 | 101,7 | 100,00 | 0,24 | 0,009 | 25 | 0,0025 |
| QM_55  | 93,8  | 40 | 93,6  | 99,79  | 0,38 | 0,006 | 5  | 0,0005 |
| QM_56  | 88,0  | 40 | 88,0  | 100,00 | 0,58 | 0,003 | 16 | 0,0016 |
| QM_57  | 80,9  | 40 | 80,9  | 100,00 | 0,37 | 0,001 | 5  | 0,0005 |
| QM_58  | 94,9  | 40 | 94,6  | 99,68  | 0,38 | 0,011 | 5  | 0,0005 |
| QM_59  | 95,4  | 40 | 94,2  | 98,74  | 0,25 | 0,002 | 16 | 0,0016 |
| QM_60  | 89,7  | 40 | 89,7  | 100,00 | 0,37 | 0,003 | 14 | 0,0014 |
| QM_61  | 88,6  | 40 | 88,1  | 99,44  | 0,38 | 0,004 | 19 | 0,0019 |
| QM_62  | 96,3  | 40 | 96,3  | 100,00 | 0,40 | 0,005 | 27 | 0,0027 |
| QM_63  | 99,2  | 40 | 98,8  | 99,60  | 0,22 | 0,003 | 5  | 0,0005 |
| QM_64  | 94,3  | 40 | 94,3  | 100,00 | 0,40 | 0,006 | 21 | 0,0021 |
| QM_65  | 96,3  | 40 | 96,3  | 100,00 | 0,23 | 0,002 | 5  | 0,0005 |
| QM_66  | 83,7  | 40 | 83,5  | 99,76  | 0,26 | 0,007 | 5  | 0,0005 |
| QM_67  | 87,9  | 40 | 87,0  | 98,98  | 0,40 | 0,006 | 5  | 0,0005 |
| QM_68  | 92,8  | 40 | 92,5  | 99,68  | 0,32 | 0,003 | 11 | 0,0011 |
| QM_69  | 97,6  | 40 | 97,4  | 99,80  | 0,30 | 0,005 | 5  | 0,0005 |
| QM_70  | 101,1 | 40 | 101,0 | 99,90  | 0,48 | 0,003 | 5  | 0,0005 |
| QM_71  | 89,8  | 40 | 89,4  | 99,55  | 0,29 | 0,003 | 11 | 0,0011 |
| QM_72  | 95,4  | 40 | 95,4  | 100,00 | 0,24 | 0,003 | 16 | 0,0016 |
| QM_73  | 95,5  | 40 | 95,5  | 100,00 | 0,29 | 0,022 | 5  | 0,0005 |
| QM_74  | 92,4  | 40 | 92,2  | 99,78  | 0,30 | 0,003 | 15 | 0,0015 |
| QM_75  | 90,6  | 40 | 90,4  | 99,78  | 0,29 | 0,003 | 5  | 0,0005 |
| QM_76  | 93,3  | 40 | 93,2  | 99,89  | 0,18 | 0,056 | 5  | 0,0005 |
| QM_77  | 84,5  | 40 | 83,6  | 98,93  | 0,29 | 0,007 | 15 | 0,0015 |
| QM_78  | 90,4  | 40 | 90,3  | 99,89  | 0,38 | 0,003 | 5  | 0,0005 |
| QM_79  | 85,2  | 40 | 84,9  | 99,65  | 0,31 | 0,012 | 5  | 0,0005 |
| QM_80  | 82,7  | 40 | 82,2  | 99,40  | 0,27 | 0,003 | 5  | 0,0005 |
| QM_81  | 86,9  | 40 | 86,5  | 99,54  | 0,33 | 0,008 | 5  | 0,0005 |
| QM_82  | 90,7  | 40 | 90,0  | 99,23  | 0,22 | 0,004 | 21 | 0,0021 |
| QM_83  | 91,6  | 40 | 91,5  | 99,89  | 0,22 | 0,004 | 11 | 0,0011 |
| QM_84  | 83,6  | 40 | 83,4  | 99,76  | 0,35 | 0,005 | 13 | 0,0013 |
| QM_85  | 83,9  | 40 | 83,3  | 99,28  | 0,28 | 0,011 | 45 | 0,0045 |
| QM_86  | 92,7  | 40 | 92,4  | 99,68  | 0,47 | 0,010 | 13 | 0,0013 |
| QM_87  | 88,3  | 40 | 88,2  | 99,89  | 0,40 | 0,012 | 25 | 0,0025 |
| QM_88  | 91,0  | 40 | 91,0  | 100,00 | 0,26 | 0,007 | 5  | 0,0005 |
| QM_89  | 92,7  | 40 | 92,0  | 99,24  | 0,51 | 0,007 | 5  | 0,0005 |
| QM_90  | 99,8  | 40 | 99,8  | 100,00 | 0,29 | 0,004 | 15 | 0,0015 |
| QM_91  | 97,8  | 40 | 97,8  | 100,00 | 0,38 | 0,003 | 28 | 0,0028 |
| QM_92  | 92,0  | 40 | 91,7  | 99,67  | 0,32 | 0,004 | 22 | 0,0022 |
| QM_93  | 116,1 | 40 | 116,1 | 100,00 | 0,31 | 0,002 | 30 | 0,0030 |
| QM_94  | 96,3  | 40 | 96,1  | 99,79  | 0,26 | 0,010 | 32 | 0,0032 |
| QM_95  | 97,7  | 40 | 97,6  | 99,90  | 0,60 | 0,010 | 54 | 0,0054 |
| QM_96  | 94,9  | 40 | 94,7  | 99,79  | 0,30 | 0,009 | 5  | 0,0005 |
| QM_97  | 105,5 | 40 | 105,5 | 100,00 | 0,33 | 0,003 | 16 | 0,0016 |
| QM_98  | 99,0  | 40 | 98,9  | 99,90  | 0,24 | 0,006 | 23 | 0,0023 |
| QM_99  | 97,5  | 40 | 97,1  | 99,59  | 0,71 | 0,003 | 5  | 0,0005 |
| QM_100 | 102,7 | 40 | 101,9 | 99,22  | 0,51 | 0,003 | 5  | 0,0005 |

**Tabla 60:** Resultados químicos y de peso de las 100 muestras de la fracción B para la Unidad Brecha Donoso.

| Numero Secuencial de Muestra | Peso Muestra (g) | N° de Fragmentos | Peso Pulverizado (g) | Recuperación (%) | CuT (%) | Mo (%) | As (ppm) | As (%) |
|------------------------------|------------------|------------------|----------------------|------------------|---------|--------|----------|--------|
| BXD_1                        | 109,5            | 40               | 108,6                | 99,18            | 0,85    | 0,001  | 14       | 0,0014 |
| BXD_2                        | 112,4            | 40               | 112,1                | 99,73            | 1,68    | 0,002  | 14       | 0,0014 |
| BXD_3                        | 116,1            | 40               | 115,4                | 99,40            | 1,21    | 0,005  | 5        | 0,0005 |
| BXD_4                        | 112,5            | 40               | 111,6                | 99,20            | 1,79    | 0,003  | 31       | 0,0031 |
| BXD_5                        | 108,1            | 40               | 107,8                | 99,72            | 2,23    | 0,005  | 5        | 0,0005 |
| BXD_6                        | 101,4            | 40               | 101,3                | 99,90            | 0,87    | 0,012  | 12       | 0,0012 |
| BXD_7                        | 115,3            | 40               | 115,0                | 99,74            | 0,78    | 0,003  | 46       | 0,0046 |
| BXD_8                        | 108,4            | 40               | 108,2                | 99,82            | 0,74    | 0,005  | 5        | 0,0005 |
| BXD_9                        | 105,6            | 40               | 105,4                | 99,81            | 1,07    | 0,002  | 11       | 0,0011 |
| BXD_10                       | 120,9            | 40               | 120,4                | 99,59            | 1,67    | 0,004  | 25       | 0,0025 |
| BXD_11                       | 99,8             | 40               | 99,4                 | 99,60            | 2,46    | 0,006  | 11       | 0,0011 |
| BXD_12                       | 104,7            | 40               | 104,1                | 99,43            | 1,07    | 0,003  | 21       | 0,0021 |
| BXD_13                       | 106,2            | 40               | 105,8                | 99,62            | 1,65    | 0,005  | 15       | 0,0015 |
| BXD_14                       | 100,7            | 40               | 100,4                | 99,70            | 1,17    | 0,004  | 18       | 0,0018 |
| BXD_15                       | 102,4            | 40               | 101,1                | 98,73            | 0,97    | 0,004  | 12       | 0,0012 |
| BXD_16                       | 98,7             | 40               | 98,5                 | 99,80            | 0,75    | 0,003  | 20       | 0,0020 |
| BXD_17                       | 105,2            | 40               | 105,1                | 99,90            | 1,39    | 0,003  | 18       | 0,0018 |
| BXD_18                       | 104,0            | 40               | 103,4                | 99,42            | 0,56    | 0,002  | 5        | 0,0005 |
| BXD_19                       | 112,8            | 40               | 112,3                | 99,56            | 1,28    | 0,004  | 18       | 0,0018 |
| BXD_20                       | 103,6            | 40               | 102,9                | 99,32            | 0,93    | 0,004  | 5        | 0,0005 |
| BXD_21                       | 107,6            | 40               | 106,2                | 98,70            | 0,68    | 0,002  | 15       | 0,0015 |
| BXD_22                       | 108,7            | 40               | 108,2                | 99,54            | 1,33    | 0,003  | 5        | 0,0005 |
| BXD_23                       | 109,0            | 40               | 108,8                | 99,82            | 0,86    | 0,003  | 5        | 0,0005 |
| BXD_24                       | 108,1            | 40               | 106,3                | 98,33            | 2,09    | 0,009  | 5        | 0,0005 |
| BXD_25                       | 104,8            | 40               | 104,4                | 99,62            | 1,14    | 0,003  | 17       | 0,0017 |
| BXD_26                       | 110,5            | 40               | 110,3                | 99,82            | 0,98    | 0,003  | 12       | 0,0012 |
| BXD_27                       | 107,1            | 40               | 106,6                | 99,53            | 0,67    | 0,001  | 5        | 0,0005 |
| BXD_28                       | 100,2            | 40               | 99,4                 | 99,20            | 1,05    | 0,002  | 5        | 0,0005 |
| BXD_29                       | 105,8            | 40               | 105,5                | 99,72            | 2,16    | 0,005  | 22       | 0,0022 |
| BXD_30                       | 109,9            | 40               | 109,4                | 99,55            | 0,76    | 0,005  | 14       | 0,0014 |
| BXD_31                       | 108,4            | 40               | 107,9                | 99,54            | 1,08    | 0,005  | 5        | 0,0005 |
| BXD_32                       | 98,5             | 40               | 97,8                 | 99,29            | 1,26    | 0,006  | 17       | 0,0017 |
| BXD_33                       | 116,2            | 40               | 115,9                | 99,74            | 0,85    | 0,004  | 5        | 0,0005 |
| BXD_34                       | 108,9            | 40               | 108,2                | 99,36            | 1,26    | 0,010  | 15       | 0,0015 |
| BXD_35                       | 98,3             | 40               | 97,3                 | 98,98            | 0,93    | 0,005  | 18       | 0,0018 |
| BXD_36                       | 99,0             | 40               | 98,5                 | 99,49            | 1,37    | 0,007  | 12       | 0,0012 |
| BXD_37                       | 105,0            | 40               | 104,2                | 99,24            | 0,91    | 0,006  | 13       | 0,0013 |
| BXD_38                       | 109,5            | 40               | 108,9                | 99,45            | 0,42    | 0,003  | 5        | 0,0005 |
| BXD_39                       | 102,2            | 40               | 101,6                | 99,41            | 0,55    | 0,003  | 5        | 0,0005 |
| BXD_40                       | 104,2            | 40               | 103,7                | 99,52            | 1,30    | 0,003  | 13       | 0,0013 |
| BXD_41                       | 101,8            | 40               | 101,4                | 99,61            | 0,95    | 0,004  | 5        | 0,0005 |
| BXD_42                       | 102,2            | 40               | 101,8                | 99,61            | 1,46    | 0,007  | 5        | 0,0005 |
| BXD_43                       | 100,9            | 40               | 100,4                | 99,50            | 0,97    | 0,003  | 5        | 0,0005 |
| BXD_44                       | 110,8            | 40               | 109,8                | 99,10            | 0,76    | 0,002  | 5        | 0,0005 |
| BXD_45                       | 103,1            | 40               | 102,7                | 99,61            | 1,73    | 0,005  | 17       | 0,0017 |
| BXD_46                       | 108,2            | 40               | 107,8                | 99,63            | 0,53    | 0,006  | 17       | 0,0017 |
| BXD_47                       | 104,0            | 40               | 103,1                | 99,13            | 1,01    | 0,003  | 14       | 0,0014 |
| BXD_48                       | 102,5            | 40               | 101,9                | 99,41            | 0,68    | 0,005  | 5        | 0,0005 |
| BXD_49                       | 107,4            | 40               | 107,2                | 99,81            | 0,36    | 0,002  | 11       | 0,0011 |

|         |       |    |       |        |      |       |    |        |
|---------|-------|----|-------|--------|------|-------|----|--------|
| BXD_50  | 105,6 | 40 | 105,1 | 99,53  | 0,45 | 0,002 | 5  | 0,0005 |
| BXD_51  | 102,6 | 40 | 102,4 | 99,81  | 0,75 | 0,004 | 5  | 0,0005 |
| BXD_52  | 105,1 | 40 | 104,9 | 99,81  | 0,76 | 0,005 | 5  | 0,0005 |
| BXD_53  | 105,6 | 40 | 105,4 | 99,81  | 1,37 | 0,003 | 5  | 0,0005 |
| BXD_54  | 101,0 | 40 | 100,7 | 99,70  | 1,06 | 0,006 | 10 | 0,0010 |
| BXD_55  | 105,7 | 40 | 105,5 | 99,81  | 1,10 | 0,005 | 5  | 0,0005 |
| BXD_56  | 102,0 | 40 | 101,8 | 99,80  | 0,39 | 0,003 | 5  | 0,0005 |
| BXD_57  | 103,6 | 40 | 103,4 | 99,81  | 0,79 | 0,002 | 5  | 0,0005 |
| BXD_58  | 102,8 | 40 | 101,9 | 99,12  | 1,10 | 0,004 | 5  | 0,0005 |
| BXD_59  | 108,8 | 40 | 108,1 | 99,36  | 1,04 | 0,002 | 5  | 0,0005 |
| BXD_60  | 101,3 | 40 | 101,0 | 99,70  | 1,07 | 0,003 | 5  | 0,0005 |
| BXD_61  | 100,9 | 40 | 100,7 | 99,80  | 1,25 | 0,004 | 5  | 0,0005 |
| BXD_62  | 101,6 | 40 | 100,8 | 99,21  | 0,75 | 0,006 | 5  | 0,0005 |
| BXD_63  | 101,0 | 40 | 100,8 | 99,80  | 1,42 | 0,003 | 5  | 0,0005 |
| BXD_64  | 98,6  | 40 | 98,6  | 100,00 | 1,47 | 0,004 | 5  | 0,0005 |
| BXD_65  | 100,0 | 40 | 99,8  | 99,80  | 1,63 | 0,003 | 5  | 0,0005 |
| BXD_66  | 100,1 | 40 | 99,8  | 99,70  | 0,63 | 0,003 | 5  | 0,0005 |
| BXD_67  | 97,4  | 40 | 97,3  | 99,90  | 0,72 | 0,001 | 5  | 0,0005 |
| BXD_68  | 97,1  | 40 | 96,6  | 99,49  | 0,89 | 0,004 | 10 | 0,0010 |
| BXD_69  | 102,7 | 40 | 102,5 | 99,81  | 1,24 | 0,004 | 21 | 0,0021 |
| BXD_70  | 110,8 | 40 | 110,6 | 99,82  | 0,73 | 0,004 | 5  | 0,0005 |
| BXD_71  | 104,5 | 40 | 104,2 | 99,71  | 1,30 | 0,003 | 11 | 0,0011 |
| BXD_72  | 107,9 | 40 | 107,3 | 99,44  | 0,91 | 0,010 | 22 | 0,0022 |
| BXD_73  | 97,3  | 40 | 97,1  | 99,79  | 0,79 | 0,002 | 5  | 0,0005 |
| BXD_74  | 106,2 | 40 | 106,0 | 99,81  | 1,31 | 0,004 | 5  | 0,0005 |
| BXD_75  | 101,6 | 40 | 101,4 | 99,80  | 0,88 | 0,003 | 5  | 0,0005 |
| BXD_76  | 106,9 | 40 | 106,8 | 99,91  | 0,91 | 0,003 | 5  | 0,0005 |
| BXD_77  | 98,3  | 40 | 98,0  | 99,69  | 0,88 | 0,003 | 5  | 0,0005 |
| BXD_78  | 103,9 | 40 | 103,8 | 99,90  | 0,48 | 0,001 | 15 | 0,0015 |
| BXD_79  | 105,7 | 40 | 105,6 | 99,91  | 1,37 | 0,001 | 11 | 0,0011 |
| BXD_80  | 101,0 | 40 | 100,8 | 99,80  | 0,68 | 0,001 | 5  | 0,0005 |
| BXD_81  | 100,9 | 40 | 100,0 | 99,11  | 0,71 | 0,001 | 5  | 0,0005 |
| BXD_82  | 111,8 | 40 | 111,0 | 99,28  | 1,10 | 0,001 | 11 | 0,0011 |
| BXD_83  | 97,4  | 40 | 97,2  | 99,79  | 0,66 | 0,001 | 5  | 0,0005 |
| BXD_84  | 98,4  | 40 | 98,0  | 99,59  | 0,85 | 0,003 | 19 | 0,0019 |
| BXD_85  | 101,1 | 40 | 100,5 | 99,41  | 1,12 | 0,001 | 16 | 0,0016 |
| BXD_86  | 108,2 | 40 | 108,0 | 99,82  | 0,77 | 0,001 | 5  | 0,0005 |
| BXD_87  | 102,4 | 40 | 102,1 | 99,71  | 0,70 | 0,001 | 18 | 0,0018 |
| BXD_88  | 97,4  | 40 | 97,4  | 100,00 | 0,64 | 0,004 | 34 | 0,0034 |
| BXD_89  | 100,9 | 40 | 100,0 | 99,11  | 0,41 | 0,001 | 5  | 0,0005 |
| BXD_90  | 100,8 | 40 | 100,0 | 99,21  | 0,78 | 0,001 | 5  | 0,0005 |
| BXD_91  | 98,8  | 40 | 98,5  | 99,70  | 1,43 | 0,003 | 5  | 0,0005 |
| BXD_92  | 98,3  | 40 | 98,2  | 99,90  | 1,70 | 0,001 | 5  | 0,0005 |
| BXD_93  | 109,0 | 40 | 108,7 | 99,72  | 0,84 | 0,003 | 12 | 0,0012 |
| BXD_94  | 102,0 | 40 | 101,4 | 99,41  | 0,49 | 0,001 | 5  | 0,0005 |
| BXD_95  | 102,1 | 40 | 101,8 | 99,71  | 1,05 | 0,003 | 5  | 0,0005 |
| BXD_96  | 98,4  | 40 | 98,4  | 100,00 | 1,43 | 0,004 | 5  | 0,0005 |
| BXD_97  | 113,1 | 40 | 113,0 | 99,91  | 1,12 | 0,007 | 5  | 0,0005 |
| BXD_98  | 102,7 | 40 | 102,4 | 99,71  | 0,98 | 0,001 | 16 | 0,0016 |
| BXD_99  | 102,2 | 40 | 101,7 | 99,51  | 0,79 | 0,001 | 5  | 0,0005 |
| BXD_100 | 108,2 | 40 | 108,0 | 99,82  | 0,57 | 0,002 | 5  | 0,0005 |

**Tabla 61:** Resultados químicos y de peso de las 100 muestras de la fracción B para el grupo brechas centro.

| Numero Secuencial de Muestra | Peso Muestra (g) | N° de Fragmentos | Peso Pulverizado (g) | Recuperación (%) | CuT (%) | Mo (%) | As (ppm) | As (%) |
|------------------------------|------------------|------------------|----------------------|------------------|---------|--------|----------|--------|
| BXC_1                        | 98,3             | 40               | 97,7                 | 99,39            | 0,29    | 0,016  | 34       | 0,0034 |
| BXC_2                        | 92,2             | 40               | 92,1                 | 99,89            | 0,45    | 0,017  | 19       | 0,0019 |
| BXC_3                        | 101,9            | 40               | 101,9                | 100,00           | 0,46    | 0,004  | 32       | 0,0032 |
| BXC_4                        | 103,4            | 40               | 103,3                | 99,90            | 0,36    | 0,007  | 35       | 0,0035 |
| BXC_5                        | 100,9            | 40               | 100,9                | 100,00           | 0,59    | 0,009  | 110      | 0,0110 |
| BXC_6                        | 111,6            | 40               | 110,9                | 99,37            | 0,33    | 0,016  | 5        | 0,0005 |
| BXC_7                        | 97,8             | 40               | 97,5                 | 99,69            | 0,34    | 0,013  | 13       | 0,0013 |
| BXC_8                        | 86,8             | 40               | 86,6                 | 99,77            | 0,47    | 0,017  | 5        | 0,0005 |
| BXC_9                        | 89,9             | 40               | 89,5                 | 99,56            | 0,37    | 0,009  | 21       | 0,0021 |
| BXC_10                       | 90,2             | 40               | 90,1                 | 99,89            | 0,38    | 0,033  | 13       | 0,0013 |
| BXC_11                       | 108,4            | 40               | 107,9                | 99,54            | 0,32    | 0,011  | 27       | 0,0027 |
| BXC_12                       | 102,0            | 40               | 102,0                | 100,00           | 0,35    | 0,034  | 5        | 0,0005 |
| BXC_13                       | 97,9             | 40               | 97,0                 | 99,08            | 0,30    | 0,011  | 16       | 0,0016 |
| BXC_14                       | 108,6            | 40               | 108,4                | 99,82            | 0,44    | 0,008  | 65       | 0,0065 |
| BXC_15                       | 97,9             | 40               | 97,7                 | 99,80            | 0,24    | 0,020  | 20       | 0,0020 |
| BXC_16                       | 91,0             | 40               | 90,5                 | 99,45            | 0,48    | 0,012  | 16       | 0,0016 |
| BXC_17                       | 93,8             | 40               | 92,7                 | 98,83            | 0,42    | 0,015  | 5        | 0,0005 |
| BXC_18                       | 93,1             | 40               | 93,0                 | 99,89            | 0,35    | 0,008  | 27       | 0,0027 |
| BXC_19                       | 96,4             | 40               | 96,3                 | 99,90            | 0,31    | 0,029  | 19       | 0,0019 |
| BXC_20                       | 94,7             | 40               | 94,7                 | 100,00           | 0,33    | 0,024  | 15       | 0,0015 |
| BXC_21                       | 90,6             | 40               | 90,1                 | 99,45            | 0,35    | 0,016  | 89       | 0,0089 |
| BXC_22                       | 98,4             | 40               | 98,3                 | 99,90            | 0,38    | 0,010  | 15       | 0,0015 |
| BXC_23                       | 85,5             | 40               | 85,2                 | 99,65            | 0,35    | 0,010  | 25       | 0,0025 |
| BXC_24                       | 96,9             | 40               | 96,4                 | 99,48            | 0,52    | 0,030  | 30       | 0,0030 |
| BXC_25                       | 98,9             | 40               | 98,6                 | 99,70            | 0,36    | 0,019  | 12       | 0,0012 |
| BXC_26                       | 90,4             | 40               | 90,3                 | 99,89            | 0,37    | 0,021  | 19       | 0,0019 |
| BXC_27                       | 103,1            | 40               | 102,8                | 99,71            | 0,57    | 0,009  | 5        | 0,0005 |
| BXC_28                       | 107,4            | 40               | 106,4                | 99,07            | 0,45    | 0,026  | 20       | 0,0020 |
| BXC_29                       | 94,2             | 40               | 93,6                 | 99,36            | 0,66    | 0,013  | 25       | 0,0025 |
| BXC_30                       | 94,8             | 40               | 94,5                 | 99,68            | 0,36    | 0,018  | 19       | 0,0019 |
| BXC_31                       | 100,2            | 40               | 100,0                | 99,80            | 0,44    | 0,023  | 26       | 0,0026 |
| BXC_32                       | 96,1             | 40               | 95,5                 | 99,38            | 0,41    | 0,018  | 48       | 0,0048 |
| BXC_33                       | 100,3            | 40               | 100,0                | 99,70            | 0,50    | 0,020  | 46       | 0,0046 |
| BXC_34                       | 91,5             | 40               | 90,5                 | 98,91            | 0,65    | 0,008  | 36       | 0,0036 |
| BXC_35                       | 95,8             | 40               | 95,6                 | 99,79            | 0,48    | 0,012  | 23       | 0,0023 |
| BXC_36                       | 93,9             | 40               | 92,8                 | 98,83            | 0,59    | 0,023  | 44       | 0,0044 |
| BXC_37                       | 87,3             | 40               | 87,1                 | 99,77            | 0,77    | 0,031  | 24       | 0,0024 |
| BXC_38                       | 87,6             | 40               | 87,4                 | 99,77            | 0,27    | 0,027  | 5        | 0,0005 |
| BXC_39                       | 94,9             | 40               | 94,8                 | 99,89            | 0,52    | 0,053  | 23       | 0,0023 |
| BXC_40                       | 95,2             | 40               | 95,0                 | 99,79            | 0,44    | 0,018  | 26       | 0,0026 |
| BXC_41                       | 105,2            | 40               | 105,1                | 99,90            | 0,54    | 0,012  | 31       | 0,0031 |
| BXC_42                       | 94,4             | 40               | 94,1                 | 99,68            | 0,43    | 0,008  | 5        | 0,0005 |
| BXC_43                       | 100,8            | 40               | 100,7                | 99,90            | 0,47    | 0,018  | 23       | 0,0023 |
| BXC_44                       | 96,5             | 40               | 96,4                 | 99,90            | 0,39    | 0,019  | 36       | 0,0036 |
| BXC_45                       | 96,4             | 40               | 96,3                 | 99,90            | 0,53    | 0,021  | 20       | 0,0020 |
| BXC_46                       | 91,2             | 40               | 91,0                 | 99,78            | 0,52    | 0,014  | 23       | 0,0023 |
| BXC_47                       | 94,0             | 40               | 93,7                 | 99,68            | 0,61    | 0,013  | 33       | 0,0033 |
| BXC_48                       | 97,6             | 40               | 97,5                 | 99,90            | 0,43    | 0,021  | 22       | 0,0022 |
| BXC_49                       | 87,1             | 40               | 87,0                 | 99,89            | 0,48    | 0,013  | 34       | 0,0034 |

|         |       |    |       |        |      |       |     |        |
|---------|-------|----|-------|--------|------|-------|-----|--------|
| BXC_50  | 89,8  | 40 | 89,6  | 99,78  | 0,91 | 0,023 | 54  | 0,0054 |
| BXC_51  | 99,3  | 40 | 98,8  | 99,50  | 0,45 | 0,010 | 18  | 0,0018 |
| BXC_52  | 89,3  | 40 | 89,0  | 99,66  | 0,38 | 0,022 | 29  | 0,0029 |
| BXC_53  | 109,8 | 40 | 109,0 | 99,27  | 0,44 | 0,016 | 27  | 0,0027 |
| BXC_54  | 92,7  | 40 | 92,2  | 99,46  | 0,32 | 0,027 | 13  | 0,0013 |
| BXC_55  | 88,5  | 40 | 88,4  | 99,89  | 0,31 | 0,019 | 12  | 0,0012 |
| BXC_56  | 96,8  | 40 | 96,4  | 99,59  | 0,53 | 0,031 | 16  | 0,0016 |
| BXC_57  | 90,8  | 40 | 90,5  | 99,67  | 0,43 | 0,032 | 16  | 0,0016 |
| BXC_58  | 101,9 | 40 | 101,0 | 99,12  | 0,47 | 0,019 | 15  | 0,0015 |
| BXC_59  | 96,1  | 40 | 96,0  | 99,90  | 0,59 | 0,014 | 5   | 0,0005 |
| BXC_60  | 94,8  | 40 | 94,3  | 99,47  | 0,40 | 0,014 | 19  | 0,0019 |
| BXC_61  | 97,4  | 40 | 97,4  | 100,00 | 0,42 | 0,013 | 27  | 0,0027 |
| BXC_62  | 99,8  | 40 | 99,6  | 99,80  | 0,31 | 0,013 | 18  | 0,0018 |
| BXC_63  | 86,3  | 40 | 86,0  | 99,65  | 0,42 | 0,012 | 5   | 0,0005 |
| BXC_64  | 95,6  | 40 | 95,4  | 99,79  | 0,59 | 0,060 | 24  | 0,0024 |
| BXC_65  | 95,7  | 40 | 95,2  | 99,48  | 0,43 | 0,040 | 28  | 0,0028 |
| BXC_66  | 93,3  | 40 | 93,2  | 99,89  | 0,31 | 0,013 | 94  | 0,0094 |
| BXC_67  | 85,0  | 40 | 84,6  | 99,53  | 0,49 | 0,019 | 55  | 0,0055 |
| BXC_68  | 96,1  | 40 | 95,7  | 99,58  | 0,54 | 0,009 | 16  | 0,0016 |
| BXC_69  | 85,9  | 40 | 85,3  | 99,30  | 0,60 | 0,016 | 5   | 0,0005 |
| BXC_70  | 89,4  | 40 | 88,8  | 99,33  | 0,35 | 0,013 | 32  | 0,0032 |
| BXC_71  | 87,0  | 40 | 86,4  | 99,31  | 0,41 | 0,016 | 18  | 0,0018 |
| BXC_72  | 86,8  | 40 | 86,5  | 99,65  | 0,41 | 0,009 | 14  | 0,0014 |
| BXC_73  | 93,5  | 40 | 93,1  | 99,57  | 0,39 | 0,008 | 5   | 0,0005 |
| BXC_74  | 108,6 | 40 | 107,9 | 99,36  | 0,34 | 0,007 | 18  | 0,0018 |
| BXC_75  | 97,6  | 40 | 97,5  | 99,90  | 0,36 | 0,017 | 5   | 0,0005 |
| BXC_76  | 100,6 | 40 | 100,1 | 99,50  | 0,53 | 0,020 | 16  | 0,0016 |
| BXC_77  | 93,1  | 40 | 93,0  | 99,89  | 0,32 | 0,016 | 22  | 0,0022 |
| BXC_78  | 98,4  | 40 | 98,3  | 99,90  | 0,57 | 0,016 | 38  | 0,0038 |
| BXC_79  | 84,8  | 40 | 84,6  | 99,76  | 0,41 | 0,018 | 22  | 0,0022 |
| BXC_80  | 88,0  | 40 | 87,5  | 99,43  | 0,34 | 0,013 | 31  | 0,0031 |
| BXC_81  | 92,3  | 40 | 92,3  | 100,00 | 0,47 | 0,007 | 11  | 0,0011 |
| BXC_82  | 88,0  | 40 | 87,8  | 99,77  | 0,56 | 0,019 | 217 | 0,0217 |
| BXC_83  | 88,1  | 40 | 87,5  | 99,32  | 0,47 | 0,011 | 39  | 0,0039 |
| BXC_84  | 92,4  | 40 | 92,0  | 99,57  | 0,50 | 0,015 | 15  | 0,0015 |
| BXC_85  | 86,7  | 40 | 86,0  | 99,19  | 0,44 | 0,018 | 23  | 0,0023 |
| BXC_86  | 92,8  | 40 | 92,0  | 99,14  | 0,42 | 0,021 | 42  | 0,0042 |
| BXC_87  | 87,0  | 40 | 86,7  | 99,66  | 0,43 | 0,012 | 19  | 0,0019 |
| BXC_88  | 86,2  | 40 | 86,0  | 99,77  | 0,64 | 0,018 | 622 | 0,0622 |
| BXC_89  | 86,0  | 40 | 85,7  | 99,65  | 0,52 | 0,029 | 22  | 0,0022 |
| BXC_90  | 90,4  | 40 | 90,0  | 99,56  | 0,40 | 0,040 | 20  | 0,0020 |
| BXC_91  | 87,9  | 40 | 87,5  | 99,54  | 0,40 | 0,011 | 17  | 0,0017 |
| BXC_92  | 86,2  | 40 | 86,0  | 99,77  | 0,36 | 0,059 | 18  | 0,0018 |
| BXC_93  | 90,4  | 40 | 90,3  | 99,89  | 0,64 | 0,053 | 37  | 0,0037 |
| BXC_94  | 88,6  | 40 | 88,3  | 99,66  | 0,46 | 0,016 | 22  | 0,0022 |
| BXC_95  | 88,7  | 40 | 86,2  | 97,18  | 0,58 | 0,096 | 19  | 0,0019 |
| BXC_96  | 84,8  | 40 | 84,5  | 99,65  | 0,38 | 0,026 | 5   | 0,0005 |
| BXC_97  | 86,6  | 40 | 86,0  | 99,31  | 0,54 | 0,021 | 26  | 0,0026 |
| BXC_98  | 89,3  | 40 | 89,0  | 99,66  | 0,39 | 0,021 | 17  | 0,0017 |
| BXC_99  | 86,7  | 40 | 86,5  | 99,77  | 0,53 | 0,024 | 17  | 0,0017 |
| BXC_100 | 86,8  | 40 | 86,6  | 99,77  | 0,43 | 0,070 | 26  | 0,0026 |

**Tabla 62:** Resultados químicos y de peso de las 100 muestras de la fracción B para el grupo brechas sur.

| Numero Secuencial de Muestra | Peso Muestra (g) | N° de Fragmentos | Peso Pulverizado (g) | Recuperación (%) | CuT (%) | Mo (%) | As (ppm) | As (%) |
|------------------------------|------------------|------------------|----------------------|------------------|---------|--------|----------|--------|
| BXS_1                        | 105,80           | 40               | 105,60               | 99,81            | 0,27    | 0,012  | 10       | 0,0010 |
| BXS_2                        | 111,40           | 40               | 111,00               | 99,64            | 0,41    | 0,011  | 5        | 0,0005 |
| BXS_3                        | 113,30           | 40               | 113,00               | 99,74            | 0,37    | 0,025  | 117      | 0,0117 |
| BXS_4                        | 108,30           | 40               | 107,00               | 98,80            | 0,43    | 0,020  | 5        | 0,0005 |
| BXS_5                        | 99,00            | 40               | 98,00                | 98,99            | 0,31    | 0,009  | 97       | 0,0097 |
| BXS_6                        | 109,80           | 40               | 108,90               | 99,18            | 0,45    | 0,008  | 5        | 0,0005 |
| BXS_7                        | 115,30           | 40               | 115,00               | 99,74            | 0,35    | 0,013  | 17       | 0,0017 |
| BXS_8                        | 109,60           | 40               | 109,00               | 99,45            | 0,37    | 0,011  | 20       | 0,0020 |
| BXS_9                        | 108,50           | 40               | 107,90               | 99,45            | 0,49    | 0,022  | 5        | 0,0005 |
| BXS_10                       | 103,90           | 40               | 102,10               | 98,27            | 0,43    | 0,005  | 99       | 0,0099 |
| BXS_11                       | 103,00           | 40               | 102,10               | 99,13            | 0,49    | 0,010  | 53       | 0,0053 |
| BXS_12                       | 112,10           | 40               | 112,00               | 99,91            | 0,35    | 0,021  | 5        | 0,0005 |
| BXS_13                       | 111,20           | 40               | 110,30               | 99,19            | 0,63    | 0,011  | 5        | 0,0005 |
| BXS_14                       | 115,30           | 40               | 115,00               | 99,74            | 0,73    | 0,014  | 152      | 0,0152 |
| BXS_15                       | 118,60           | 40               | 117,90               | 99,41            | 0,54    | 0,016  | 20       | 0,0020 |
| BXS_16                       | 106,50           | 40               | 106,40               | 99,91            | 0,71    | 0,012  | 5        | 0,0005 |
| BXS_17                       | 113,00           | 40               | 112,90               | 99,91            | 0,41    | 0,008  | 5        | 0,0005 |
| BXS_18                       | 104,60           | 40               | 104,20               | 99,62            | 0,41    | 0,015  | 54       | 0,0054 |
| BXS_19                       | 105,50           | 40               | 105,40               | 99,91            | 0,63    | 0,029  | 56       | 0,0056 |
| BXS_20                       | 96,80            | 40               | 96,00                | 99,17            | 0,42    | 0,009  | 22       | 0,0022 |
| BXS_21                       | 93,80            | 40               | 93,30                | 99,47            | 0,28    | 0,015  | 31       | 0,0031 |
| BXS_22                       | 96,90            | 40               | 96,50                | 99,59            | 0,60    | 0,010  | 122      | 0,0122 |
| BXS_23                       | 95,50            | 40               | 94,90                | 99,37            | 0,46    | 0,013  | 15       | 0,0015 |
| BXS_24                       | 98,10            | 40               | 97,80                | 99,69            | 0,59    | 0,008  | 14       | 0,0014 |
| BXS_25                       | 100,20           | 40               | 98,30                | 98,10            | 0,60    | 0,011  | 5        | 0,0005 |
| BXS_26                       | 103,00           | 40               | 102,30               | 99,32            | 0,29    | 0,019  | 107      | 0,0107 |
| BXS_27                       | 104,70           | 40               | 104,20               | 99,52            | 0,41    | 0,014  | 5        | 0,0005 |
| BXS_28                       | 102,60           | 40               | 102,00               | 99,42            | 0,41    | 0,017  | 77       | 0,0077 |
| BXS_29                       | 87,30            | 40               | 87,10                | 99,77            | 0,48    | 0,011  | 13       | 0,0013 |
| BXS_30                       | 95,60            | 40               | 95,00                | 99,37            | 0,33    | 0,005  | 19       | 0,0019 |
| BXS_31                       | 98,70            | 40               | 97,70                | 98,99            | 0,44    | 0,001  | 5        | 0,0005 |
| BXS_32                       | 86,10            | 40               | 85,80                | 99,65            | 0,39    | 0,025  | 13       | 0,0013 |
| BXS_33                       | 94,60            | 40               | 93,20                | 98,52            | 0,48    | 0,020  | 52       | 0,0052 |
| BXS_34                       | 86,80            | 40               | 85,40                | 98,39            | 0,50    | 0,025  | 5        | 0,0005 |
| BXS_35                       | 98,80            | 40               | 98,50                | 99,70            | 0,66    | 0,007  | 5        | 0,0005 |
| BXS_36                       | 98,10            | 40               | 98,10                | 100,00           | 0,33    | 0,010  | 13       | 0,0013 |
| BXS_37                       | 102,50           | 40               | 102,50               | 100,00           | 0,32    | 0,008  | 11       | 0,0011 |
| BXS_38                       | 96,20            | 40               | 95,70                | 99,48            | 0,37    | 0,045  | 89       | 0,0089 |
| BXS_39                       | 98,00            | 40               | 97,20                | 99,18            | 0,43    | 0,012  | 5        | 0,0005 |
| BXS_40                       | 96,30            | 40               | 95,70                | 99,38            | 0,50    | 0,008  | 26       | 0,0026 |
| BXS_41                       | 78,10            | 40               | 77,80                | 99,62            | 0,64    | 0,015  | 5        | 0,0005 |
| BXS_42                       | 82,10            | 40               | 81,70                | 99,51            | 0,54    | 0,021  | 5        | 0,0005 |
| BXS_43                       | 87,50            | 40               | 86,00                | 98,29            | 0,35    | 0,014  | 63       | 0,0063 |
| BXS_44                       | 79,80            | 40               | 79,80                | 100,00           | 0,40    | 0,019  | 17       | 0,0017 |
| BXS_45                       | 98,60            | 40               | 98,10                | 99,49            | 0,55    | 0,010  | 71       | 0,0071 |
| BXS_46                       | 112,60           | 40               | 112,00               | 99,47            | 0,36    | 0,011  | 24       | 0,0024 |
| BXS_47                       | 93,40            | 40               | 93,20                | 99,79            | 0,55    | 0,007  | 37       | 0,0037 |
| BXS_48                       | 99,20            | 40               | 99,00                | 99,80            | 0,51    | 0,014  | 65       | 0,0065 |
| BXS_49                       | 93,90            | 40               | 92,70                | 98,72            | 0,34    | 0,014  | 5        | 0,0005 |
| BXS_50                       | 97,90            | 40               | 97,00                | 99,08            | 0,36    | 0,015  | 5        | 0,0005 |

|         |        |    |        |       |      |       |     |        |
|---------|--------|----|--------|-------|------|-------|-----|--------|
| BXS_51  | 97,80  | 40 | 96,40  | 98,57 | 0,37 | 0,007 | 16  | 0,0016 |
| BXS_52  | 94,10  | 40 | 94,00  | 99,89 | 0,50 | 0,029 | 16  | 0,0016 |
| BXS_53  | 104,70 | 40 | 104,40 | 99,71 | 0,83 | 0,005 | 21  | 0,0021 |
| BXS_54  | 104,80 | 40 | 104,60 | 99,81 | 0,83 | 0,007 | 52  | 0,0052 |
| BXS_55  | 104,30 | 40 | 104,00 | 99,71 | 0,28 | 0,007 | 5   | 0,0005 |
| BXS_56  | 95,00  | 40 | 94,80  | 99,79 | 0,50 | 0,011 | 15  | 0,0015 |
| BXS_57  | 80,60  | 40 | 80,40  | 99,75 | 0,33 | 0,005 | 52  | 0,0052 |
| BXS_58  | 88,00  | 40 | 87,60  | 99,55 | 0,53 | 0,008 | 5   | 0,0005 |
| BXS_59  | 84,60  | 40 | 84,20  | 99,53 | 0,35 | 0,011 | 5   | 0,0005 |
| BXS_60  | 88,70  | 40 | 88,50  | 99,77 | 0,65 | 0,001 | 22  | 0,0022 |
| BXS_61  | 103,10 | 40 | 102,70 | 99,61 | 0,38 | 0,001 | 32  | 0,0032 |
| BXS_62  | 106,10 | 40 | 105,80 | 99,72 | 0,37 | 0,001 | 15  | 0,0015 |
| BXS_63  | 112,50 | 40 | 112,30 | 99,82 | 0,35 | 0,001 | 40  | 0,0040 |
| BXS_64  | 108,20 | 40 | 107,20 | 99,08 | 0,53 | 0,031 | 27  | 0,0027 |
| BXS_65  | 83,30  | 40 | 82,30  | 98,80 | 0,45 | 0,021 | 5   | 0,0005 |
| BXS_66  | 81,90  | 40 | 81,60  | 99,63 | 0,45 | 0,019 | 44  | 0,0044 |
| BXS_67  | 86,20  | 40 | 84,20  | 97,68 | 0,53 | 0,034 | 5   | 0,0005 |
| BXS_68  | 82,10  | 40 | 81,90  | 99,76 | 0,40 | 0,007 | 5   | 0,0005 |
| BXS_69  | 106,40 | 40 | 105,70 | 99,34 | 0,97 | 0,007 | 64  | 0,0064 |
| BXS_70  | 94,20  | 40 | 94,00  | 99,79 | 0,50 | 0,045 | 68  | 0,0068 |
| BXS_71  | 97,80  | 40 | 97,50  | 99,69 | 0,56 | 0,004 | 28  | 0,0028 |
| BXS_72  | 99,60  | 40 | 99,40  | 99,80 | 0,59 | 0,027 | 23  | 0,0023 |
| BXS_73  | 90,00  | 40 | 89,80  | 99,78 | 0,46 | 0,017 | 5   | 0,0005 |
| BXS_74  | 91,90  | 40 | 91,50  | 99,56 | 0,43 | 0,039 | 11  | 0,0011 |
| BXS_75  | 80,40  | 40 | 80,10  | 99,63 | 0,45 | 0,004 | 5   | 0,0005 |
| BXS_76  | 89,30  | 40 | 88,70  | 99,33 | 0,65 | 0,009 | 12  | 0,0012 |
| BXS_77  | 94,50  | 40 | 93,90  | 99,37 | 0,28 | 0,009 | 27  | 0,0027 |
| BXS_78  | 102,50 | 40 | 101,90 | 99,41 | 0,37 | 0,016 | 5   | 0,0005 |
| BXS_79  | 91,80  | 40 | 90,80  | 98,91 | 0,29 | 0,023 | 42  | 0,0042 |
| BXS_80  | 75,70  | 40 | 75,00  | 99,08 | 0,71 | 0,006 | 16  | 0,0016 |
| BXS_81  | 86,50  | 40 | 86,20  | 99,65 | 0,49 | 0,016 | 5   | 0,0005 |
| BXS_82  | 83,90  | 40 | 83,50  | 99,52 | 0,37 | 0,034 | 32  | 0,0032 |
| BXS_83  | 85,70  | 40 | 85,40  | 99,65 | 0,66 | 0,011 | 5   | 0,0005 |
| BXS_84  | 89,70  | 40 | 89,30  | 99,55 | 0,50 | 0,064 | 20  | 0,0020 |
| BXS_85  | 92,80  | 40 | 92,00  | 99,14 | 0,47 | 0,007 | 26  | 0,0026 |
| BXS_86  | 90,30  | 40 | 89,50  | 99,11 | 0,60 | 0,038 | 16  | 0,0016 |
| BXS_87  | 99,10  | 40 | 98,80  | 99,70 | 0,52 | 0,011 | 93  | 0,0093 |
| BXS_88  | 93,30  | 40 | 92,80  | 99,46 | 0,58 | 0,024 | 5   | 0,0005 |
| BXS_89  | 86,20  | 40 | 86,00  | 99,77 | 0,87 | 0,010 | 97  | 0,0097 |
| BXS_90  | 92,10  | 40 | 91,30  | 99,13 | 0,42 | 0,020 | 32  | 0,0032 |
| BXS_91  | 100,60 | 40 | 100,20 | 99,60 | 0,47 | 0,014 | 64  | 0,0064 |
| BXS_92  | 89,20  | 40 | 89,00  | 99,78 | 0,61 | 0,068 | 34  | 0,0034 |
| BXS_93  | 88,90  | 40 | 88,30  | 99,33 | 0,41 | 0,010 | 5   | 0,0005 |
| BXS_94  | 88,50  | 40 | 88,30  | 99,77 | 0,48 | 0,052 | 24  | 0,0024 |
| BXS_95  | 83,30  | 40 | 83,20  | 99,88 | 0,47 | 0,023 | 5   | 0,0005 |
| BXS_96  | 82,10  | 40 | 81,90  | 99,76 | 0,84 | 0,025 | 242 | 0,0242 |
| BXS_97  | 86,80  | 40 | 86,60  | 99,77 | 0,39 | 0,040 | 5   | 0,0005 |
| BXS_98  | 76,90  | 40 | 76,60  | 99,61 | 0,44 | 0,008 | 12  | 0,0012 |
| BXS_99  | 68,40  | 40 | 68,20  | 99,71 | 0,37 | 0,005 | 5   | 0,0005 |
| BXS_100 | 79,20  | 40 | 78,90  | 99,62 | 0,53 | 0,042 | 134 | 0,0134 |

**ANEXO IV: PROTOCOLO DE MUESTREO**

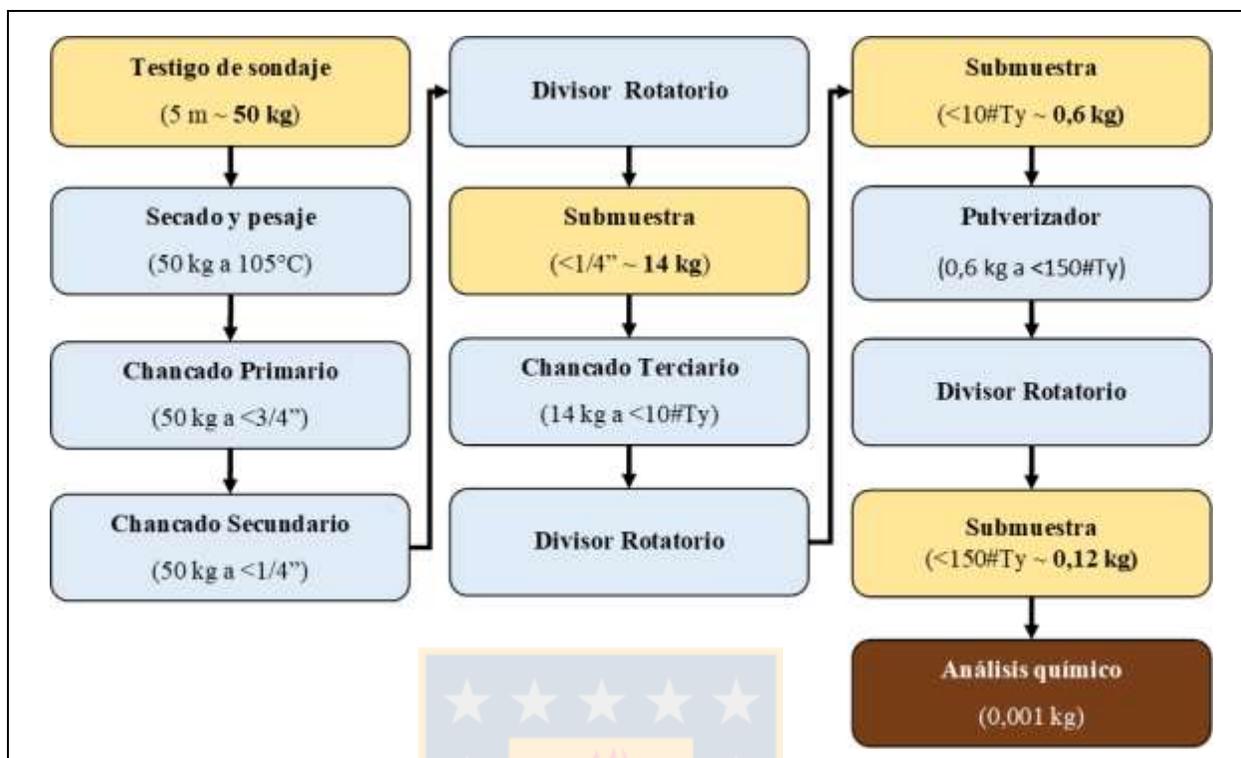


Figura 1: Protocolo de Muestreo de sondajes *In fill* (NQ-HQ).

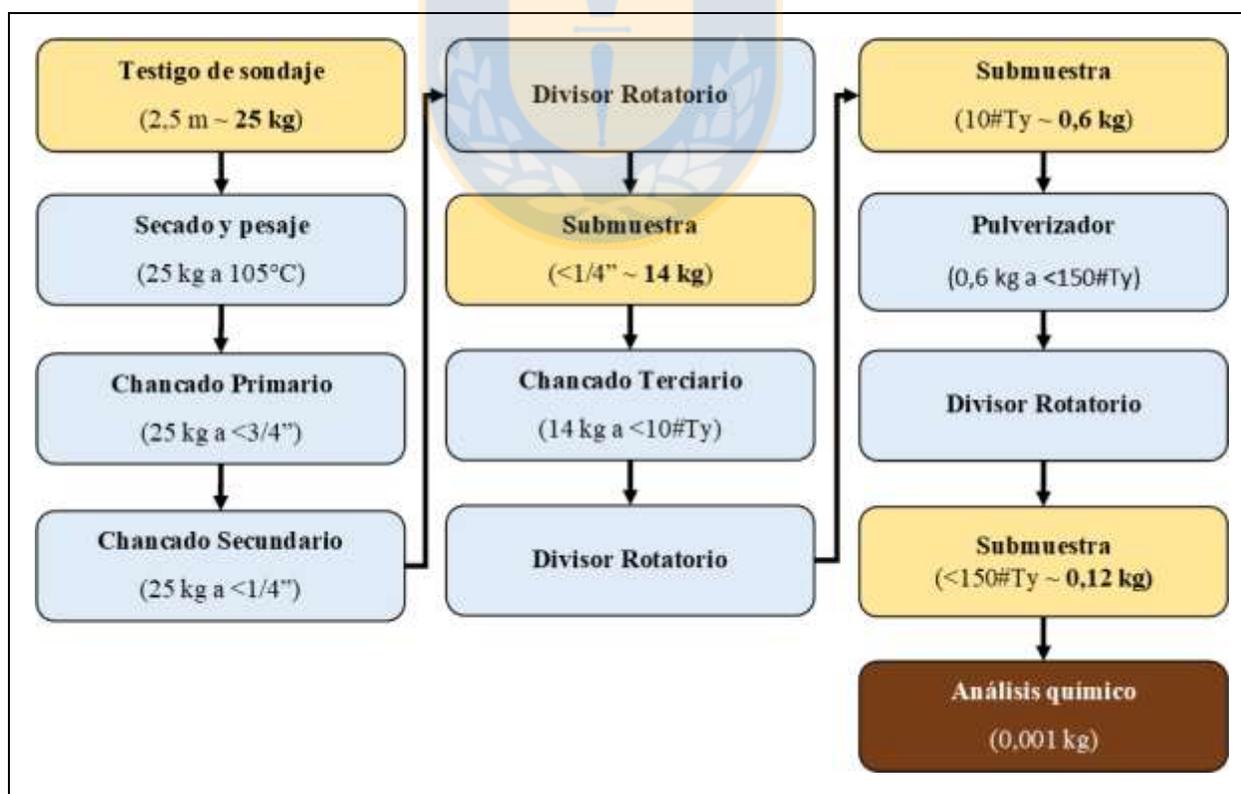


Figura 2: Protocolo de Muestreo de sondajes diamantinos.

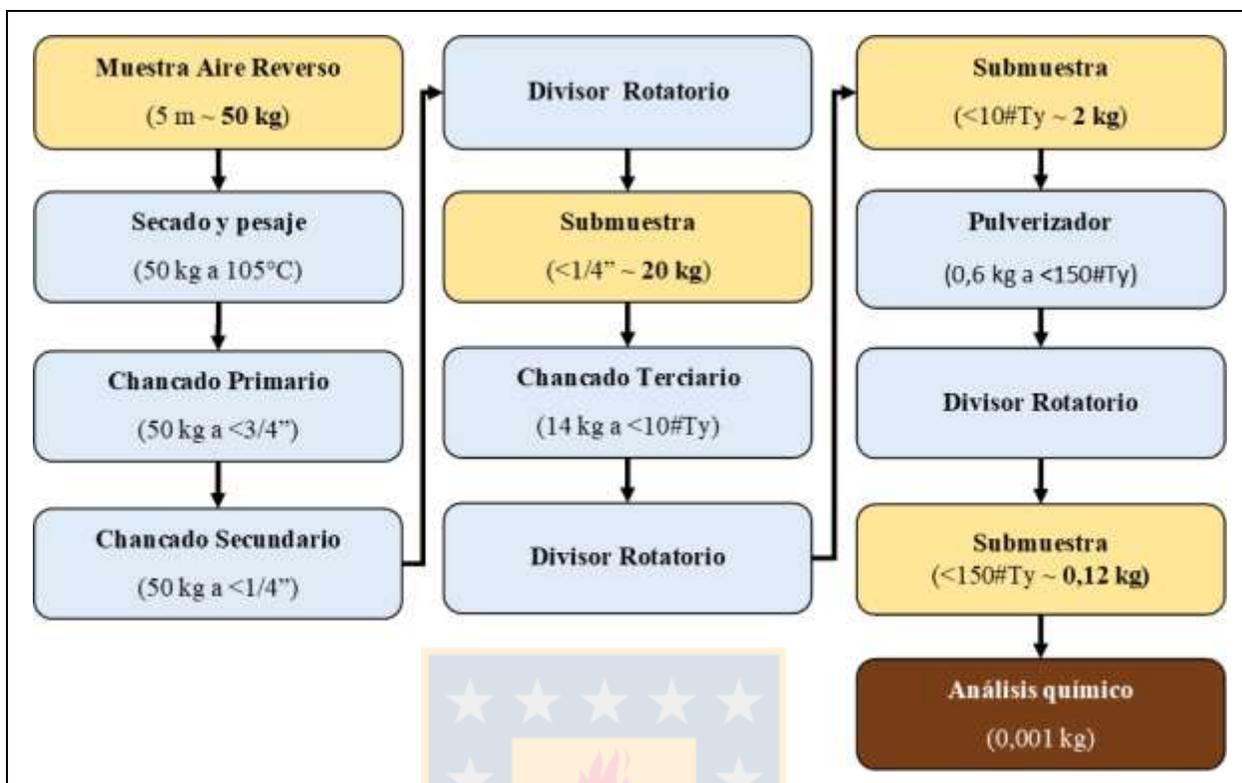


Figura 3: Protocolo de Muestreo de sondaje aire reverso.

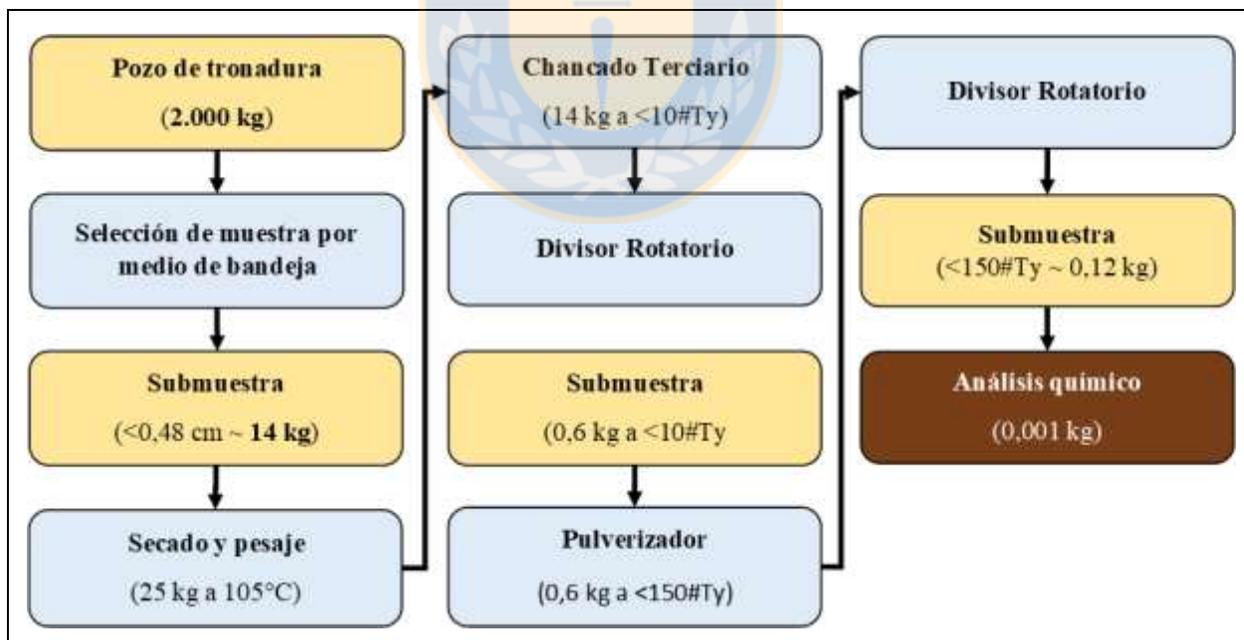


Figura 4: Protocolo de Muestreo de pozos de tronadura.