



**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE MINAS**

**METODOLOGÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE MODELOS ESPACIALES DE
RECUPERACIÓN EN FLOTACIÓN**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL DE MINAS

MATÍAS IGNACIO ANABALÓN MÜLLER

**PROFESOR GUÍA:
JULIÁN ORTIZ CABRERA**

**MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
GONZALO MONTES ATENAS
MARIO SOLARI MARTINI**

**SANTIAGO DE CHILE
2014**

**RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTAR AL
TITULO DE: Ingeniero Civil de Minas
POR: Matías Ignacio Anabalón Müller
FECHA: 01/07/2014
PROFESOR GUIA: Julián Ortiz Cabrera**

METODOLOGÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE MODELOS ESPACIALES DE RECUPERACIÓN EN FLOTACIÓN

El presente trabajo trata de la estimación geoestadística, en el marco de la Geometalurgia, de variables de interés en el proceso de flotación de la mina Escondida en Chile. En particular busca generar un modelo de bloques espacial mediante el método de Kriging para las variables “recuperación rougher”, “ley de cobre en el concentrado” y “ley de cobre en el relave”. Los datos disponibles son ensayos de flotación georreferenciados que contienen información sobre: “coordenadas espaciales”, “tamaño de soporte”, “ley de cobre de cabeza, concentrado y relave”, “ley de fierro de cabeza, concentrado y relave”, “recuperación de cobre y fierro”, “masas de alimentación de concentrado y relave” y “cobre oxidado”.

En primer lugar, para que el estimador funcione de forma adecuada, se definieron unidades de estimación en base al comportamiento metalúrgico de las variables, filtrando los datos por categorías, las cuales fueron entregadas en el modelo de bloque de Escondida. Esto resultó en seis poblaciones distintas que deben trabajarse de forma independiente dentro de sus volúmenes.

- Minerales de alto enriquecimiento con alteración cuarzo, sericita, arcilla
- Pórfido feldespático y cuarífero de bajo enriquecimiento y primarios; con alteración cuarzo, sericita, arcilla
- Andesita de bajo enriquecimiento y primarios; con alteración cuarzo, sericita, arcilla
- Pórfido feldespático de bajo enriquecimiento y primarios; con alteración clorita, sericita, arcilla y alteración potásica
- Andesita de bajo enriquecimiento y primarios; con alteración clorita, sericita, arcilla y alteración potásica
- Minerales de alto enriquecimiento con alteración clorita, sericita, arcilla y alteración potásica

Por otro lado, al ser las variables a estimar no aditivas hace que un posible kriging directo sea solo aplicable de forma puntual, es decir, sin cambio de soporte. Esto implicó la consideración de otras opciones de estimación mediante kriging de masas en el concentrado con el objetivo de calcular las variables de interés.

El estudio resultó en que la estimación para las variables geometalúrgicas en base a las unidades definidas, tuvo mayor precisión en el caso del kriging directo a las variables. Esto pudo deberse a las operaciones posteriores de las estimaciones de las masas, que introducen sesgo.

La estimación se mantuvo en la media local de los datos desagrupados según los gráficos de derivas, esto en especial para la variable recuperación, la cual tiene mayor precisión que las leyes estimadas en el concentrado y en el relave.

TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE CONTENIDO	II
ÍNDICE DE FIGURAS	IV
ÍNDICE DE TABLAS	XI
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. MOTIVACIÓN DEL TRABAJO	1
1.2. OBJETIVOS	1
1.3. ALCANCES	2
2. ANTECEDENTES	3
2.1. GLOSARIO	3
2.2. KRIGING	3
2.3. COKRIGING	7
2.4. GEOMETALURGIA	7
3. METODOLOGÍA	8
3.1. ANÁLISIS EXPLORATORIO GLOBAL DE DATOS	8
3.2. DEFINICIÓN DE UGMS	8
3.3. ANÁLISIS EXPLORATORIO DE DATOS POR CADA UGM DEFINIDA	8
3.4. ELECCIÓN DE CASOS	9
3.5. ESTUDIO VARIOGRÁFICO POR UGM, MODELAMIENTO Y VALIDACIÓN	9
3.6. ESTIMACIÓN	9
3.7. COMPARACIÓN DE CASOS	9
4. ANTECEDENTES DE LA FAENA	11
4.1. GEOLOGÍA	11
4.2. PRODUCCIÓN	11
5. ANALISIS EXPLORATORIO GLOBAL DE DATOS	13
5.1. MODELO DE BLOQUES	13
5.2. ENSAYOS DE FLOTACIÓN	13
6. DEFINICIÓN DE UGM	19
6.1. GRÁFICOS DE PROBABILIDAD POR ALTERACIÓN	19
6.2. GRÁFICOS DE PROBABILIDAD POR MINZONE	21
6.3. GRÁFICOS DE PROBABILIDAD POR MINZONE PARA GRUPOS DE ALTERACIÓN	24
6.4. CONTROL POR LITOLOGÍA	27
6.5. PROPUESTA DE UGMS	28
7. ESTUDIO GEOSTADISTICO	33
7.1. ESTUDIO EXPLORATORIO DE DATOS	33
7.2. VARIOGRAFÍA	35
7.3. VALIDACIÓN CRUZADA	36
8. HERRAMIENTAS DE ANÁLISIS DE ESTIMACIONES	38
8.1. ANÁLISIS GRÁFICO	38
8.2. ANÁLISIS MEDIANTE DERIVAS	41
8.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS	46
9. COMENTARIOS Y CONCLUSIONES	47

10. BIBLIOGRAFÍA.....	49
11. ANEXOS	50
11.1. PROCEDIMIENTO DE ENSAYOS.....	50
11.2. HISTOGRAMAS GLOBALES DE VARIABLES.....	55
11.3. BOXPLOTS POR ALTERACIÓN.....	58
11.4. BOXPLOTS POR MINZONE	61
11.5. BOXPLOTS POR MINZONE PARA GRUPOS DE ALTERACIÓN 1	65
11.6. BOXPLOTS POR MINZONE PARA GRUPOS DE ALTERACIÓN 2 Y 3	68
11.7. PROPUESTA 1	71
11.8. PROPUESTA 2	74
11.9. BOXPLOTS PROPUESTA 3	79
11.10. ESTUDIO EXPLORATORIO DE DATOS.....	80
11.11. VARIOGRAFÍA.....	98
11.12. VALIDACIÓN CRUZADA UGM 1.....	129
11.13. VALIDACIÓN CRUZADA UGM 2.....	131
11.14. VALIDACIÓN CRUZADA UGM 3.....	133
11.15. VALIDACIÓN CRUZADA UGM 4.....	134
11.16. VALIDACIÓN CRUZADA UGM 5.....	136
11.17. VALIDACIÓN CRUZADA UGM 6.....	138

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Ilustración 1: Modelo Variográfico Pepita</i>	5
<i>Ilustración 2: Modelo Variográfico Esférico</i>	5
<i>Ilustración 3: Modelo Variográfico Exponencial</i>	6
<i>Ilustración 4: Modelo Variográfico Gaussiano</i>	6
<i>Ilustración 5: Flowsheet de faena Escondida</i>	12
<i>Ilustración 6: Nomenclatura de clases de minerales y frecuencia</i>	15
<i>Ilustración 7: Mapeo de sondajes según Recuperación de cobre. Vista en planta</i>	16
<i>Ilustración 8: Mapeo de sondajes según Recuperación de cobre. Vista Vertical - Este</i>	16
<i>Ilustración 9: Mapeo de sondajes según Recuperación de cobre. Vista Vertical - Norte</i>	16
<i>Ilustración 10: Mapeo de sondajes según Ley Cu Concentrado. Vista en planta</i>	17
<i>Ilustración 11: Mapeo de sondajes según Ley Cu Concentrado. Vista Vertical - Este</i>	17
<i>Ilustración 12: Mapeo de sondajes según Ley Cu Concentrado. Vista Vertical - Norte</i>	17
<i>Ilustración 13: Mapeo de sondajes según Ley Cu Relave. Vista en planta</i>	17
<i>Ilustración 14: Mapeo de sondajes según Ley Cu Relave. Vista Vertical - Este</i>	17
<i>Ilustración 15: Mapeo de sondajes según Ley Cu Relave. Vista Vertical - Norte</i>	18
<i>Ilustración 16: Gráfico de Probabilidad por Alteración. Escala logarítmica. Ley Cu Cabeza</i>	19
<i>Ilustración 17: Gráfico de Probabilidad por Alteración. Escala logarítmica. Ley Fe Cabeza</i>	19
<i>Ilustración 18: Gráfico de Probabilidad por Alteración. Escala logarítmica. Cu/Fe</i>	19
<i>Ilustración 19: Gráfico de Probabilidad por Alteración. Escala logarítmica. Cu Oxidado</i>	19
<i>Ilustración 20: Gráfico de Probabilidad por Alteración. Escala logarítmica. Masa Concentrado</i>	20
<i>Ilustración 21: Gráfico de Probabilidad por Alteración. Escala logarítmica. Masa Relave</i>	20
<i>Ilustración 22: Gráfico de Probabilidad por Alteración. Escala logarítmica. Ley Cu Relave</i>	20
<i>Ilustración 23: Gráfico de Probabilidad por Alteración. Escala logarítmica. Ley Fe Relave</i>	20
<i>Ilustración 24: Gráfico de Probabilidad por Alteración. Escala logarítmica. Ley Cu Concentrado</i>	20
<i>Ilustración 25: Gráfico de Probabilidad por Alteración. Escala logarítmica. Recuperación Cu</i>	20
<i>Ilustración 26: Gráfico de Probabilidad por Alteración. Escala logarítmica. Ley Fe Concentrado</i>	20
<i>Ilustración 27: Gráfico de Probabilidad por Alteración. Escala logarítmica. Recuperación Fe</i>	20
<i>Ilustración 28: Gráfico de Probabilidad por Minzone. Escala logarítmica. Ley Cu Cabeza</i>	21
<i>Ilustración 29: Gráfico de Probabilidad por Minzone. Escala logarítmica. Ley Fe Cabeza</i>	21
<i>Ilustración 30: Gráfico de Probabilidad por Minzone. Escala logarítmica. Cu/Fe</i>	21
<i>Ilustración 31: Gráfico de Probabilidad por Minzone. Escala logarítmica. Cu Oxidado</i>	21
<i>Ilustración 32: Gráfico de Probabilidad por Minzone. Escala logarítmica. Masa Concentrada</i>	21
<i>Ilustración 33: Gráfico de Probabilidad por Minzone. Escala logarítmica. Masa Relave</i>	21
<i>Ilustración 34: Gráfico de Probabilidad por Minzone. Escala logarítmica. Ley Cu Relave</i>	23
<i>Ilustración 35: Gráfico de Probabilidad por Minzone. Escala logarítmica. Ley Fe Relave</i>	23
<i>Ilustración 36: Gráfico de Probabilidad por Minzone. Escala logarítmica. Ley Cu Concentrado</i>	23
<i>Ilustración 37: Gráfico de Probabilidad por Minzone. Escala logarítmica. Recuperación Cu</i>	23
<i>Ilustración 38: Gráfico de Probabilidad por Minzone. Escala logarítmica. Ley Fe Concentrado</i>	23
<i>Ilustración 39: Gráfico de Probabilidad por Minzone. Escala logarítmica. Recuperación Fe</i>	23
<i>Ilustración 40: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 1. Escala logarítmica. Ley Cu Cabeza</i>	24
<i>Ilustración 41: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 1. Escala logarítmica. Recuperación Fe</i>	24
<i>Ilustración 42: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 1. Escala logarítmica. Cu/Fe</i>	24
<i>Ilustración 43: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 1. Escala logarítmica. Cu Oxidado</i>	24
<i>Ilustración 44: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 1. Escala logarítmica. Masa Concentrado</i>	24
<i>Ilustración 45: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 1. Escala logarítmica. Masa Relave</i>	24
<i>Ilustración 46: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 1. Escala logarítmica. Ley Cu Relave</i>	25
<i>Ilustración 47: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 1. Escala logarítmica. Ley Fe Relave</i>	25
<i>Ilustración 48: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 1. Escala logarítmica. Ley Cu Concentrado</i>	25
<i>Ilustración 49: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 1. Escala logarítmica. Recuperación Cu</i>	25
<i>Ilustración 50: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 1. Escala logarítmica. Ley Fe Concentrado</i>	25

Ilustración 51: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 1. Escala logarítmica. Recuperación Fe	25
Ilustración 52: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 2 y 3. Escala logarítmica. Ley Cu Cabeza	26
Ilustración 53: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 2 y 3. Escala logarítmica. Recuperación Fe	26
Ilustración 54: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 2 y 3. Escala logarítmica. Cu/Fe	26
Ilustración 55: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 2 y 3. Escala logarítmica. Cu Oxidado	26
Ilustración 56: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 2 y 3. Escala logarítmica. Masa Concentrado	26
Ilustración 57: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 2 y 3. Escala logarítmica. Masa Relave	26
Ilustración 58: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 2 y 3. Escala logarítmica. Ley Cu Relave	27
Ilustración 59: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 2 y 3. Escala logarítmica. Ley Fe Relave	27
Ilustración 60: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 2 y 3. Escala logarítmica. Ley Cu Concentrado	27
Ilustración 61: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 2 y 3. Escala logarítmica. Recuperación Cu	27
Ilustración 62: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 2 y 3. Escala logarítmica. Ley Fe Concentrado	27
Ilustración 63: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 2 y 3. Escala logarítmica. Recuperación Fe	27
Ilustración 64: Vista en Planta. Propuesta de UGM N° 3	29
Ilustración 65: Vista en perfil Oeste-Este. Propuesta de UGM N° 3	30
Ilustración 66: Vista en perfil Norte-Sur. Propuesta de UGM N° 3	30
Ilustración 67: Vista Isométrica. Propuesta de UGM N° 3	31
Ilustración 68: Vista en planta superior e inferior respectivamente. UGM definidas	32
Ilustración 69: Vista en perfil Norte-Sur. UGM definidas	32
Ilustración 70: Variograma Modelado. Recuperación Cu. UGM 1	36
Ilustración 71: Vista en planta. Recuperación cobre estimada puntual. Cota 2.737,5	39
Ilustración 72: Vista en planta. Recuperación cobre calculada por masa. Cota 2.737,5	39
Ilustración 73: Vista en planta. Recuperación ley Cu concentrado estimado puntual. Cota 2.737,5	40
Ilustración 74: Vista en planta. Recuperación ley Cu concentrado calculada por masa. Cota 2.737,5	40
Ilustración 75: Vista en planta. Recuperación ley Cu relave estimado puntual. 2.737,5	41
Ilustración 76: Deriva de Recuperación de Cobre. Oeste-Este	41
Ilustración 77: Deriva de Recuperación de Cobre. Sur-Norte	42
Ilustración 78: Deriva de Recuperación de Cobre. Vista por cota	42
Ilustración 79: Deriva de Ley de Cu Concentrado. Oeste-Este	43
Ilustración 80: Deriva de Ley de Cu Concentrado. Sur-Norte	43
Ilustración 81: Deriva de Ley de Cu Concentrado. Por cota	44
Ilustración 82: Deriva de Ley de Cu Relave. Oeste-Este	44
Ilustración 83: Deriva de Ley de Cu Relave. Sur-Norte	45
Ilustración 84: Deriva de Ley de Cu Relave. Por cota	45
Ilustración 85: Histograma Cu/Fe	55
Ilustración 86: Histograma Cu Oxidado	55
Ilustración 87: Histograma Ley Cu Cabeza	55
Ilustración 88: Histograma Ley Cu Concentrado	55
Ilustración 89: Histograma Ley Cu Relave	55
Ilustración 90: Histograma Ley Fe Cabeza	55
Ilustración 91: Histograma Ley Fe Concentrado	56
Ilustración 92: Histograma Ley Fe Relave	56
Ilustración 93: Histograma Masa Alimentación	56
Ilustración 94: Histograma Masa Concentrado	56
Ilustración 95: Histograma Masa Cu Cabeza	56
Ilustración 96: Histograma Masa Cu Concentrado	56
Ilustración 97: Histograma Masa Cu Relave	57
Ilustración 98: Histograma Masa Ganga Concentrado	57
Ilustración 99: Histograma Ganga Relave	57
Ilustración 100: Histograma Masa Relave	57
Ilustración 101: Histograma Recuperación Cu	57
Ilustración 102: Histograma Recuperación Fe	57
Ilustración 103: Boxplot por Minzone. Ley Cu Cabeza	58
Ilustración 104: Boxplot por Minzone. Ley Fe Cabeza	58

<i>Ilustración 105: Boxplot por Minzone. Cu/Fe</i>	58
<i>Ilustración 106: Boxplot por Minzone. Cu Oxidado</i>	58
<i>Ilustración 107: Boxplot por Minzone. Masa de Concentrado</i>	58
<i>Ilustración 108: Boxplot por Minzone. Masa de Relave</i>	58
<i>Ilustración 109: Boxplot por Minzone. Ley Cu Relave</i>	58
<i>Ilustración 110: Boxplot por Minzone. Ley Fe Relave</i>	58
<i>Ilustración 111: Boxplot por Minzone. Ley Cu Concentrado</i>	59
<i>Ilustración 112: Boxplot por Minzone. Recuperación Cu</i>	59
<i>Ilustración 113: Boxplot por Minzone. Ley Fe Concentrado</i>	59
<i>Ilustración 114: Boxplot por Minzone. Recuperación Fe</i>	59
<i>Ilustración 115: Gráfico de Probabilidad por Alteración. Escala aritmética. Ley Cu Cabeza</i>	59
<i>Ilustración 116: Gráfico de Probabilidad por Alteración. Escala aritmética. Ley Fe Cabeza</i>	59
<i>Ilustración 117: Gráfico de Probabilidad por Alteración. Escala aritmética. Cu/Fe</i>	60
<i>Ilustración 118: Gráfico de Probabilidad por Alteración. Escala aritmética. Cu Oxidado</i>	60
<i>Ilustración 119: Gráfico de Probabilidad por Alteración. Escala aritmética. Masa Concentrado</i>	60
<i>Ilustración 120: Gráfico de Probabilidad por Alteración. Escala aritmética. Masa Relave</i>	60
<i>Ilustración 121: Gráfico de Probabilidad por Alteración. Escala aritmética. Ley Cu Relave</i>	60
<i>Ilustración 122: Gráfico de Probabilidad por Alteración. Escala aritmética. Ley Fe Relave</i>	60
<i>Ilustración 123: Gráfico de Probabilidad por Alteración. Escala aritmética. Ley Cu Concentrado</i>	60
<i>Ilustración 124: Gráfico de Probabilidad por Alteración. Escala aritmética. Recuperación Cu</i>	60
<i>Ilustración 125: Gráfico de Probabilidad por Alteración. Escala aritmética. Ley Fe Concentrado</i>	61
<i>Ilustración 126: Gráfico de Probabilidad por Alteración. Escala aritmética. Recuperación Fe</i>	61
<i>Ilustración 127: Boxplot por Minzone. Ley Cu Cabeza</i>	61
<i>Ilustración 128: Boxplot por Minzone. Ley Fe Cabeza</i>	61
<i>Ilustración 129: Boxplot por Minzone. Cu/Fe</i>	61
<i>Ilustración 130: Boxplot por Minzone. Cu Oxidado</i>	61
<i>Ilustración 131: Boxplot por Minzone. Masa de Concentrado</i>	62
<i>Ilustración 132: Boxplot por Minzone. Masa de Relave</i>	62
<i>Ilustración 133: Boxplot por Minzone. Ley Cu Relave</i>	62
<i>Ilustración 134: Boxplot por Minzone. Ley Fe Relave</i>	62
<i>Ilustración 135: Boxplot por Minzone. Ley Cu Concentrado</i>	62
<i>Ilustración 136: Boxplot por Minzone. Recuperación Cu</i>	62
<i>Ilustración 137: Boxplot por Minzone. Ley Fe Concentrado</i>	62
<i>Ilustración 138: Boxplot por Minzone. Recuperación Fe</i>	62
<i>Ilustración 139: Gráfico de Probabilidad por Minzone. Escala aritmética. Ley Cu Cabeza</i>	63
<i>Ilustración 140: Gráfico de Probabilidad por Alteración. Minzone Aritmética. Ley Fe Cabeza</i>	63
<i>Ilustración 141: Gráfico de Probabilidad por Minzone. Escala aritmética. Cu/Fe</i>	63
<i>Ilustración 142: Gráfico de Probabilidad por Alteración. Minzone Aritmética. Cu Oxidado</i>	63
<i>Ilustración 143: Gráfico de Probabilidad por Minzone. Escala aritmética. Masa Concentrado</i>	63
<i>Ilustración 144: Gráfico de Probabilidad por Minzone. Escala aritmética. Masa Relave</i>	63
<i>Ilustración 145: Gráfico de Probabilidad por Minzone. Escala aritmética. Ley Cu Relave</i>	64
<i>Ilustración 146: Gráfico de Probabilidad por Minzone. Escala aritmética. Ley Fe Relave</i>	64
<i>Ilustración 147: Gráfico de Probabilidad por Alteración. Minzone Aritmética. Ley Cu Concentrado</i>	64
<i>Ilustración 148: Gráfico de Probabilidad por Minzone. Escala aritmética. Recuperación Cu</i>	64
<i>Ilustración 149: Gráfico de Probabilidad por Minzone. Escala aritmética. Ley Fe Concentrado</i>	64
<i>Ilustración 150: Gráfico de Probabilidad por Minzone. Escala aritmética. Recuperación Fe</i>	64
<i>Ilustración 151: Boxplot por Minzone para Alteración 1. Ley Cu Cabeza</i>	65
<i>Ilustración 152: Boxplot por Minzone para Alteración 1. Ley Fe Cabeza</i>	65
<i>Ilustración 153: Boxplot por Minzone para Alteración 1. Cu/Fe</i>	65
<i>Ilustración 154: Boxplot por Minzone para Alteración 1. Cu Oxidado</i>	65
<i>Ilustración 155: Boxplot por Minzone para Alteración 1. Masa de Concentrado</i>	65
<i>Ilustración 156: Boxplot por Minzone para Alteración 1. Masa de Relave</i>	65
<i>Ilustración 157: Boxplot por Minzone para Alteración 1. Ley Cu Relave</i>	65
<i>Ilustración 158: Boxplot por Minzone para Alteración 1. Ley Fe Relave</i>	65

<i>Ilustración 159: Boxplot por Minzone para Alteración 1. Ley Cu Concentrado</i>	66
<i>Ilustración 160: Boxplot por Minzone para Alteración 1. Recuperación Cu</i>	66
<i>Ilustración 161: Boxplot por Minzone para Alteración 1. Ley Fe Concentrado</i>	66
<i>Ilustración 162: Boxplot por Minzone para Alteración 1. Recuperación Fe</i>	66
<i>Ilustración 163: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 1. Escala aritmética. Ley Cu Cabeza</i>	66
<i>Ilustración 164: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 1. Escala aritmética. Ley Fe Cabeza</i>	66
<i>Ilustración 165: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 1. Escala aritmética. Cu/Fe</i>	67
<i>Ilustración 166: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 1. Escala aritmética. Cu Oxidado</i>	67
<i>Ilustración 167: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 1. Escala aritmética. Masa de Concentrado</i>	67
<i>Ilustración 168: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 1. Escala aritmética. Masa de Relave</i>	67
<i>Ilustración 169: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 1. Escala aritmética. Ley Cu Relave</i>	67
<i>Ilustración 170: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 1. Escala aritmética. Ley Fe Relave</i>	67
<i>Ilustración 171: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 1. Escala aritmética. Ley de Cu Concentrado</i>	67
<i>Ilustración 172: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 1. Escala aritmética. Recuperación Cu</i>	67
<i>Ilustración 173: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 1. Escala aritmética. Ley Fe Concentrado</i>	68
<i>Ilustración 174: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 1. Escala aritmética. Recuperación Fe</i>	68
<i>Ilustración 175: Boxplot por Minzone para Alteración 2 y 3. Ley Cu Cabeza</i>	68
<i>Ilustración 176: Boxplot por Minzone para Alteración 2 y 3. Ley Fe Cabeza</i>	68
<i>Ilustración 177: Boxplot por Minzone para Alteración 2 y 3. Cu/Fe</i>	68
<i>Ilustración 178: Boxplot por Minzone para Alteración 2 y 3. Cu Oxidado</i>	68
<i>Ilustración 179: Boxplot por Minzone para Alteración 2 y 3. Masa de Concentrado</i>	68
<i>Ilustración 180: Boxplot por Minzone. para Alteración 2 y 3. Masa de Relave</i>	68
<i>Ilustración 181: Boxplot por Minzone para Alteración 2 y 3. Ley Cu Relave</i>	69
<i>Ilustración 182: Boxplot por Minzone para Alteración 2 y 3. Ley Fe Relave</i>	69
<i>Ilustración 183: Boxplot por Minzone para Alteración 2 y 3. Ley Cu Concentrado</i>	69
<i>Ilustración 184: Boxplot por Minzone para Alteración 2 y 3. Recuperación Cu</i>	69
<i>Ilustración 185: Boxplot por Minzone para Alteración 2 y 3. Ley Fe Concentrado</i>	69
<i>Ilustración 186: Boxplot por Minzone para Alteración 2 y 3. Recuperación Fe</i>	69
<i>Ilustración 187: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 2 y 3. Escala aritmética. Ley Cu Cabeza</i>	69
<i>Ilustración 188: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 2 y 3. Escala aritmética. Ley Fe Cabeza</i>	69
<i>Ilustración 189: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 2 y 3. Escala aritmética. Cu/Fe</i>	70
<i>Ilustración 190: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 2 y 3. Escala aritmética. Cu Oxidado</i>	70
<i>Ilustración 191: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 2 y 3. Escala aritmética. Masa de Concentrado</i>	70
<i>Ilustración 192: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 2 y 3. Escala aritmética. Masa de Relave</i>	70
<i>Ilustración 193: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 2 y 3. Escala aritmética. Ley Cu Relave</i>	70
<i>Ilustración 194: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 2 y 3. Escala aritmética. Ley Fe Relave</i>	70
<i>Ilustración 195: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 2 y 3. Escala aritmética. Ley de Cu Concentrado</i>	70
<i>Ilustración 196: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 2 y 3. Escala aritmética. Recuperación Cu</i>	70
<i>Ilustración 197: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 2 y 3. Escala aritmética. Ley Fe Concentrado</i>	71
<i>Ilustración 198: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 2 y 3. Escala aritmética. Recuperación Fe</i>	71
<i>Ilustración 199: Vista en Planta. Propuesta de UGM N° 1</i>	71
<i>Ilustración 200: Vista en perfil Oeste - Este. Propuesta de UGM N° 1</i>	72
<i>Ilustración 201: Vista en perfil Norte-Sur. Propuesta de UGM N° 1</i>	72
<i>Ilustración 202: Vista Isométrica. Propuesta de UGM N° 1</i>	73
<i>Ilustración 203: Boxplot Propuesta 1. Ley Cu Cabeza</i>	73
<i>Ilustración 204: Boxplot Propuesta 1. Ley Fe Cabeza</i>	73
<i>Ilustración 205: Boxplot Propuesta 1. Cu/Fe</i>	73
<i>Ilustración 206: Boxplot Propuesta 1. Cu Oxidado</i>	73
<i>Ilustración 207: Boxplot Propuesta 1. Masa de Concentrado</i>	74
<i>Ilustración 208: Boxplot Propuesta 1. Masa de Relave</i>	74
<i>Ilustración 209: Boxplot Propuesta 1. Ley Cu Relave</i>	74
<i>Ilustración 210: Boxplot Propuesta 1. Ley Fe Relave</i>	74

<i>Ilustración 211: Boxplot Propuesta 1. Ley Cu Concentrado</i>	74
<i>Ilustración 212: Boxplot Propuesta 1. Recuperación Cu</i>	74
<i>Ilustración 213: Boxplot Propuesta 1. Ley Fe Concentrado</i>	74
<i>Ilustración 214: Boxplot Propuesta 1. Recuperación Fe</i>	74
<i>Ilustración 215: Vista en Planta. Propuesta de UGM N° 2</i>	75
<i>Ilustración 216: Vista en perfil Oeste-Este. Propuesta de UGM N° 2</i>	76
<i>Ilustración 217: Vista en perfil Norte-Sur. Propuesta de UGM N° 2</i>	76
<i>Ilustración 218: Vista Isométrica. Propuesta de UGM N° 2</i>	77
<i>Ilustración 219: Boxplot Propuesta 2. Ley Cu Cabeza</i>	77
<i>Ilustración 220: Boxplot Propuesta 2. Ley Fe Cabeza</i>	77
<i>Ilustración 221: Boxplot Propuesta 2. Cu/Fe</i>	77
<i>Ilustración 222: Boxplot Propuesta 2. Cu Oxidado</i>	77
<i>Ilustración 223: Boxplot Propuesta 2. Masa de Concentrado</i>	78
<i>Ilustración 224: Boxplot Propuesta 2. Masa de Relave</i>	78
<i>Ilustración 225: Boxplot Propuesta 2. Ley Cu Relave</i>	78
<i>Ilustración 226: Boxplot Propuesta 2. Ley Fe Relave</i>	78
<i>Ilustración 227: Boxplot Propuesta 2. Ley Cu Concentrado</i>	78
<i>Ilustración 228: Boxplot Propuesta 2. Recuperación Cu</i>	78
<i>Ilustración 229: Boxplot Propuesta 2. Ley Fe Concentrado</i>	78
<i>Ilustración 230: Boxplot Propuesta 2. Recuperación Fe</i>	78
<i>Ilustración 231: Boxplot Propuesta 3. Ley Cu Cabeza</i>	79
<i>Ilustración 232: Boxplot Propuesta 3. Ley Fe Cabeza</i>	79
<i>Ilustración 233: Boxplot Propuesta 3. Cu/Fe</i>	79
<i>Ilustración 234: Boxplot Propuesta 3. Cu Oxidado</i>	79
<i>Ilustración 235: Boxplot Propuesta 3. Masa de Concentrado</i>	79
<i>Ilustración 236: Boxplot Propuesta 3. Masa de Relave</i>	79
<i>Ilustración 237: Boxplot Propuesta 3. Ley Cu Relave</i>	79
<i>Ilustración 238: Boxplot Propuesta 3. Ley Fe Relave</i>	79
<i>Ilustración 239: Boxplot Propuesta 3. Ley Cu Concentrado</i>	80
<i>Ilustración 240: Boxplot Propuesta 3. Recuperación Cu</i>	80
<i>Ilustración 241: Boxplot Propuesta 3. Ley Fe Concentrado</i>	80
<i>Ilustración 242: Boxplot Propuesta 3. Recuperación Fe</i>	80
<i>Ilustración 243: Mapeo de sondajes según Recuperación de cobre. UGM 1. Vista en planta</i>	81
<i>Ilustración 244: Mapeo de sondajes según Recuperación de cobre. UGM 1. Vista Vertical - Este</i>	81
<i>Ilustración 245: Mapeo de sondajes según Recuperación de cobre. UGM 1. Vista Vertical – Norte</i>	81
<i>Ilustración 246: Mapeo de sondajes según Ley Cu Concentrado. UGM 1. Vista en planta</i>	81
<i>Ilustración 247: Mapeo de sondajes según Ley Cu Concentrado. UGM 1. Vista Vertical – Este</i>	81
<i>Ilustración 248: Mapeo de sondajes según Ley Cu Concentrado. UGM 1. Vista Vertical – Norte</i>	82
<i>Ilustración 249: Mapeo de sondajes según Ley Cu Relave. UGM 1. Vista en planta</i>	82
<i>Ilustración 250: Mapeo de sondajes según Ley Cu Relave. UGM 1. Vista Vertical – Este</i>	82
<i>Ilustración 251: Mapeo de sondajes según Ley Cu Relave. UGM 1. Vista Vertical – Norte</i>	82
<i>Ilustración 252: Correlaciones entre variables. UGM 1</i>	83
<i>Ilustración 253: Mapeo de sondajes según Recuperación de cobre. UGM 2. Vista en planta</i>	84
<i>Ilustración 254: Mapeo de sondajes según Recuperación de cobre. UGM 2. Vista Vertical - Este</i>	84
<i>Ilustración 255: Mapeo de sondajes según Recuperación de cobre. UGM 2. Vista Vertical – Norte</i>	84
<i>Ilustración 256: Mapeo de sondajes según Ley Cu Concentrado. UGM 2. Vista en planta</i>	84
<i>Ilustración 257: Mapeo de sondajes según Ley Cu Concentrado. UGM 2. Vista Vertical – Este</i>	84
<i>Ilustración 258: Mapeo de sondajes según Ley Cu Concentrado. UGM 2. Vista Vertical – Norte</i>	85
<i>Ilustración 259: Mapeo de sondajes según Ley Cu Relave. UGM 2. Vista en planta</i>	85
<i>Ilustración 260: Mapeo de sondajes según Ley Cu Relave. UGM 2. Vista Vertical – Este</i>	85
<i>Ilustración 261: Mapeo de sondajes según Ley Cu Relave. UGM 2. Vista Vertical – Norte</i>	85
<i>Ilustración 262: Correlaciones entre variables. UGM 2</i>	86
<i>Ilustración 263: Mapeo de sondajes según Recuperación de cobre. UGM 3. Vista en planta</i>	87
<i>Ilustración 264: Mapeo de sondajes según Recuperación de cobre. UGM 3. Vista Vertical – Este</i>	87

<i>Ilustración 265: Mapeo de sondajes según Recuperación de cobre. UGM 3. Vista Vertical – Norte</i>	87
<i>Ilustración 266: Mapeo de sondajes según Ley Cu Concentrado. UGM 3. Vista en planta</i>	87
<i>Ilustración 267: Mapeo de sondajes según Ley Cu Concentrado. UGM 3. Vista Vertical - Este</i>	87
<i>Ilustración 268: Mapeo de sondajes según Ley Cu Concentrado. UGM 3. Vista Vertical – Norte</i>	88
<i>Ilustración 269: Mapeo de sondajes según Ley Cu Relave. UGM 3. Vista en planta</i>	88
<i>Ilustración 270: Mapeo de sondajes según Ley Cu Relave. UGM 3. Vista Vertical – Este</i>	88
<i>Ilustración 271: Mapeo de sondajes según Ley Cu Relave. UGM 3. Vista Vertical – Norte</i>	88
<i>Ilustración 272: Correlaciones entre variables. UGM 3</i>	89
<i>Ilustración 273: Mapeo de sondajes según Recuperación de cobre. UGM 4. Vista en planta</i>	90
<i>Ilustración 274: Mapeo de sondajes según Recuperación de cobre. UGM 4. Vista Vertical – Este</i>	90
<i>Ilustración 275: Mapeo de sondajes según Recuperación de cobre. UGM 4. Vista Vertical – Norte</i>	90
<i>Ilustración 276: Mapeo de sondajes según Ley Cu Concentrado. UGM 4. Vista en planta</i>	90
<i>Ilustración 277: Mapeo de sondajes según Ley Cu Concentrado. UGM 4. Vista Vertical - Este</i>	90
<i>Ilustración 278: Mapeo de sondajes según Ley Cu Concentrado. UGM 4. Vista Vertical – Norte</i>	91
<i>Ilustración 279: Mapeo de sondajes según Ley Cu Relave. UGM 4. Vista en planta</i>	91
<i>Ilustración 280: Mapeo de sondajes según Ley Cu Relave. UGM 4. Vista Vertical – Este</i>	91
<i>Ilustración 281: Mapeo de sondajes según Ley Cu Relave. UGM 4. Vista Vertical – Norte</i>	91
<i>Ilustración 282: Correlaciones entre variables. UGM 4</i>	92
<i>Ilustración 283: Mapeo de sondajes según Recuperación de cobre. UGM 5. Vista en planta</i>	93
<i>Ilustración 284: Mapeo de sondajes según Recuperación de cobre. UGM 5. Vista Vertical – Este</i>	93
<i>Ilustración 285: Mapeo de sondajes según Recuperación de cobre. UGM 5. Vista Vertical – Norte</i>	93
<i>Ilustración 286: Mapeo de sondajes según Ley Cu Concentrado. UGM 5. Vista en planta</i>	93
<i>Ilustración 287: Mapeo de sondajes según Ley Cu Concentrado. UGM 5. Vista Vertical - Este</i>	93
<i>Ilustración 288: Mapeo de sondajes según Ley Cu Concentrado. UGM 5. Vista Vertical – Norte</i>	94
<i>Ilustración 289: Mapeo de sondajes según Ley Cu Relave. UGM 5. Vista en planta</i>	94
<i>Ilustración 290: Mapeo de sondajes según Ley Cu Relave. UGM 5. Vista Vertical – Este</i>	94
<i>Ilustración 291: Mapeo de sondajes según Ley Cu Relave. UGM 5. Vista Vertical – Norte</i>	94
<i>Ilustración 292: Correlaciones entre variables. UGM 5</i>	95
<i>Ilustración 293: Mapeo de sondajes según Recuperación de cobre. UGM 6. Vista en planta</i>	96
<i>Ilustración 294: Mapeo de sondajes según Recuperación de cobre. UGM 6. Vista Vertical – Este</i>	96
<i>Ilustración 295: Mapeo de sondajes según Recuperación de cobre. UGM 6. Vista Vertical – Norte</i>	96
<i>Ilustración 296: Mapeo de sondajes según Ley Cu Concentrado. UGM 6. Vista en planta</i>	96
<i>Ilustración 297: Mapeo de sondajes según Ley Cu Concentrado. UGM 6. Vista Vertical - Este</i>	96
<i>Ilustración 298: Mapeo de sondajes según Ley Cu Concentrado. UGM 6. Vista Vertical – Norte</i>	97
<i>Ilustración 299: Mapeo de sondajes según Ley Cu Relave. UGM 6. Vista en planta</i>	97
<i>Ilustración 300: Mapeo de sondajes según Ley Cu Relave. UGM 6. Vista Vertical – Este</i>	97
<i>Ilustración 301: Mapeo de sondajes según Ley Cu Relave. UGM 6. Vista Vertical – Norte</i>	97
<i>Ilustración 302: Correlaciones entre variables. UGM 6</i>	98
<i>Ilustración 303: Variograma Modelado Directo Masa Cu Cabeza. UGM 1</i>	99
<i>Ilustración 304: Variograma Modelado Directo Masa Cu Concentrado. UGM 1</i>	99
<i>Ilustración 305: Variograma Modelado Cruzado Masa Cu Cabeza, Masa Cu Concentrado. UGM 1</i>	99
<i>Ilustración 306: Variograma Modelado. Masa Cu Relave. UGM 1</i>	100
<i>Ilustración 307: Variograma Modelado Directo Masa Concentrado. UGM 1</i>	101
<i>Ilustración 308: Variograma Modelado Directo Ley Cu Cabeza. UGM 1</i>	102
<i>Ilustración 309: Variograma Modelado Directo Ley Cu Concentrado. UGM 1</i>	102
<i>Ilustración 310: Variograma Modelado Directo Cu/Fe. UGM 1</i>	103
<i>Ilustración 311: Variograma Modelado Cruzado Ley Cu Cabeza, Cu/Fe. UGM 1</i>	103
<i>Ilustración 312: Variograma Modelado Cruzado Ley Cu Concentrado, Cu/Fe. UGM 1</i>	103
<i>Ilustración 313: Variograma Modelado Cruzado Ley Cu Concentrado, Ley Cu Cabeza. UGM 1</i>	103
<i>Ilustración 314: Variograma Modelado. Ley Cu Relave. UGM 1</i>	104
<i>Ilustración 315: Variograma Modelado. Recuperación Cu. UGM 2</i>	104
<i>Ilustración 316: Variograma Modelado Directo Masa Cu Cabeza. UGM 2</i>	105
<i>Ilustración 317: Variograma Modelado Directo Masa Cu Concentrado. UGM 2</i>	105
<i>Ilustración 318: Variograma Modelado Cruzado Masa Cu Cabeza, Masa Cu Concentrado. UGM 2</i>	106

<i>Ilustración 319: Variograma Modelado. Masa Cu Relave. UGM 2</i>	<u>106</u>
<i>Ilustración 320: Variograma Modelado Directo Masa Concentrado. UGM 2</i>	<u>107</u>
<i>Ilustración 321: Variograma Modelado. Ley Cu Concentrado. UGM 2</i>	<u>108</u>
<i>Ilustración 322: Variograma Modelado. Ley Cu Relave. UGM 2</i>	<u>108</u>
<i>Ilustración 323: Variograma Modelado. Recuperación Cu. UGM 3</i>	<u>109</u>
<i>Ilustración 324: Variograma Modelado Directo Masa Cu Cabeza. UGM 3</i>	<u>110</u>
<i>Ilustración 325: Variograma Modelado Directo Masa Cu Concentrado. UGM 3</i>	<u>110</u>
<i>Ilustración 326: Variograma Modelado Cruzado Masa Cu Cabeza, Masa Cu Concentrado. UGM 3</i>	<u>111</u>
<i>Ilustración 327: Variograma Modelado. Masa Cu Relave. UGM 3</i>	<u>111</u>
<i>Ilustración 328: Variograma Modelado Directo Masa Concentrado. UGM 3</i>	<u>112</u>
<i>Ilustración 329: Variograma Modelado. Ley Cu Concentrado. UGM 3</i>	<u>112</u>
<i>Ilustración 330: Variograma Modelado. Ley Cu Relave. UGM 3</i>	<u>113</u>
<i>Ilustración 331: Variograma Modelado. Recuperación Cu. UGM 4</i>	<u>114</u>
<i>Ilustración 332: Variograma Modelado Directo Masa Cu Cabeza. UGM 4</i>	<u>115</u>
<i>Ilustración 333: Variograma Modelado Directo Masa Cu Concentrado. UGM 4</i>	<u>115</u>
<i>Ilustración 334: Variograma Modelado Cruzado Masa Cu Cabeza, Masa Cu Concentrado. UGM 4</i>	<u>116</u>
<i>Ilustración 335: Variograma Modelado. Masa Cu Relave. UGM 4</i>	<u>116</u>
<i>Ilustración 336: Variograma Modelado Directo Masa Concentrado. UGM 4</i>	<u>117</u>
<i>Ilustración 337: Variograma Modelado. Ley Cu Concentrado. UGM 4</i>	<u>118</u>
<i>Ilustración 338: Variograma Modelado. Ley Cu Relave. UGM 4</i>	<u>118</u>
<i>Ilustración 339: Variograma Modelado. Recuperación Cu. UGM 5</i>	<u>119</u>
<i>Ilustración 340: Variograma Modelado Directo Masa Cu Cabeza. UGM 5</i>	<u>120</u>
<i>Ilustración 341: Variograma Modelado Directo Masa Cu Concentrado. UGM 5</i>	<u>120</u>
<i>Ilustración 342: Variograma Modelado Cruzado Masa Cu Cabeza, Masa Cu Concentrado. UGM 5</i>	<u>120</u>
<i>Ilustración 343: Variograma Modelado. Masa Cu Relave. UGM 5</i>	<u>121</u>
<i>Ilustración 344: Variograma Modelado Directo Masa Concentrado. UGM 5</i>	<u>121</u>
<i>Ilustración 345: Variograma Modelado Directo Ley Cu Cabeza. UGM 5</i>	<u>122</u>
<i>Ilustración 346: Variograma Modelado Directo Ley Cu Concentrado. UGM 5</i>	<u>122</u>
<i>Ilustración 347: Variograma Modelado Directo Cu/Fe. UGM 5</i>	<u>123</u>
<i>Ilustración 348: Variograma Modelado Cruzado Ley Cu Cabeza, Cu/Fe. UGM 5</i>	<u>123</u>
<i>Ilustración 349: Variograma Modelado Cruzado Ley Cu Concentrado, Cu/Fe. UGM 5</i>	<u>123</u>
<i>Ilustración 350: Variograma Modelado Cruzado. Ley Cu Concentrado, Ley Cu Cabeza. UGM 5</i>	<u>123</u>
<i>Ilustración 351: Variograma Modelado. Ley Cu Relave. UGM 5</i>	<u>124</u>
<i>Ilustración 352: Variograma Modelado. Recuperación Cu. UGM 6</i>	<u>124</u>
<i>Ilustración 353: Variograma Modelado Directo Masa Cu Cabeza. UGM 6</i>	<u>125</u>
<i>Ilustración 354: Variograma Modelado Directo Masa Cu Concentrado. UGM 6</i>	<u>125</u>
<i>Ilustración 355: Variograma Modelado Cruzado Masa Cu Cabeza, Masa Cu Concentrado. UGM 6</i>	<u>126</u>
<i>Ilustración 356: Variograma Modelado. Masa Cu Relave. UGM 6</i>	<u>126</u>
<i>Ilustración 357: Variograma Modelado Directo Masa Concentrado. UGM 6</i>	<u>127</u>
<i>Ilustración 358: Variograma Modelado. Ley Cu Concentrado. UGM 6</i>	<u>127</u>
<i>Ilustración 359: Variograma Modelado. Ley Cu Relave. UGM 6</i>	<u>128</u>

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1: Porcentaje de variables categóricas en el modelo de bloques</i>	13
<i>Tabla 2: Variables entregadas en los ensayos</i>	13
<i>Tabla 3: Nomenclatura de variables categóricas</i>	14
<i>Tabla 4: Estadísticas básicas por variable</i>	15
<i>Tabla 5: Estadísticas básicas por variable creada</i>	16
<i>Tabla 6: Número de datos por alteración</i>	19
<i>Tabla 7: Número de datos por minzone</i>	21
<i>Tabla 8: Propuesta de UGM N° 1.</i>	28
<i>Tabla 9: Propuesta de UGM N° 2</i>	28
<i>Tabla 10: Nomenclatura de variables categóricas</i>	28
<i>Tabla 11: Propuesta de UGM N° 3</i>	29
<i>Tabla 12: Media y varianza por variable/UGM para UGM 1, 2 y 3</i>	33
<i>Tabla 13: Media y varianza por variable/UGM para UGM 4, 5 y 6</i>	34
<i>Tabla 14: Resumen de correlaciones altas entre variables</i>	34
<i>Tabla 15: Casos de kriging/cokriging para cada UGM</i>	35
<i>Tabla 16: Direcciones de variogramas experimentales. Caso 1. UGM 1</i>	35
<i>Tabla 17: Modelos, alcances y mesetas. Caso 1. UGM 1</i>	35
<i>Tabla 18: Resumen de planes de búsqueda escogidos</i>	37
<i>Tabla 19: Estadísticas de modelos y datos desagrupados</i>	46
<i>Tabla 20: Estadísticas básicas por variable. UGM 1</i>	80
<i>Tabla 21: Estadísticas básicas por variable. UGM 2</i>	83
<i>Tabla 22: Estadísticas básicas por variable. UGM 3</i>	86
<i>Tabla 23: Estadísticas básicas por variable. UGM 4</i>	89
<i>Tabla 24: Estadísticas básicas por variable. UGM 5</i>	92
<i>Tabla 25: Estadísticas básicas por variable. UGM 6</i>	95
<i>Tabla 26: Direcciones de variogramas experimentales. Caso 2. UGM 1</i>	98
<i>Tabla 27: Alcances Variograma Caso 2. UGM 1</i>	98
<i>Tabla 28: Mesetas Variograma Caso 2. UGM 1</i>	99
<i>Tabla 29: Direcciones de variogramas experimentales. Caso 3. UGM 1</i>	100
<i>Tabla 30: Modelos, alcances y mesetas. Caso 3. UGM 1</i>	100
<i>Tabla 31: Direcciones de variogramas experimentales. Caso 4. UGM 1</i>	100
<i>Tabla 32: Modelos, alcances y mesetas Variograma Caso 4. UGM 1</i>	100
<i>Tabla 33: Direcciones de variogramas experimentales. Caso 5. UGM 1</i>	101
<i>Tabla 34: Alcances Variograma Caso 5. UGM 1</i>	101
<i>Tabla 35: Mesetas Variograma Caso 5. UGM 1</i>	102
<i>Tabla 36: Direcciones de variogramas experimentales. Caso 6. UGM 1</i>	103
<i>Tabla 37: Modelos, alcances y mesetas. Caso 6. UGM 1</i>	103
<i>Tabla 38: Direcciones de variogramas experimentales. Caso 1. UGM 2</i>	104
<i>Tabla 39: Modelos, alcances y mesetas Variograma. Caso 1. UGM 2</i>	104
<i>Tabla 40: Direcciones de variogramas experimentales. Caso 2. UGM 2</i>	105
<i>Tabla 41: Alcances Variograma Caso 2. UGM 2</i>	105
<i>Tabla 42: Mesetas Variograma Caso 2. UGM 2</i>	105
<i>Tabla 43: Direcciones de variogramas experimentales. Caso 3. UGM 2</i>	106
<i>Tabla 44: Alcances y Mesetas Variograma Caso 3. UGM 2</i>	106
<i>Tabla 45: Direcciones de variogramas experimentales. Caso 4. UGM 2</i>	106
<i>Tabla 46: Modelos, alcances y mesetas Variograma Caso 4. UGM 2</i>	107
<i>Tabla 47: Direcciones de variogramas experimentales. Caso 5. UGM 2</i>	107
<i>Tabla 48: Modelos, alcances y mesetas. Caso 5. UGM 2</i>	107
<i>Tabla 49: Direcciones de variogramas experimentales. Caso 6. UGM 2</i>	108
<i>Tabla 50: Modelos, alcances y mesetas. Caso 6. UGM 2</i>	108
<i>Tabla 51: Direcciones de variogramas experimentales. Caso 1. UGM 3</i>	108

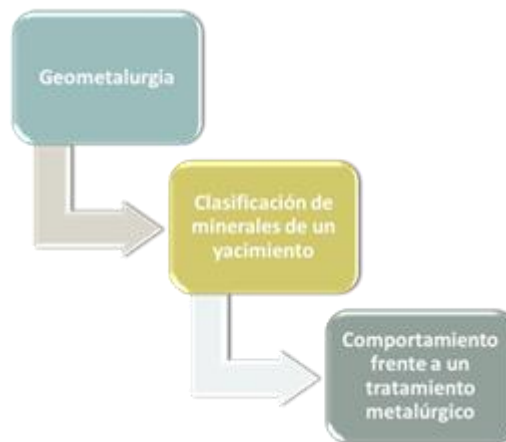
Tabla 52: Modelos, alcances y mesetas. Caso 1. UGM 3	109
Tabla 53: Direcciones de variogramas experimentales. Caso 2. UGM 3	109
Tabla 54: Alcances Variograma Caso 2. UGM 3	109
Tabla 55: Mesetas Variograma Caso 2. UGM 3	110
Tabla 56: Direcciones de variogramas experimentales. Caso 3. UGM 3	111
Tabla 57: Modelos, alcances y mesetas. Caso 3. UGM 3	111
Tabla 58: Direcciones de variogramas experimentales. Caso 4. UGM 3	111
Tabla 59: Modelos, alcances y mesetas Variograma Caso 4. UGM 3	112
Tabla 60: Direcciones de variogramas experimentales. Caso 5. UGM 3	112
Tabla 61: Modelos, alcances y mesetas. Caso 5. UGM 3	112
Tabla 62: Direcciones de variogramas experimentales. Caso 6. UGM 3	113
Tabla 63: Modelos, alcances y mesetas. Caso 6. UGM 3	113
Tabla 65: Direcciones de variogramas experimentales. Caso 1. UGM 4	113
Tabla 66: Modelos, alcances y mesetas. Caso 1. UGM 4	113
Tabla 68: Direcciones de variogramas experimentales. Caso 2. UGM 4	114
Tabla 69: Alcances Variograma Caso 2. UGM 4	114
Tabla 70: Mesetas Variograma Caso 2. UGM 4	115
Tabla 71: Direcciones de variogramas experimentales. Caso 3. UGM 4	116
Tabla 72: Modelos, alcances y mesetas. Caso 3. UGM 4	116
Tabla 74: Direcciones de variogramas experimentales. Caso 4. UGM 4	117
Tabla 75: Modelos, alcances y mesetas Variograma Caso 4. UGM 4	117
Tabla 76: Direcciones de variogramas experimentales. Caso 5. UGM 4	117
Tabla 77: Modelos, alcances y mesetas. Caso 5. UGM 4	117
Tabla 79: Direcciones de variogramas experimentales. Caso 6. UGM 4	118
Tabla 80: Modelos, alcances y mesetas. Caso 6. UGM 4	118
Tabla 82: Direcciones de variogramas experimentales. Caso 1. UGM 5	118
Tabla 83: Modelos, alcances y mesetas. Caso 1. UGM 5	119
Tabla 85: Direcciones de variogramas experimentales. Caso 2. UGM 5	119
Tabla 86: Alcances Variograma Caso 2. UGM 5	119
Tabla 87: Mesetas Variograma Caso 2. UGM 5	119
Tabla 88: Direcciones de variogramas experimentales. Caso 3. UGM 5	120
Tabla 89: Modelos, alcances y mesetas. Caso 3. UGM 5	120
Tabla 91: Direcciones de variogramas experimentales. Caso 4. UGM 5	121
Tabla 92: Modelos, alcances y mesetas Variograma Caso 4. UGM 5	121
Tabla 93: Direcciones de variogramas experimentales. Caso 5. UGM 5	122
Tabla 94: Alcances Variograma Caso 5. UGM 5	122
Tabla 95: Mesetas Variograma Caso 5. UGM 5	122
Tabla 96: Direcciones de variogramas experimentales. Caso 6. UGM 5	123
Tabla 97: Modelos, alcances y mesetas. Caso 6. UGM 5	123
Tabla 99: Direcciones de variogramas experimentales. Caso 1. UGM 6	124
Tabla 100: Modelos, alcances y mesetas. Caso 1. UGM 6	124
Tabla 102: Direcciones de variogramas experimentales. Caso 2. UGM 6	125
Tabla 103: Alcances Variograma Caso 2. UGM 6	125
Tabla 104: Mesetas Variograma Caso 2. UGM 6	125
Tabla 105: Direcciones de variogramas experimentales. Caso 3. UGM 6	126
Tabla 106: Modelos, alcances y mesetas. Caso 3. UGM 6	126
Tabla 108: Direcciones de variogramas experimentales. Caso 4. UGM 6	126
Tabla 109: Modelos, alcances y mesetas Variograma Caso 4. UGM 6	127
Tabla 110: Direcciones de variogramas experimentales. Caso 5. UGM 6	127
Tabla 111: Modelos, alcances y mesetas. Caso 5. UGM 6	127
Tabla 113: Direcciones de variogramas experimentales. Caso 6. UGM 6	128
Tabla 114: Modelos, alcances y mesetas. Caso 6. UGM 6	128
Tabla 116: Resumen Validación Cruzada. Recuperación Cu. UGM 1	129
Tabla 117: Resumen Validación Cruzada. Masa Cu Concentrado. UGM 1	129

Tabla 118: Resumen Validación Cruzada. Masa Cu Cabeza. UGM 1	129
Tabla 119: Resumen Validación Cruzada. Masa Cu Relave. UGM 1	129
Tabla 120: Resumen Validación Cruzada. Masa Concentrado. UGM 1	130
Tabla 121: Resumen Validación Cruzada. Ley Cu Concentrado. UGM 1	130
Tabla 122: Resumen Validación Cruzada. Ley Cu Cabeza. UGM 1	130
Tabla 123: Resumen Validación Cruzada. Cu/Fe. UGM 1	130
Tabla 124: Resumen Validación Cruzada. Ley Cu Relave. UGM 1	131
Tabla 125: Resumen Validación Cruzada. Recuperación Cu. UGM 2	131
Tabla 126: Resumen Validación Cruzada. Masa Cu Concentrado. UGM 2	131
Tabla 127: Resumen Validación Cruzada. Masa Cu Cabeza. UGM 2	131
Tabla 128: Resumen Validación Cruzada. Masa Cu Relave. UGM 2	132
Tabla 129: Resumen Validación Cruzada. Masa Concentrado. UGM 2	132
Tabla 130: Resumen Validación Cruzada. Ley Cu Concentrado. UGM 2	132
Tabla 131: Resumen Validación Cruzada. Ley Cu Relave. UGM 2	132
Tabla 132: Resumen Validación Cruzada. Recuperación Cu. UGM 3	133
Tabla 133: Resumen Validación Cruzada. Masa Cu Concentrado. UGM 3	133
Tabla 134: Resumen Validación Cruzada. Masa Cu Cabeza. UGM 3	133
Tabla 135: Resumen Validación Cruzada. Masa Cu Relave. UGM 3	133
Tabla 136: Resumen Validación Cruzada. Masa Concentrado. UGM 3	134
Tabla 137: Resumen Validación Cruzada. Ley Cu Concentrado. UGM 3	134
Tabla 138: Resumen Validación Cruzada. Ley Cu Relave. UGM 3	134
Tabla 139: Resumen Validación Cruzada. Recuperación Cu. UGM 4	134
Tabla 140: Resumen Validación Cruzada. Masa Cu Concentrado. UGM 4	135
Tabla 141: Resumen Validación Cruzada. Masa Cu Cabeza. UGM 4	135
Tabla 142: Resumen Validación Cruzada. Masa Cu Relave. UGM 4	135
Tabla 143: Resumen Validación Cruzada. Masa Concentrado. UGM 4	135
Tabla 144: Resumen Validación Cruzada. Ley Cu Concentrado. UGM 4	136
Tabla 145: Resumen Validación Cruzada. Ley Cu Relave. UGM 4	136
Tabla 146: Resumen Validación Cruzada. Recuperación Cu. UGM 5	136
Tabla 147: Resumen Validación Cruzada. Masa Cu Concentrado. UGM 5	136
Tabla 148: Resumen Validación Cruzada. Masa Cu Cabeza. UGM 5	137
Tabla 149: Resumen Validación Cruzada. Masa Cu Relave. UGM 5	137
Tabla 150: Resumen Validación Cruzada. Masa Concentrado. UGM 5	137
Tabla 151: Resumen Validación Cruzada. Ley Cu Concentrado. UGM 5	137
Tabla 152: Resumen Validación Cruzada. Ley Cu Cabeza. UGM 5	138
Tabla 153: Resumen Validación Cruzada. Cu/Fe. UGM 5	138
Tabla 154: Resumen Validación Cruzada. Ley Cu Relave. UGM 5	138
Tabla 155: Resumen Validación Cruzada. Recuperación Cu. UGM 6	138
Tabla 156: Resumen Validación Cruzada. Masa Cu Concentrado. UGM 6	139
Tabla 157: Resumen Validación Cruzada. Masa Cu Cabeza. UGM 6	139
Tabla 158: Resumen Validación Cruzada. Masa Cu Relave. UGM 6	139
Tabla 159: Resumen Validación Cruzada. Masa Concentrado. UGM 6	139
Tabla 160: Resumen Validación Cruzada. Ley Cu Concentrado. UGM 6	140
Tabla 161: Resumen Validación Cruzada. Ley Cu Relave. UGM 6	140

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Motivación del Trabajo

Como su nombre lo sugiere, la Geometalurgia es una disciplina transversal que busca integrar Geología, Operaciones Mineras, Procesamiento de Minerales y Metalurgia, para producir un inventario de mineral que incluya no solo las características primarias de la roca, como leyes, litología, estructuras, etcétera, sino que también índices que entreguen información acerca de su comportamiento frente a los procesos metalúrgicos a los que se le someterán. El objetivo de esto, es mejorar la evaluación de los recursos, aumentando su efectividad y consecuentemente el beneficio económico de la actividad. Para lograr su objetivo, esta disciplina se basa en la hipótesis de que la respuesta del mineral ante un proceso, está determinada principalmente por las características geológicas de éste.



Por lo expuesto anteriormente, actualmente se están desarrollando proyectos de investigación en el marco de la Geo-Minero-Metalurgia por un convenio de colaboración entre el Laboratorio ALGES y BHP Billiton. En particular, se busca construir una metodología que permita la elaboración de un modelo de bloques que contenga la respuesta metalúrgica del mineral. Para esto se realizan ensayos de flotación georreferenciados para aplicar herramientas geoestadísticas en la estimación de índices de flotación como leyes de concentrados y recuperación.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

El objetivo de esta memoria es generar una metodología para la construcción de un modelo de bloques de la mina Escondida. Este modelo debe incluir la estimación de la recuperación y leyes de concentrado y relave de cobre, con datos obtenidos a partir de ensayos de flotación a nivel de laboratorio para muestras de sondajes.

1.2.2. Objetivos específicos

Generar un modelo de bloques de las leyes de cobre, en concentrado y relave, y recuperación de cobre mediante dos casos:

- Kriging puntual directo a estas variables
- Kriging de bloques de las masas de cobre en el concentrado y relave

Para esto fue necesario definir unidades de estimación en función de las características del mineral; específicamente su respuesta metalúrgica.

1.3. Alcances

El caso en estudio se restringe a la mina Escondida, explotada por la sociedad de responsabilidad limitada “Minera Escondida Ltda.” constituida por BHP Billiton, Rio Tinto PLC, Jeco Corporation y la Corporación Financiera Internacional. Esto no implica que la metodología para la construcción de las unidades de estimación, modelos variográficos y métodos de validación del kriging para las variables de recuperación de cobre, ley de cobre en el concentrado y ley de cobre en el relave no pueda ser utilizada en otro caso de estudio.

2. ANTECEDENTES

En esta sección, se explica la teoría necesaria para la realización de la metodología. En primer lugar se presenta un glosario técnico de los términos más relevantes utilizados en las secciones posteriores.

2.1. Glosario

- Variable regionalizada: Valor de alguna de las características asociadas a algún fenómeno regionalizado como la ley, densidad, potencia de estrato, etcétera
- Soporte: Es el volumen en el cual se mide una variable regionalizada. De esto dependerá la distribución de valores de la variable regionalizada
- Validación cruzada: Técnica para evaluar el modelo variográfico y vecindad escogida para el kriging donde se estima cada dato de forma sucesiva considerando solamente los datos restantes
- Sesgo: En estadística, es la diferencia entre la media y el valor estimado
- Discretizar: Generación de un subconjunto finito de puntos a partir del dominio de una determinada variable continua
- Nearest Neighbor (NN o Vecino más cercano): Es un estimador que atribuye toda la ponderación al dato más cercano al sitio a estimar
- Variable categórica: Variable cuyos valores son categorías o clases excluyentes
- Variable numérica: Variable cuyos valores se pueden expresar mediante números obtenidos por medición o recuento
- Minzone: Variable categórica que define el tipo de mineralización de una región
- Datos georreferenciados: Datos que están referidos a su ubicación espacial

2.2. Kriging

Es un interpolador espacial insesgado utilizado para estimar variables regionalizadas a partir de datos conocidos. Se caracteriza por considerar el valor de la variable en cada posición en el dominio como una variable aleatoria e incorporar la correlación espacial de éstas. La forma general del kriging se presenta a continuación:

$$Z'(x_0) = a + \sum_{i=1}^n \lambda_i * Z(x_i)$$

Ecuación 1: Forma general del kriging

con:

$Z'(x_0)$: Valor estimado de la variable en la posición x_0 donde no se tiene una muestra

$Z(x_i)$: Valor de la variable en la posición x_i donde si se tienen muestras

a : Término constante

λ_i : Ponderador para para la variable en el punto conocido x_i

Los ponderadores dependen de la distancia al sitio a estimar, la redundancia entre los datos y la continuidad espacial de la variable.

Para maximizar la precisión, la interpolación se plantea como un problema de programación lineal donde se minimiza la varianza del error con la condición de insesgo. Estas restricciones constituyen la base del kriging, que puede tener otras condiciones dependiendo de las características del estudio. Las principales variantes de este método son el kriging simple y ordinario, que se diferencian en que el primero asume que la media de una determinada variable es conocida y constante en todo el espacio, mientras que en el segundo se considera desconocida.

2.2.1. Variografía

Para incorporar la correlación espacial de las variables regionalizadas se utiliza la función variograma, la cual es una medida del contraste entre dos variables en función de una distancia h entre éstas. Esto se utiliza tanto para el caso univariable y multivariable. En este último caso, se incorpora además la relación entre las distintas variables.

$$\gamma(h) = \frac{1}{2} * var[Z(x+h) - Z(x)]$$

$$\gamma_{ij}(h) = \frac{1}{2} * cov[Z_i(x+h) - Z_i(x), Z_j(x+h) - Z_j(x)]$$

Ecuación 2: Función variograma

En la práctica, se utiliza la desviación cuadrática promedio entre dos datos para evitar calcular un variograma directamente de forma continua para todo h . Esto resulta en un gráfico llamado variograma experimental:

$$\hat{\gamma}(h) = \frac{1}{2 * N(h)} * \sum (Z(x_a) - Z(x_b))^2$$

Ecuación 3: Variograma experimental

X_a y X_b son todos los pares de datos que están a una distancia h entre ellos. Para la confección del gráfico es necesario definir una dirección a calcular, la distancia de los pasos y su tolerancia, esto es, cuanta distancia antes y después del paso abarcar; la tolerancia angular, que es el homólogo a la tolerancia de paso pero en términos angulares y finalmente el ancho de banda, el cual determina el alcance del barrido.

Esta es la base para generar el modelo variográfico, que es una combinación lineal de estructuras, lo que constituye el concepto de estructuras anidadas.

2.2.1.1. Modelos utilizados

- **Modelo pepita (Nugget Effect)**

En un principio, por la continuidad espacial, es natural pensar que cuando la distancia h tiende a cero, el variograma debería tener su origen en este. En la práctica esto no sucede al existir poca

correlación a pequeña escala, posibles errores de muestreo o en la posición, efecto del soporte y muestreo preferencial; por lo que el primer modelo que se considera es el siguiente:

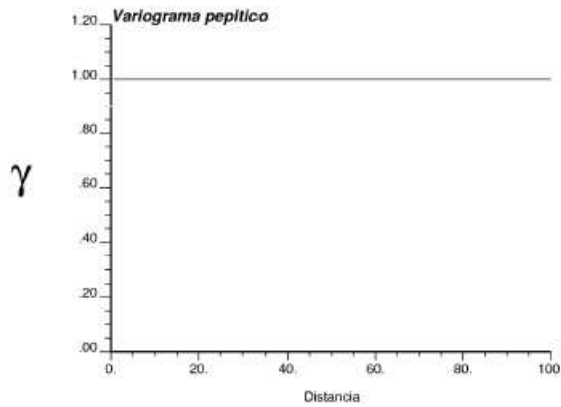


Ilustración 1: Modelo variográfico pepita

$$\gamma(h) = \begin{cases} 0 & \text{si } h = 0 \\ C & \text{en caso contrario} \end{cases}$$

Ecuación 4: Modelo variográfico pepita

- **Modelo Esférico**

El segundo modelo considerado en este trabajo es el modelo esférico. Sus parámetros son el alcance **C** y su meseta **a**.

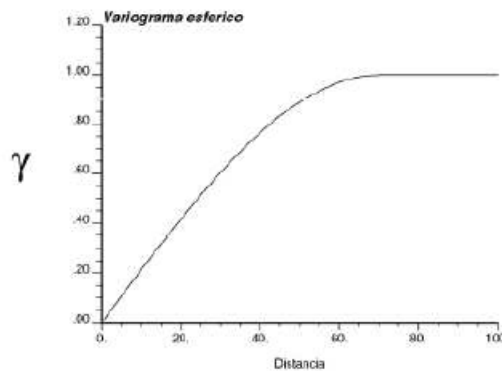


Ilustración 2: Modelo variográfico esférico

$$\gamma(h) = \begin{cases} C * \left(\frac{3}{2} * \frac{|h|}{a} - \frac{1}{2} * \left(\frac{|h|}{a} \right)^3 \right) & \text{si } h \leq a \\ C & \text{en caso contrario} \end{cases}$$

Ecuación 5: Modelo variográfico esférico

- **Modelo Exponencial**

El tercer modelo considerado es el modelo exponencial. Sus parámetros son el alcance **C** y su meseta **a**.

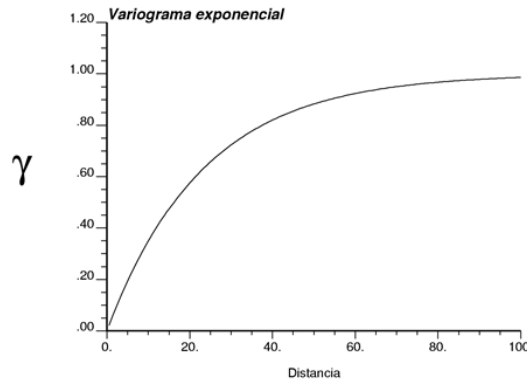


Ilustración 3: Modelo variográfico exponencial

$$\gamma(h) = C * \left(1 - \exp\left(-\frac{3 * h}{a}\right)\right)$$

Ecuación 6: Modelo variográfico exponencial

- **Modelo Gaussiano**

El cuarto modelo es el modelo gaussiano. Sus parámetros son el alcance **C** y su meseta **a**.

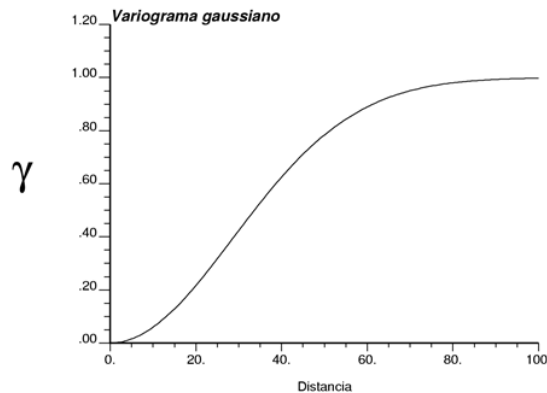


Ilustración 4: Modelo variográfico gaussiano

$$\gamma(h) = C * \left(1 - \exp\left(-\frac{3 * h^2}{a^2}\right)\right)$$

Ecuación 7: Modelo variográfico gaussiano

2.2.2. Vecindad de kriging

Para la elección de datos a utilizar en la estimación de cada punto, se define una vecindad móvil que cambia para cada punto a estimar, favoreciendo a los puntos cercanos que aportan en mayor magnitud a la calidad de la estimación. En general, la forma de la vecindad móvil es elipsoidal, con alcances similares a los alcances de los variogramas modelados.

2.3. Cokriging

Para el caso multivariable del kriging, se tiene un vector \mathbf{Z}^* con variables regionalizadas con \mathbf{n} ubicaciones donde las variables son conocidas. El estimador en este caso es de la siguiente forma:

$$Z^*(x_0) = \delta + \sum_{i=1}^n \Lambda_i^T * Z(x_i)$$

Ecuación 8: Forma general del cokriging

Bajo las mismas condiciones de kriging, las ecuaciones quedan dadas de la siguiente forma:

$$\begin{pmatrix} C_{11} & \cdots & C_{1n} & I \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ C_{n1} & \cdots & C_{nn} & I \\ I & \cdots & I & 0 \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} \Lambda_1 \\ \vdots \\ \Lambda_n \\ M \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} C_{10} \\ \vdots \\ C_{n0} \\ I \end{pmatrix} \quad \delta = 0$$

Ecuación 9: Ecuaciones resultantes del cokriging

con:

δ : Vector de términos aditivos del estimador

C_{ij} : Matriz de covarianza entre los datos en el sitio i y los datos en el sitio j

C_{i0} : Matriz de covarianza entre los datos en el sitio i y las variables a estimar en el sitio x_0

Λ_i : Matrices de ponderadores de cokriging a determinar

M : Matriz de multiplicadores de Lagrange

I : Matriz identidad

0 : Matriz nula

La validación posterior de los modelos se realizará con validaciones cruzadas. Para cada punto conocido, se estima el mismo con los demás datos, generando estadísticos como error, error estandarizado, R cuadrado en la regresión de Estimados v/s Datos Reales, etcétera.

2.4. Geometalurgia

En la búsqueda de mejorar la planificación en el negocio minero, la geoestadística y la metalurgia se han unido para genera una disciplina transversal a las actividades dentro de la minería, con el objetivo de estimar variables de proceso de interés como la dureza, liberación del mineral, fragmentación, consumo de reactivos, recuperación metalúrgica, etcétera. Esto conlleva problemas en la aplicación de herramientas de estimación como el kriging, ya que muchas de las variables de interés son de naturaleza no aditiva. Esto quiere decir que, cuando una variable regionalizada conocida en dos soportes $\mathbf{V1}$ y $\mathbf{V2}$ con valores medios respectivos $\mathbf{z1}$ y $\mathbf{z2}$, la variable en el soporte homogeneizado $\mathbf{V1 U V2}$ no tiene necesariamente el valor del promedio ponderado de $\mathbf{z1}$ y $\mathbf{z2}$. Particularmente, si los soportes son iguales, el valor medio no es necesariamente el promedio de las medias. Esto es característico de las variables secundarias o de respuesta metalúrgica (Coward, S., Vann, J., Dunham, S. & Stewart M., 2009), lo que dificulta el cambio de soporte e imposibilita el kriging de bloques.

3. METODOLOGÍA

Con los antecedentes expuestos, se presenta a continuación la metodología utilizada para la elaboración del estudio.

3.1. Análisis Exploratorio Global de Datos

Inicialmente se calculó las estadísticas básicas de las variables e histogramas con el objetivo de identificar posibles datos aberrantes. Además se revisó la base de datos en búsqueda de datos duplicados o faltantes. Finalmente se visualizó las variables de interés en mapeos de los sondajes.

3.2. Definición de UGMs

En esta sección se trabajó bajo la hipótesis de que la respuesta del mineral ante un proceso está determinada por sus características geológicas. Es importante destacar que, al inicio del trabajo, los ensayos y análisis químicos ya se habían realizado, por lo que el trabajo está limitado sólo a los datos obtenidos en éstos.

Para definir la unidad de estimación, en primer lugar se le asignó a cada ensayo sus variables categóricas según el cruce de datos con el modelo de bloques de Escondida. Como interesa conocer las respuestas metalúrgicas de los ensayos según sus características primarias, se eliminaron las combinaciones de variables categóricas de las cuales existen pocos datos.

Posteriormente, los datos se filtraron por variables categóricas, desplegando boxplots y gráficos de probabilidad por variable con el fin de encontrar y agrupar conjuntos de ensayos con respuestas similares.

Finalmente se propusieron conjuntos de combinaciones de variables categóricas como definición de unidades de estimación.

3.3. Análisis Exploratorio de Datos por Cada UGM Definida

En primer lugar, se calcularon las siguientes variables aditivas:

- Masa de Cobre en el Relave
- Masa de Cobre en el Concentrado
- Masa de Cobre en la Cabeza
- Masa de Ganga en el Concentrado
- Masa de Ganga en el Relave

Estas variables se calcularon por su naturaleza aditiva y su potencial para el cálculo de la recuperación.

Como los datos globales fueron revisados previamente, en esta sección se muestra el resumen de las estadísticas básicas y las correlaciones de las variables. A partir de esto, se proponen casos de kriging y/o cokriging para el cálculo de las variables de interés. Como se indicó anteriormente, los casos para estimar las variables de interés deben ser de dos tipos:

- Con cambio de soporte para variables aditivas
- Sin cambio de soporte para variables no aditivas

Un ejemplo de un caso con cambio de soporte es la siguiente situación:

- Calcular la recuperación mediante dos kriging de bloques. En este caso, el primero se realiza directo a la masa de cobre de concentrado y el segundo a la masa de cobre de alimentación, posteriormente la recuperación se determina a partir de estos dos modelos de bloques

3.4. Elección de Casos

Como el objetivo es comparar estimaciones puntuales con estimaciones de bloques, para escoger los casos a comparar, y en función de lo anterior, se escogieron al menos dos casos de recuperación de cobre y ley de concentrado; uno en que pueda realizar kriging de bloques y otro limitado al kriging puntual.

3.5. Estudio Variográfico por UGM, Modelamiento y Validación

En esta sección se realizó el estudio variográfico y modelamiento por caso/UGM. Para los variogramas experimentales, se evaluó en un principio cuatro pares de direcciones ortogonales en el plano y su vertical correspondiente. Luego se tomó las direcciones con mayor diferencia y se aumentó, o disminuyó dependiendo el caso, la inclinación y el buzamiento hasta encontrar las direcciones principales de posibles anisotropías.

Después del modelamiento, se realizó una validación cruzada con los siguientes seis planes de búsqueda de datos:

- 3 Datos máximo por octante – 24 Datos máximo
- 4 Datos máximo por octante – 32 Datos máximo
- 5 Datos máximo por octante – 40 Datos máximo
- 24 Datos máximo – Sin octantes
- 32 Datos máximo – Sin octantes
- 40 Datos máximo – Sin octantes

Los alcances y direcciones dependen de las anisotropías encontradas en el estudio variográfico.

3.6. Estimación

La estimación se realizó con los modelos variográficos obtenidos anteriormente y radios de búsqueda en función de los alcances de las anisotropías. El plan de búsqueda se escogerá favoreciendo el insesgo del error y luego la exactitud. Para los casos de estimación de bloques, se discretizaron los bloques en 3, 3 y 1 (X, Y y Z).

3.7. Comparación de Casos

Para comparar los casos, se utilizaron los ensayos de las variables y se realizó un NN (Nearest Neighbor) por variable/UGM para desagrupar los datos de los ensayos y se evaluó con los modelos creados en los casos mediante tres métodos.

3.7.1. Comparación gráfica

Se muestran cortes en planta de los modelos de bloques creados con los ensayos correspondientes sobrepuestos, esto con el objetivo de ver la relación estimación/datos visualmente.

3.7.2. Comparación mediante derivas

Se calcularon y graficaron derivas en los ejes coordenados para los modelos de bloques creados y su correspondiente NN.

3.7.3. Comparación estadística

Se comparó las estadísticas globales de los modelos de bloques creados y su NN correspondiente.

4. ANTECEDENTES DE LA FAENA

La faena Escondida se ubica 155 km. al sureste de la ciudad de Antofagasta, en la región de Antofagasta, Chile. Su ubicación en coordenadas geográficas es de 24°16' latitud sur y 69°04' longitud oeste, y su altura media de 3.000 m.s.n.m. Es explotada por la sociedad de responsabilidad limitada "Minera Escondida Ltda." constituida por BHP Billiton, Rio Tinto PLC, Jeco Corporation y la Corporación Financiera Internacional.

La faena corresponde a una mina tipo cielo abierto, enfocada a la extracción y procesamiento de minerales para la producción de concentrado y cátodos de cobre. Inició operaciones el año 1990, logrando una producción anual de 1.075.825 toneladas de cobre fino el año 2012, con una profundidad de 645 metros y dimensiones de 3,9 km x 2,7 km (año 2012).

4.1. Geología

El yacimiento contiene material oxidado y sulfurado, con una reserva de sulfuros al año 2002 de 2.044 millones de toneladas, con ley promedio de 1,07% de cobre y una reserva de óxidos de 40 millones de toneladas con ley promedio de 0,62% de cobre.

4.1.1. Características litológicas

Se caracteriza por una roca huésped de andesita, pórfido feldespático, brechas, diques que cortan el pórfido de composición dacita y diorita.

4.1.2. Tipos de alteración presentes

Alteraciones de tipo potásica, cuarzo sericítica, argílicas y propilíticas.

4.1.3. Tipos de mineralización presente

La mineralización se compone de distintas zonas:

- Hipógena: Localizadas en partes profundas con minerales de bornita, calcopirita y pirita
- Enriquecimiento secundario: Involucra en general minerales de calcosina, covelina con menor digenita reemplazando granos de calcopirita, pirita y bornita. Se compone de:
 - Mineralización de bajo enriquecimiento: Partes de baja calcopirita reemplazada por covelina y con un aumento de calcosina
 - Mineralización de alto enriquecimiento: Menor cantidad de calcosina con una asociación dominante de calcosina-pirita
- Oxidados de cobre: Se compone principalmente de sulfatos de cobre como crisocola, antlerita, turquesa, brocantita y atacamita
- Lixiviados: Zona de limolitas con jarosita, hematita y goethita

4.2. Producción

La faena Escondida posee dos líneas de producción principales. A continuación se presenta el flowsheet general de la faena y las características generales de las líneas de producción para el año 2012.

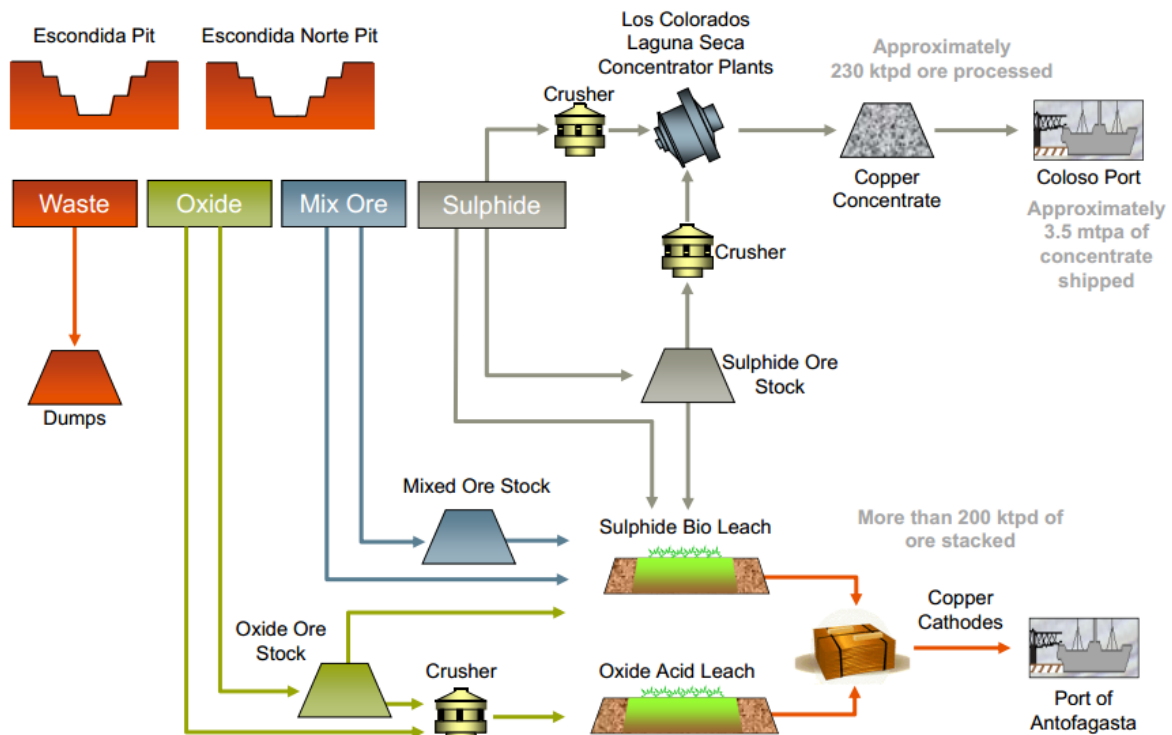


Ilustración 5: Flowsheet de faena Escondida

4.2.1. Características generales de plantas concentradoras

- Capacidad de diseño de 120.000 tpd para Los Colorados y 110.000 tpd para Laguna Seca
- 62.000 MWh de consumo de energía en cada planta

4.2.2. Características generales del proceso hidrometalúrgico

- Dos plantas de extracción por solvente. Una para óxidos cobre y otra para sulfuros de cobre
- Lixiviación en diferentes líneas para óxidos y sulfuros
- Electro-Obtención con capacidad para 330.000 tpa

5. ANALISIS EXPLORATORIO GLOBAL DE DATOS

Antes del análisis, se presentarán los datos con los cuales se realizará el trabajo.

5.1. Modelo de Bloques

El modelo contiene 4.320.287 de bloques de dimensiones 25x25x15 metros. A cada bloque se le asocia su centroide, litología, minzone, alteración, densidad y la cota del piso del banco. Los porcentajes de las variables categóricas relevantes se muestran a continuación:

Litología	Pórfido Feldespático	Pórfido cuarcífero	Andesita	Brechas	Gravas
Cantidad [N°]	1.997.657	216.581	2.052.252	9.596	44.201
Porcentaje [%]	46%	5%	48%	0,2%	1%

Minzone	Óxidos	Parcial Lixiviado	Mixto	Alto Enriquecido	Bajo Enriquecido	Primario
Cantidad [N°]	400.617	12.533	22.446	80.271	50.415	3.754.005
Porcentaje [%]	9%	0,3%	1%	2%	1%	87%

Alteración	Cuarzo, sericita, arcilla	Clorita, sericita, arcilla	Potásica
Cantidad [N°]	542.270	2.700.805	1.077.212
Porcentaje [%]	13%	63%	25%

Tabla 1: Porcentaje de variables categóricas en el modelo de bloques

5.2. Ensayos de Flotación

Se tienen 4.893 ensayos de laboratorio que entregan las siguientes 13 variables:

Ley Cu Cabeza (%)	Ley Fe Cabeza (%)	Cu/Fe	Cobre Oxidado (%)
Masa Concentrado (gr)	Masa Relave (gr)	Masa Alimentación (gr)	Ley Cu Relave (%)
Ley Fe Relave (%)	Ley Cu Concentrado (%)	Recuperación Cu (%)	Ley Fe Concentrado (%)
Recuperación Fe (%)	-	-	-

Tabla 2: Variables entregadas en los ensayos

El procedimiento de los ensayos de encuentra en los anexos.

Estos ensayos están georreferenciados con compósitos de alrededor de 15 metros de longitud, lo cual equivale al tamaño de banco.

Como interesa definir las unidades de estimación por su comportamiento metalúrgico, se utilizaron las variables categóricas ya estimadas en el modelo de bloques de Escondida.

Como se desea utilizar la mayor cantidad de información posible, se separaron los ensayos por litología, minzone y alteración. A continuación se presenta la nomenclatura de las variables categóricas y de cómo se denotaron las distintas clases de minerales. También se muestra la frecuencia del 94,5 % de los datos más representativos:

LITOLOGÍA	
DESCRIPCION	Código
Pórfido Feldespático	1
Pórfido cuarcífero	2
Andesita	3
Brechas	4
Gravas	6
Pórfido Grueso	7

MINZONE	
DESCRIPCION	Código
HE (Alto Enriquecido)	6
LE (Bajo Enriquecido)	7
Primario (Primario)	8

ALTERACIÓN	
DESCRIPCION	Código
QSC (Cuarzo, sericita, arcilla)	1
SCC (Clorita, sericita, arcilla)	2
Potásica	3

Tabla 3: Nomenclatura de variables categóricas

XYZ

161

X	Litología
Y	Minzone
Z	Alteración

Litología	Pórfido Feldespático
Minzone	Alto Enriquecido
Alteración	Cuarzo, sericita, arcilla

Histograma

Clase	N° Datos	Porcentaje (%)
161	939	23
181	700	17
171	618	15
361	237	6
382	237	6
371	227	6
182	205	5
372	199	5
381	173	4
261	124	3
172	90	2
183	81	2
162	72	2
461	68	2
173	45	1
271	43	1
373	40	1

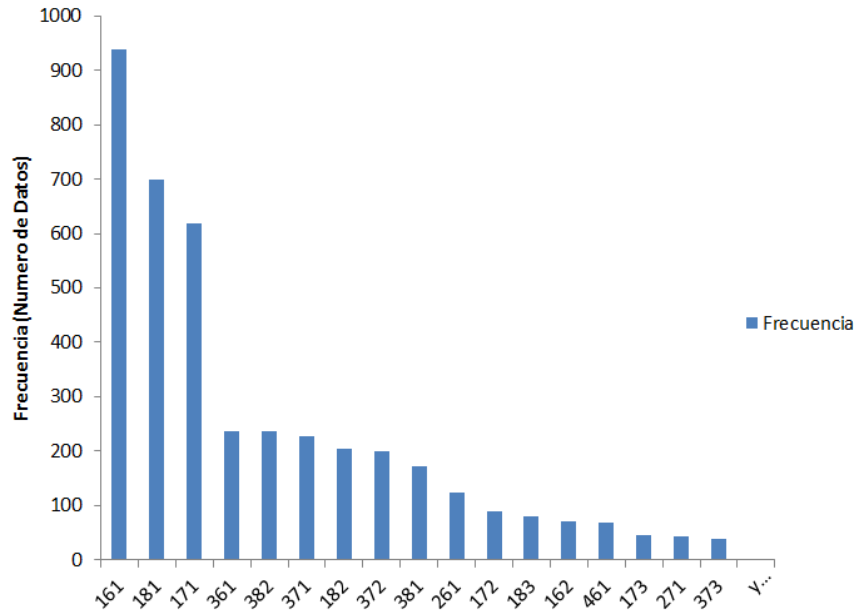


Ilustración 6: Nomenclatura de clases de minerales y frecuencia

El resto de las clases, contienen menos de 40 datos, por lo que se consideran poco representativas y con probabilidad de generar ruido en las estimaciones, ya que sabemos poco de su comportamiento particular al someterlo a un proceso de flotación.

Las estadísticas de las variables se muestran en el siguiente cuadro:

	Media	Desviación estándar	Varianza	Rango	Mínimo	Máximo
Ley Cu Cabeza [%]	0,86	0,55	0,31	6,10	0,08	6,18
Ley Fe Cabeza [%]	2,08	1,31	1,71	15,75	0,26	16,01
Cu/Fe	0,58	0,67	0,45	11,60	0,03	11,63
Cu Oxidado [%]	0,07	0,06	0,00	1,06	0,00	1,07
Masa Concentrado [gr]	117,35	53,78	2.892,82	576,30	22,10	598,40
Masa Relave [gr]	877,32	53,65	2.877,92	576,50	397,60	974,10
Masa Alimentación [gr]	994,67	3,98	15,81	84,00	922,20	1.006,20
Ley Cu Relave [%]	0,12	0,08	0,01	0,91	0,01	0,92
Ley Fe Relave [%]	0,73	0,80	0,64	8,41	0,07	8,48
Ley Cu Concentrado [%]	7,04	4,21	17,75	36,62	0,23	36,85
Recuperación Cu [%]	86,30	7,42	55,02	60,49	38,33	98,82
Ley Fe Concentrado [%]	11,68	5,08	25,78	38,86	0,84	39,70
Recuperación Fe [%]	69,12	22,62	511,71	90,90	6,24	97,13

Tabla 4: Estadísticas básicas por variable

La cantidad de datos, eliminando duplicados y clases con poca información, finalmente es 4.093. Cabe notar que no hay datos aberrantes o atípicos.

A partir de las variables anteriores, se definen nuevas variables de importancia, las cuales presentan las siguientes estadísticas:

	Media	Desviación estándar	Varianza	Mínimo	Máximo
<i>Masa Cu Concentrado (gr)</i>	7,55	5,20	27,06	0,62	54,54
<i>Masa Cu Relave (gr)</i>	1,05	0,72	0,52	0,08	7,99
<i>Masa Cu Cabeza (gr)</i>	8,56	5,52	30,48	0,78	61,42
<i>Masa Ganga Concentrado [gr]</i>	109,80	52,72	2.779,00	18,94	593,74
<i>Masa Ganga Relave [gr]</i>	876,27	53,60	2.873,23	397,20	973,81

Tabla 5: Estadísticas básicas por variable creada

A continuación se muestran las vistas bidimensionales donde se aprecia la distribución de porcentaje de recuperación de cobre y de leyes de cobre en el concentrado y relave. En los anexos se encuentran los histogramas por cada variable.

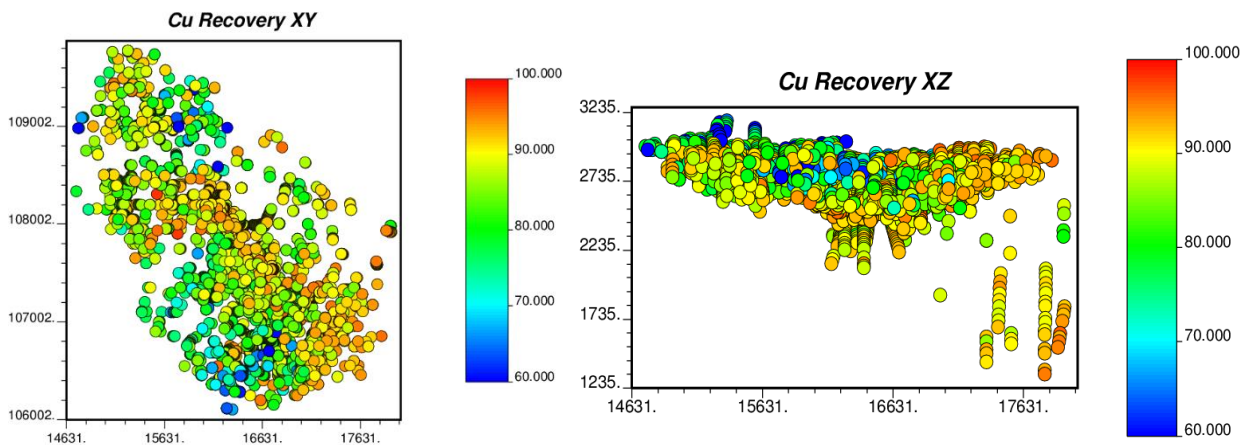


Ilustración 7: Mapeo de sondajes según Recuperación de cobre. Vista en planta

Ilustración 8: Mapeo de sondajes según Recuperación de cobre. Vista Vertical - Este

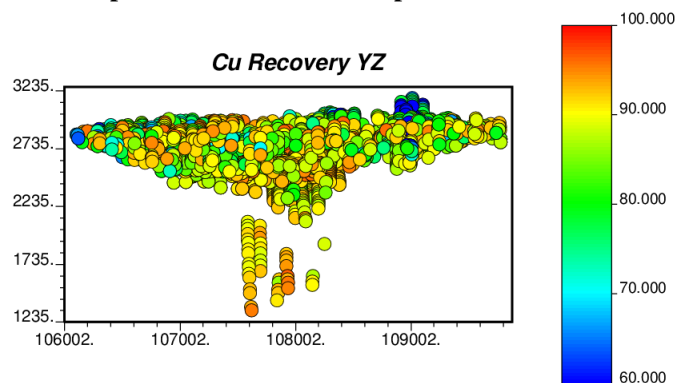


Ilustración 9: Mapeo de sondajes según Recuperación de cobre. Vista Vertical – Norte

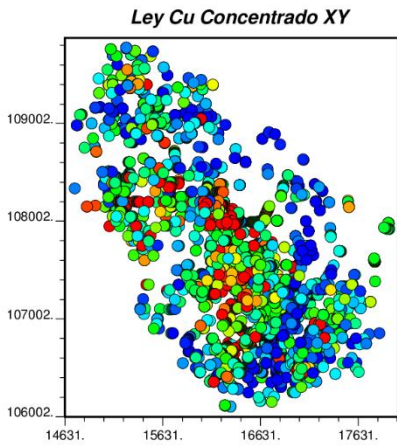


Ilustración 10: Mapeo de sondajes según Ley Cu Concentrado. Vista en planta

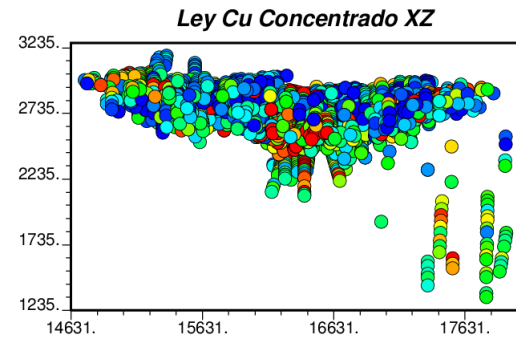
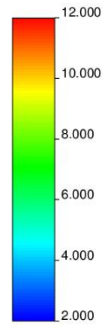


Ilustración 11: Mapeo de sondajes según Ley Cu Concentrado. Vista Vertical – Este

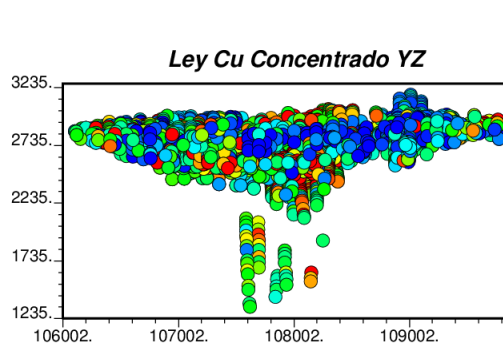
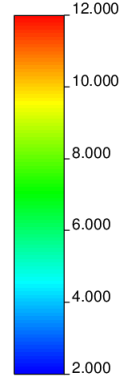


Ilustración 12: Mapeo de sondajes según Ley Cu Concentrado. Vista Vertical - Norte

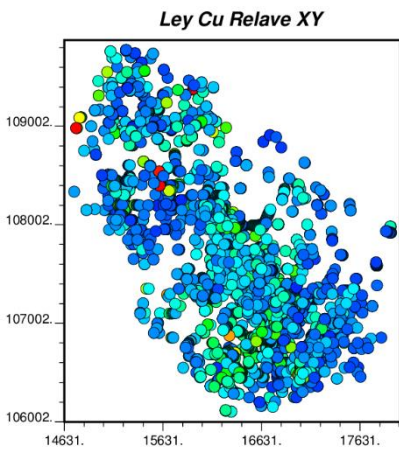
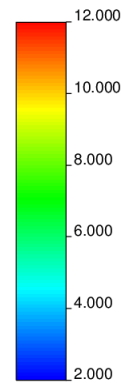


Ilustración 13: Mapeo de sondajes según Ley Cu Relave. Vista en planta

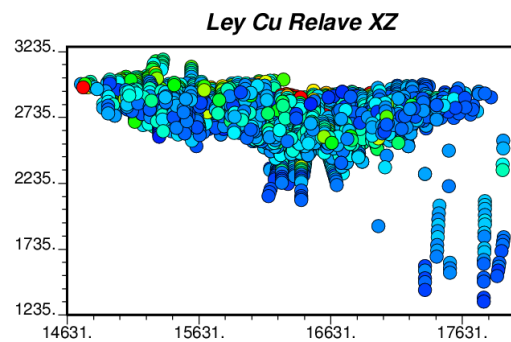
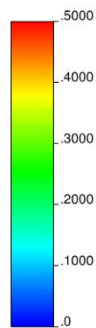
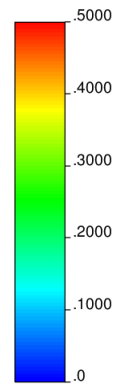
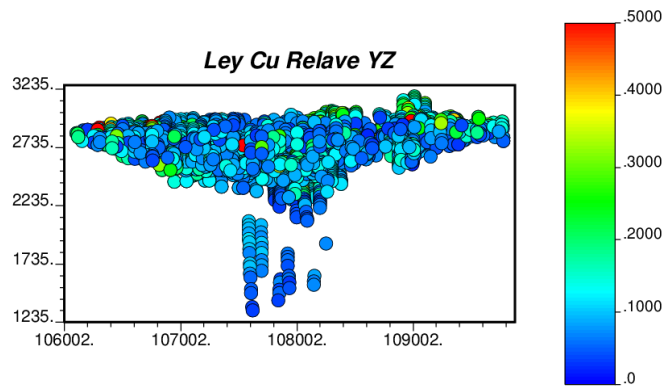


Ilustración 14: Mapeo de sondajes según Ley Cu Relave. Vista Vertical – Este





**Ilustración 15: Mapeo de sondajes según
Ley Cu Relave. Vista Vertical - Norte**

6. DEFINICIÓN DE UGM

En esta sección se presenta el estudio de los datos que llevó a la definición de las unidades geometalúrgicas. Inicialmente se separaron los datos por alteración y minzone, para después encontrar grupos de datos con variables categóricas distintas pero con variables numéricas similares por medio de la visualización de boxplots. A continuación se presentan las variables numéricas para las cuales se encontraron grupos similares.

6.1. Gráficos de Probabilidad por Alteración

En los boxplots del anexo 11.3 se observa que las alteraciones 2 y 3 tienen un comportamiento similar tanto en variables primarias (antes del proceso) y secundarias (respuesta metalúrgica). A continuación se muestran los gráficos de probabilidad para cada variable.

Descripción	Código	Nº Datos	Leyenda
Cuarzo, sericita, arcilla	1	3.129	Magenta
Clorita, sericita, arcilla	2	803	Cian
Potásico	3	166	Verde

Tabla 6: Número de datos por alteración

6.1.1. Gráficos de probabilidad para escala logarítmica

6.1.1.1. Variables Primarias

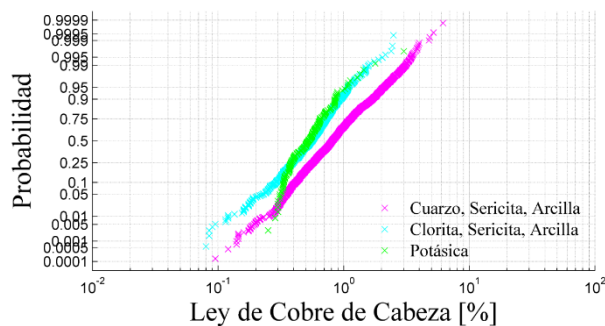


Ilustración 16: Gráfico de Probabilidad por Alteración. Escala logarítmica Ley Cu Cabeza

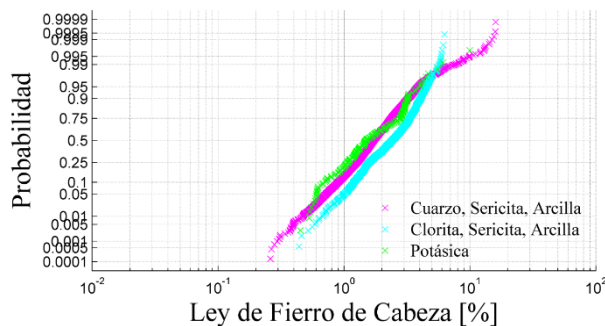


Ilustración 17: Gráfico de Probabilidad por Alteración. Escala logarítmica Ley Fe Cabeza

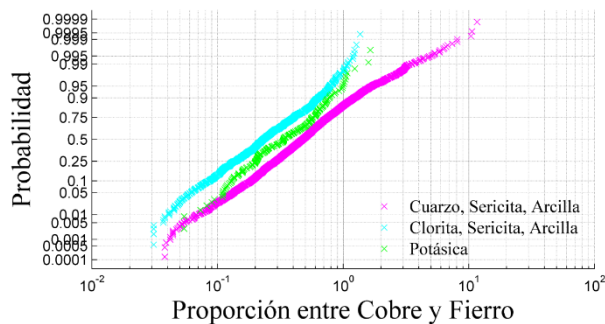


Ilustración 18: Gráfico de Probabilidad por Alteración. Escala logarítmica Cu/Fe

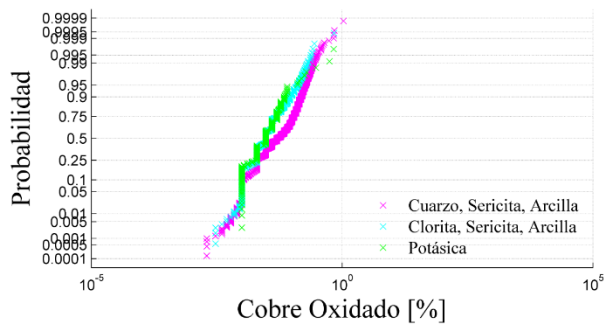


Ilustración 19: Gráfico de Probabilidad por Alteración. Escala logarítmica Cu Oxidado

6.1.1.2. Variables Secundarias

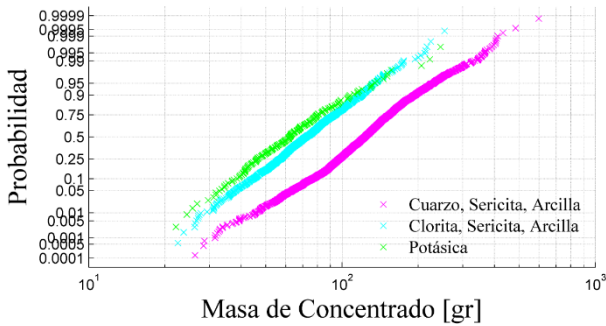


Ilustración 20: Gráfico de Probabilidad por Alteración. Escala logarítmica Masa Concentrado

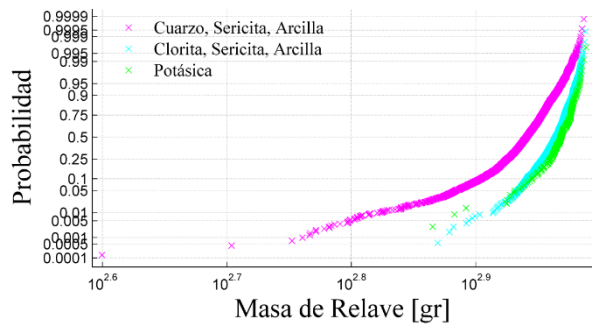


Ilustración 21: Gráfico de Probabilidad por Alteración. Escala logarítmica Masa Relave

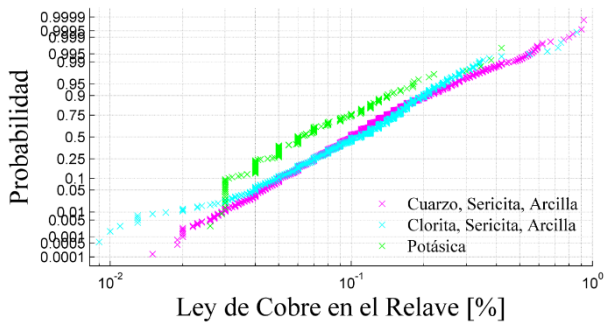


Ilustración 22: Gráfico de Probabilidad por Alteración. Escala logarítmica Ley Cu Relave

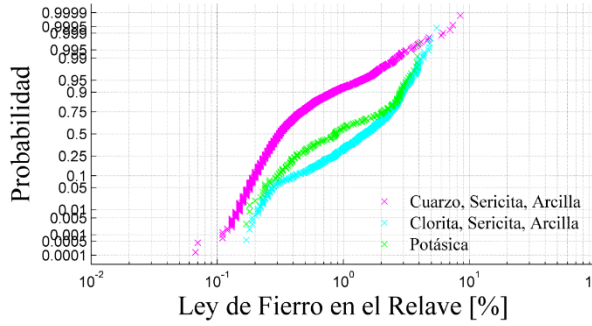


Ilustración 23: Gráfico de Probabilidad por Alteración. Escala logarítmica Ley Fe Relave

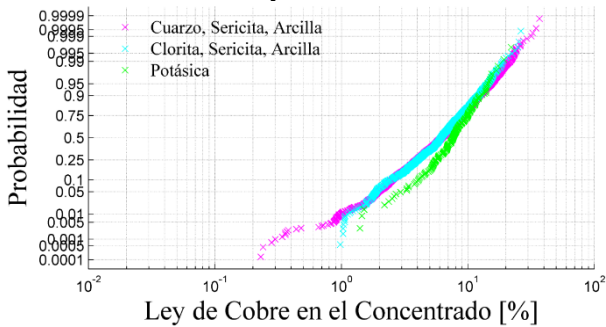


Ilustración 24: Gráfico de Probabilidad por Alteración. Escala logarítmica Ley Cu Concentrado

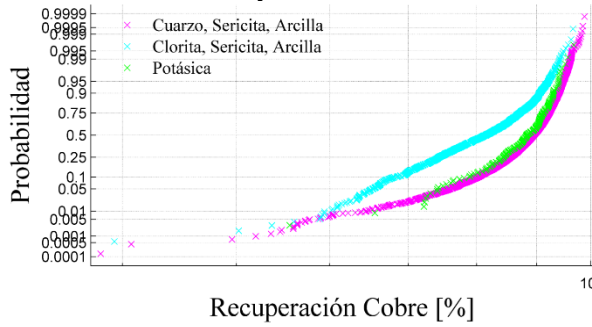


Ilustración 25: Gráfico de Probabilidad por Alteración. Escala logarítmica Recuperación Cu

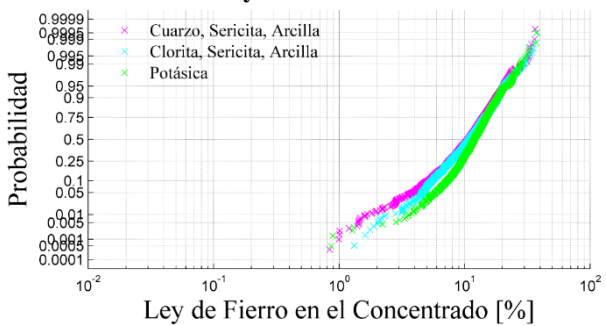


Ilustración 26: Gráfico de Probabilidad por Alteración. Escala logarítmica Ley Fe Concentrado

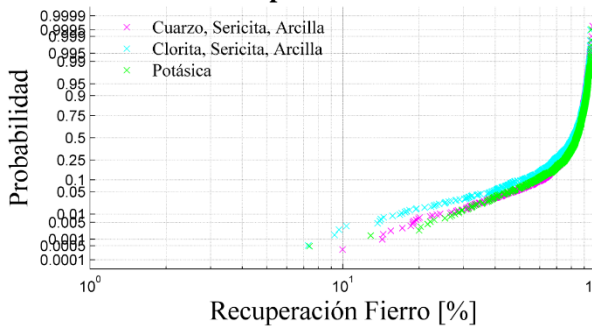


Ilustración 27: Gráfico de Probabilidad por Alteración. Escala logarítmica Recuperación Fe

En general se observan diversas combinaciones de poblaciones. Por una parte se aprecia una relación entre las alteraciones 2 y 3 para las siguientes variables:

- Variables Primarias
 - Ley de cobre de cabeza
 - Relación cobre/ferro
 - Porcentaje de cobre oxidado

- Variables Secundarias
 - Masa de concentrado
 - Masa de relave
 - Recuperación de ferro
 - Ley de ferro en el relave

Adicionalmente es posible encontrar relaciones entre las alteraciones 1 y 2 con respecto a la ley de cobre en el concentrado y en el relave. Así mismo en la recuperación de cobre, también se denota una correspondencia con las alteraciones 1 y 3.

Por lo anterior, las alteraciones 2 y 3 guardan un comportamiento metalúrgico de mayor similitud en comparación a las alteraciones 1 y 2 o 1 y 3. Sin embargo, en la variable recuperación, las alteraciones 2 y 3 tienen un comportamiento diferente.

Como se desea favorecer el uso de las variables aditivas para el cálculo de la recuperación, se decidió agrupar las alteraciones 2 y 3. Cabe notar que esta decisión puede perjudicar el futuro kriging puntual de la variable recuperación y favorecer a los kriging de masas.

Es importante considerar que para realizar un estudio amplio acerca de alguna metodología para generar modelos espaciales de leyes y recuperación en flotación, se deben definir múltiples conjuntos de unidades geometalúrgicas dependiendo los casos del kriging a realizar.

6.2. Gráficos de Probabilidad por Minzone

De forma análoga a los gráficos de probabilidad por alteración, en los gráficos de probabilidad por minzone se observó que la minzone 7 y 8 tienen un comportamiento similar tanto en variables primarias y secundarias. A continuación se presentan los gráficos de probabilidad correspondientes.

Descripción	Código	Nº Datos	Leyenda
Alto Enriquecido (HE)	6	1.440	Magenta
Bajo Enriquecido (LE)	7	1.262	Cian
Primario	8	1.396	Verde

Tabla 7: Número de datos por minzone

6.2.1. Gráficos de probabilidad para escala logarítmica

6.2.1.1. Variables Primarias

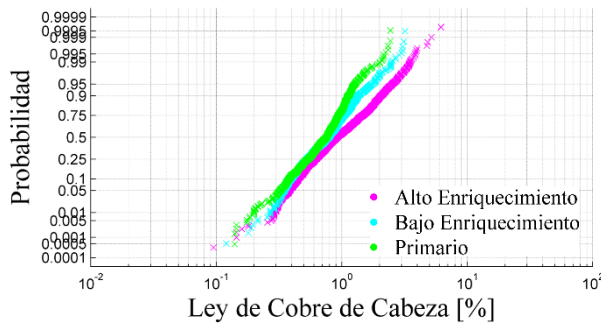


Ilustración 28: Gráfico de Probabilidad por Minzone. Escala logarítmica Ley Cu Cabeza

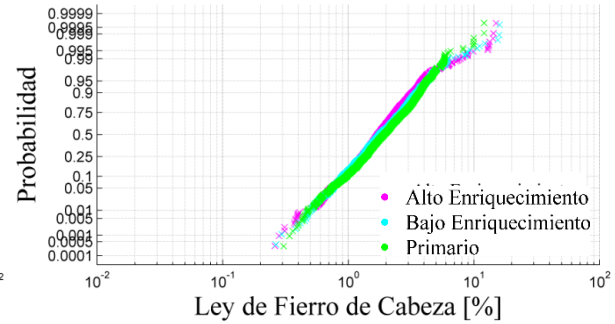


Ilustración 29: Gráfico de Probabilidad por Minzone. Escala logarítmica Ley Fe Cabeza

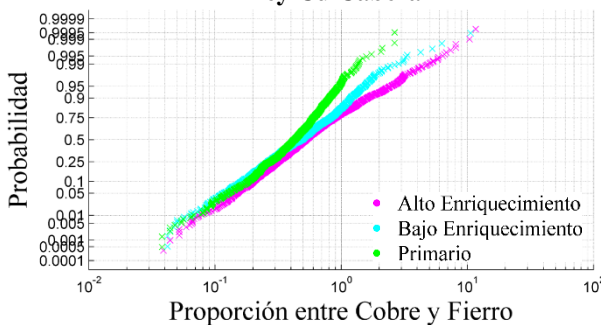


Ilustración 30: Gráfico de Probabilidad por Minzone. Escala logarítmica Cu/Fe

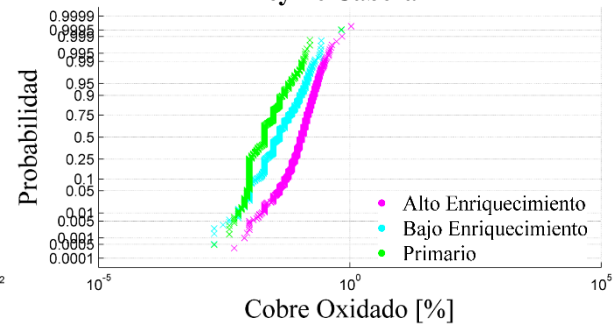


Ilustración 31: Gráfico de Probabilidad por Minzone. Escala logarítmica Cu Oxidado

6.2.1.2. Variables Secundarias

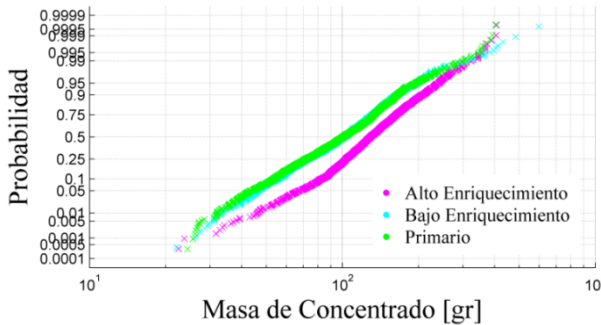


Ilustración 32: Gráfico de Probabilidad por Minzone. Escala logarítmica Masa Concentrado

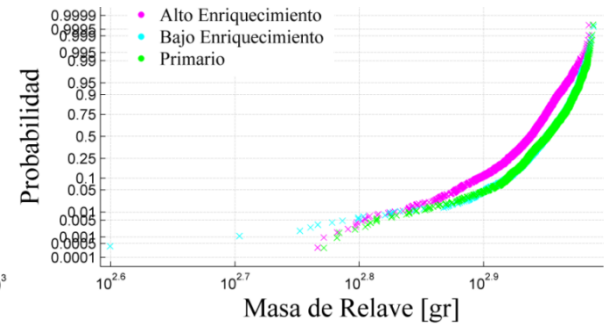


Ilustración 33: Gráfico de Probabilidad por Minzone. Escala logarítmica Masa Relave

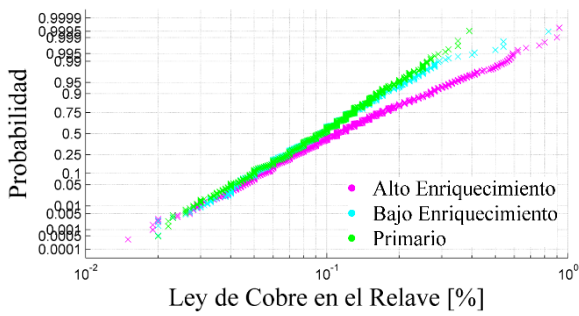


Ilustración 34: Gráfico de Probabilidad por Minzone. Escala logarítmica Ley Cu Relave

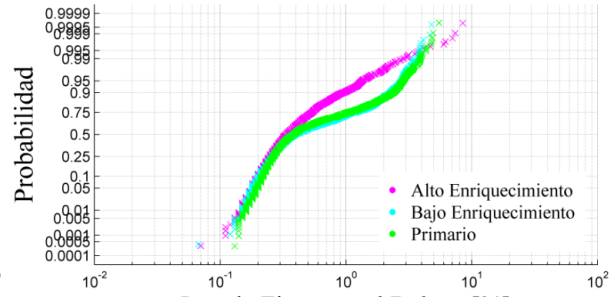


Ilustración 35: Gráfico de Probabilidad por Minzone. Escala logarítmica Ley Fe Relave

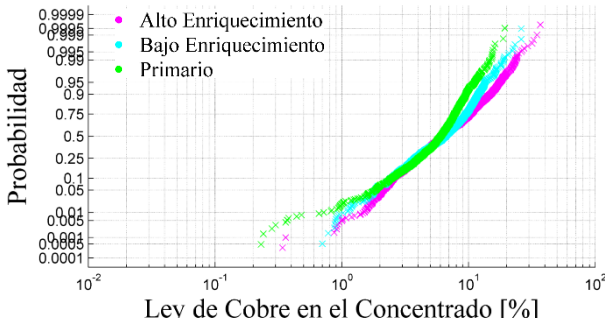


Ilustración 36: Gráfico de Probabilidad por Minzone. Escala logarítmica Ley Cu Concentrado

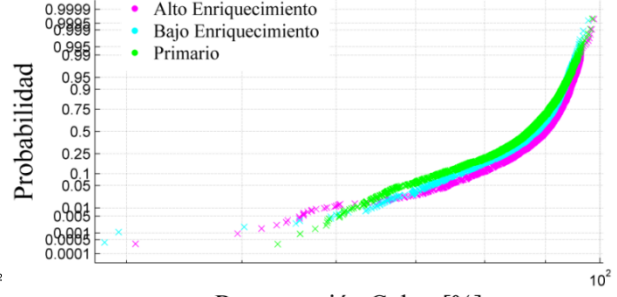


Ilustración 37: Gráfico de Probabilidad por Minzone. Escala logarítmica Recuperación Cu

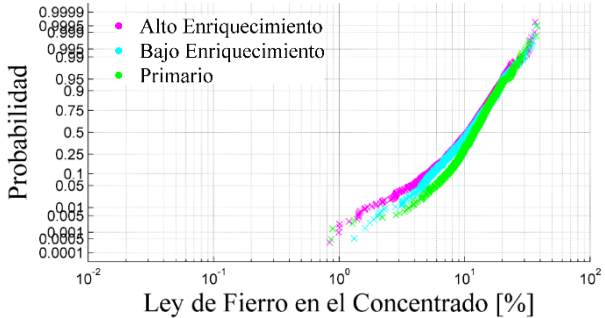


Ilustración 38: Gráfico de Probabilidad por Minzone. Escala logarítmica Ley Fe Concentrado

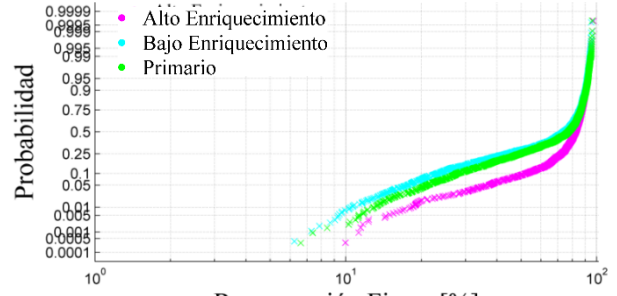


Ilustración 39: Gráfico de Probabilidad por Minzone. Escala logarítmica Recuperación Fe

En los gráficos de probabilidad, se observa diferencia de poblaciones en particular para la minzone de alto enriquecimiento. El bajo enriquecimiento con mineralización primaria, tiene comportamiento similar para:

- Masa de concentrado
- Masa de relave
- Ley de cobre de relave
- Recuperación de hierro
- Recuperación de cobre
- Ley de cobre en el concentrado

Por la similitud del comportamiento de las variables estudiadas, se decide agrupar la minzone de bajo enriquecimiento con la mineralización primaria.

6.3. Gráficos de Probabilidad por Minzone para Grupos de Alteración

Para validar los grupos anteriores, se realizó un estudio solo para datos con la alteración 1 y solo para la unión de datos de la alteración 2 y 3, agrupando nuevamente las variables por minzone. Los boxplots se encuentran en los anexos. A continuación se presentan los gráficos de probabilidad respectivos.

6.3.1. Gráficos de probabilidad por minzone solo para alteración 1

6.3.1.1. Variables Primarias

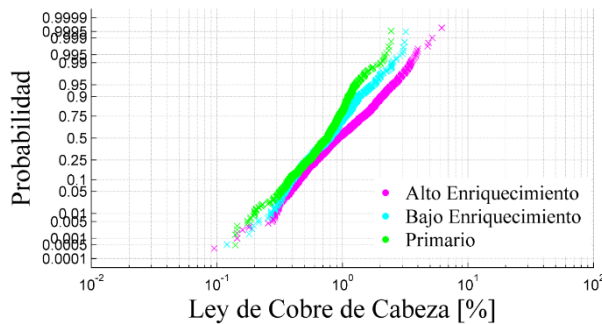


Ilustración 40: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 1. Escala logarítmica. Ley Cu Cabeza

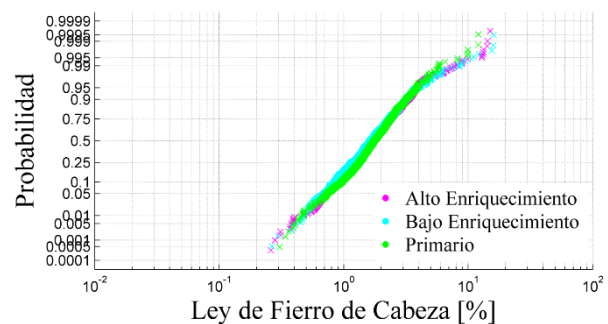


Ilustración 41: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 1. Escala logarítmica. Recuperación Fe

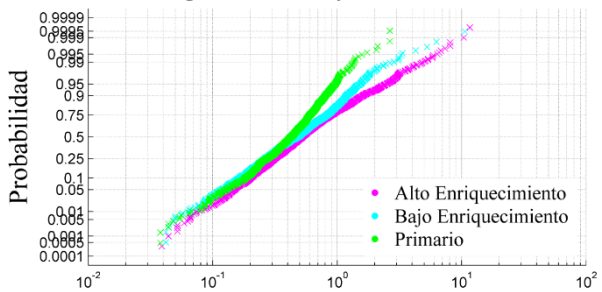


Ilustración 42: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 1. Escala logarítmica. Cu/Fe

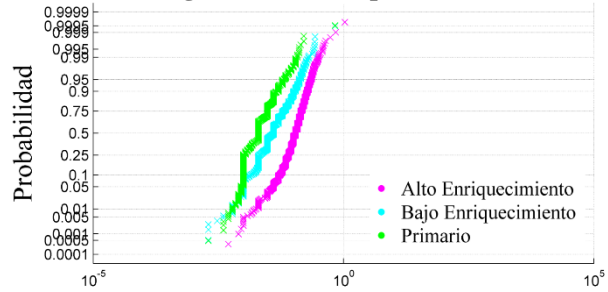


Ilustración 43: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 1. Escala logarítmica. Cu Oxidado

6.3.1.2. Variables Secundarias

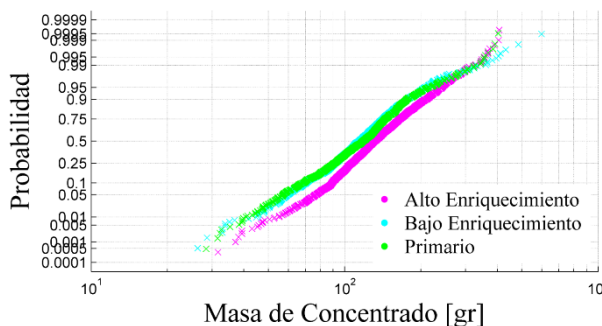


Ilustración 44: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 1. Escala logarítmica. Masa Concentrado

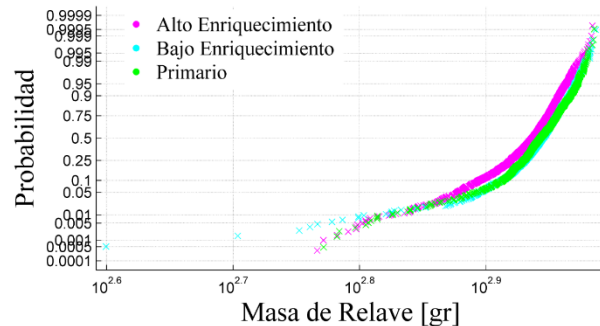


Ilustración 45: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 1. Escala logarítmica. Masa Relave

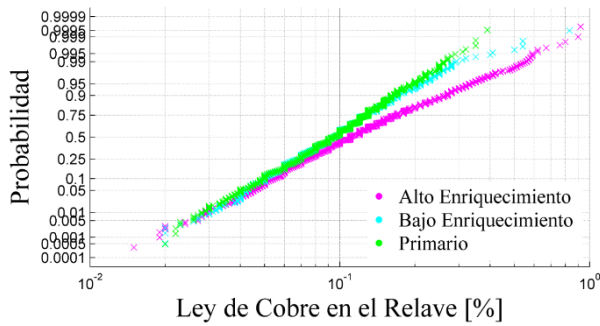


Ilustración 46: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 1. Escala logarítmica. Ley Cu Relave

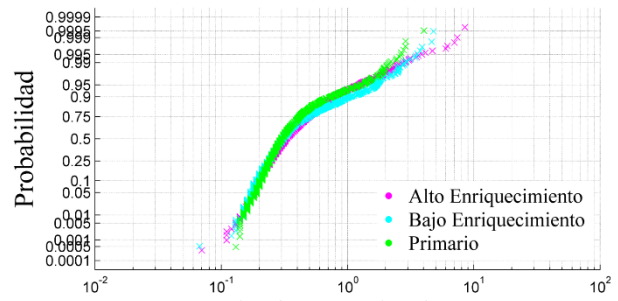


Ilustración 47: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 1. Escala logarítmica. Ley Fe Relave

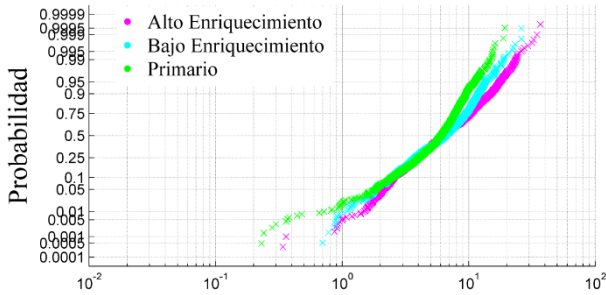


Ilustración 48: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 1. Escala logarítmica. Ley Cu Concentrado

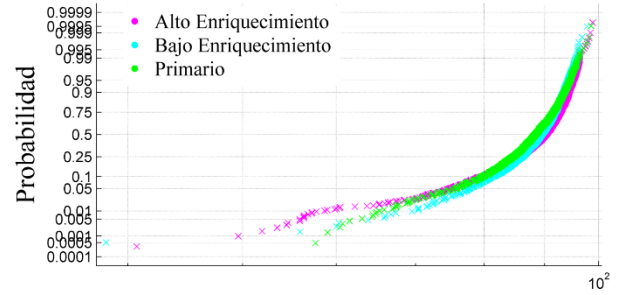


Ilustración 49: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 1. Escala logarítmica. Recuperación Cu

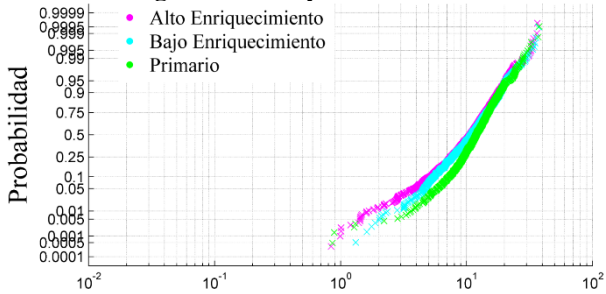


Ilustración 50: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 1. Escala logarítmica. Ley Fe Concentrado

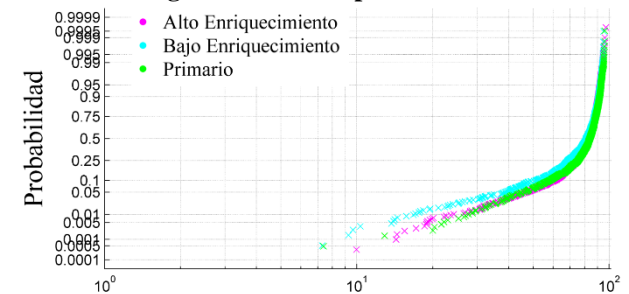
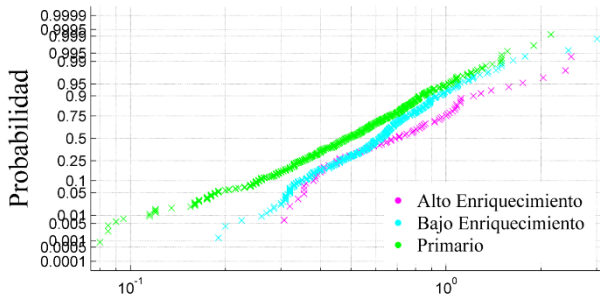


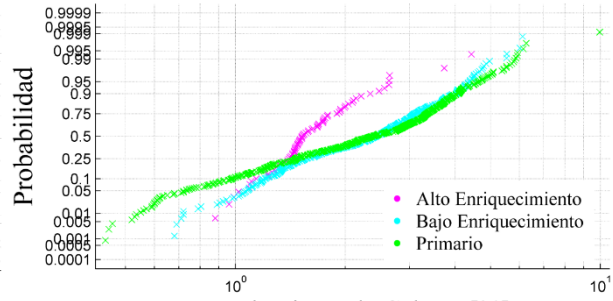
Ilustración 51: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 1. Escala logarítmica. Recuperación Fe

6.3.2. Gráficos de probabilidad por minzone solo para alteración 2 y 3

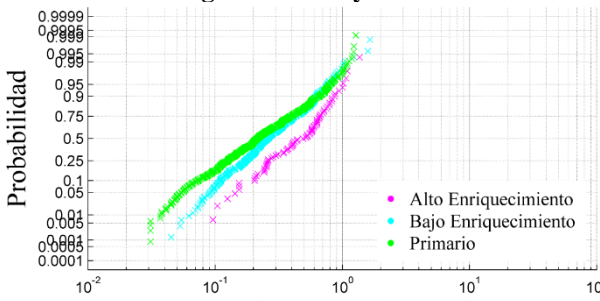
6.3.2.1. Variables Primarias



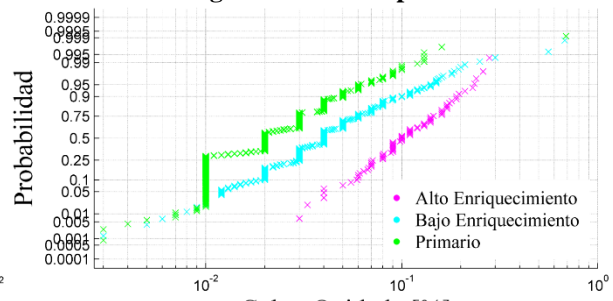
Ley de Cobre de Cabeza [%]
Ilustración 52: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 2 y 3. Escala logarítmica. Ley Cu Cabeza



Ley de Hierro de Cabeza [%]
Ilustración 53: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 2 y 3. Escala logarítmica. Recuperación Fe

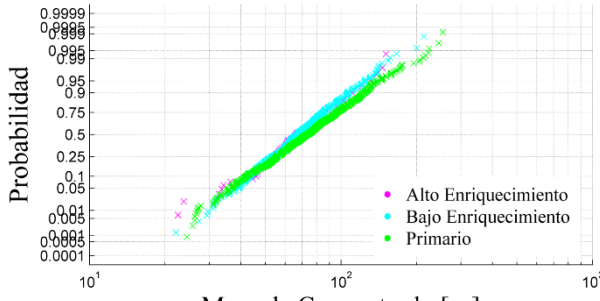


Proporción entre Cobre y Hierro
Ilustración 54: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 2 y 3. Escala logarítmica. Cu/Fe

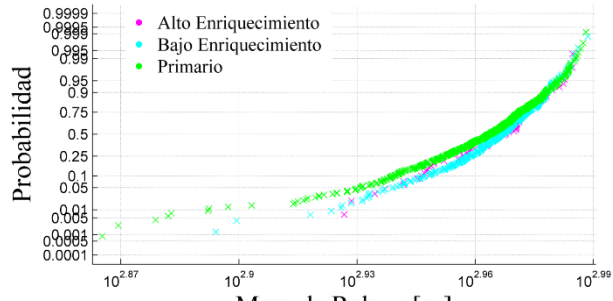


Cobre Oxidado [%]
Ilustración 55: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 2 y 3. Escala logarítmica. Cu Oxidado

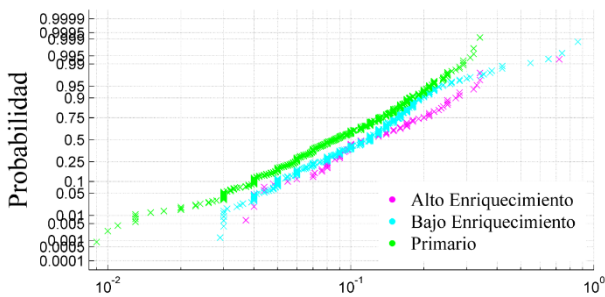
6.3.2.2. Variables Secundarias



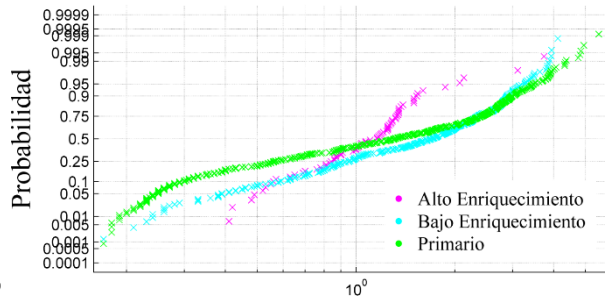
Masa de Concentrado [gr]
Ilustración 56: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 2 y 3. Escala logarítmica. Masa Concentrado



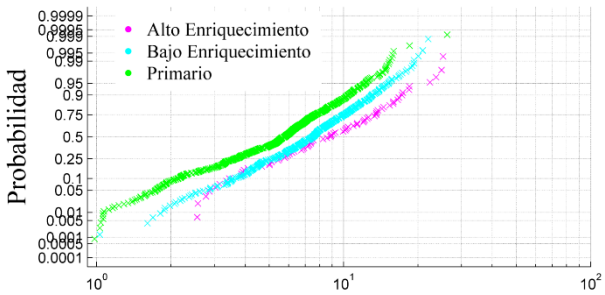
Masa de Relave [gr]
Ilustración 57: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 2 y 3. Escala logarítmica. Masa Relave



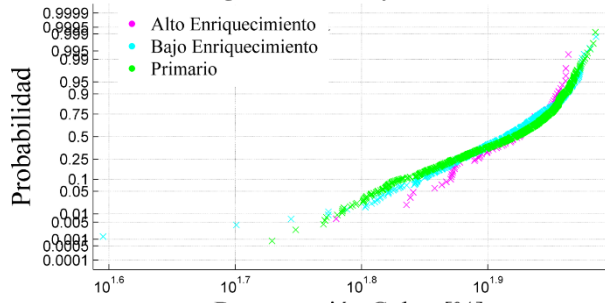
Ley de Cobre en el Relave [%]
Ilustración 58: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 2 y 3. Escala logarítmica. Ley Cu Relave



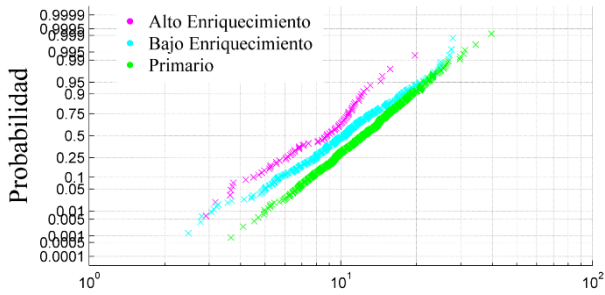
Ley de Hierro en el Relave [%]
Ilustración 59: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 2 y 3. Escala logarítmica. Ley Fe Relave



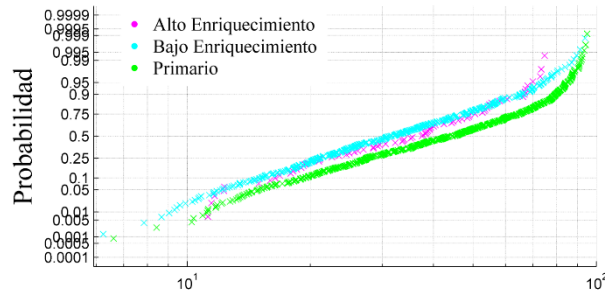
Ley de Cobre en el Concentrado [%]
Ilustración 60: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 2 y 3. Escala logarítmica. Ley Cu Concentrado



Recuperación Cobre [%]
Ilustración 61: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 2 y 3. Escala logarítmica. Recuperación Cu



Ley de Hierro en el Concentrado [%]
Ilustración 62: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 2 y 3. Escala logarítmica. Ley Fe Concentrado



Recuperación Hierro [%]
Ilustración 63: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 2 y 3. Escala logarítmica. Recuperación Fe

Se puede observar que la tendencia de la minzone de bajo enriquecimiento y primaria continua similar al ser filtrados los datos por los grupos de alteración, por lo que se decide seguir con estos conjuntos antes definidos.

6.4. Control por Litología

Luego de agrupar por alteración y minzone, se realizaron dos propuestas. La primera no considerando la litología y la segunda separando todas las litologías, por lo que se puede analizar el control por litología en las propuestas de UGM.

6.5. Propuesta de UGMs

En la siguiente tabla se comparan las propuestas 1 y 2. Los colores representan las distintas litologías para cada UGM de la propuesta 1 que se separó en la propuesta 2 al diferenciar por litologías. Los boxplots y mapeos para estas propuestas se encuentran en los anexos.

Clases 1							
161	261	361	461				1.368
171	181	271	371	381			1.761
162							72
372	373	382	172	173	182	183	897

Tabla 8: Propuesta de UGM N° 1.

Clases 2 (diferenciando litología)	Número de datos
161	939
261	124
361	237
461	68
171 181	1.318
271	43
371 381	400
162	72
172 173 182 183	421
372 373 382	476

Tabla 9: Propuesta de UGM N° 2

Litología	Código
Pórfido Feldespático	1
Pórfido cuarcífero	2
Andesita	3
Brechas	4
Minzone	Código
HE (Alto Enriquecido)	6
LE (Bajo Enriquecido)	7
Primario (Primario)	8
Alteración	Código
Cuarzo, sericita, arcilla	1
Clorita, sericita, arcilla)	2
Potásico	3

Tabla 10: Nomenclatura de variables categóricas

En general, el mapeo de la propuesta 2 muestra que las distintas poblaciones se sobrepone entre ellas de mayor forma que en la propuesta 1, dificultando la definición de volúmenes de

estimación continuos. Por lo que se propone un tercer agrupamiento de datos como se plantea a continuación:

- Alteración 1 con minzone 6
- Alteración 1 con minzone 7 y 8 y litología 1 y 2
- Alteración 1 con minzone 7 y 8 y litología 3
- Alteración 2 y 3 con minzone 7 y 8 y litología 1
- Alteración 2 y 3 con minzone 7 y 8 y litología 3
- Alteración 2 con minzone 6

Con el objetivo de evitar que las unidades de estimación se sobrepongan excesivamente, pero considerando también el efecto de la litología, se decidió separar las litologías 1 y 3. Los gráficos de probabilidad y boxplots correspondientes a esta última propuesta se encuentran en los anexos. Se hace notar que en los datos no hay litología 4 para las minzone 7 y 8; y tampoco hay litología 2 en minzone 7 y 8.

UGM	Clases Propuestas				N datos
1	161	461	261	361	1.368
2	171	181	271	-	1.361
3	372	373	382	-	476
4	371	381	-	-	400
5	162	-	-	-	72
6	172	173	182	183	421

Tabla 11: Propuesta de UGM N° 3

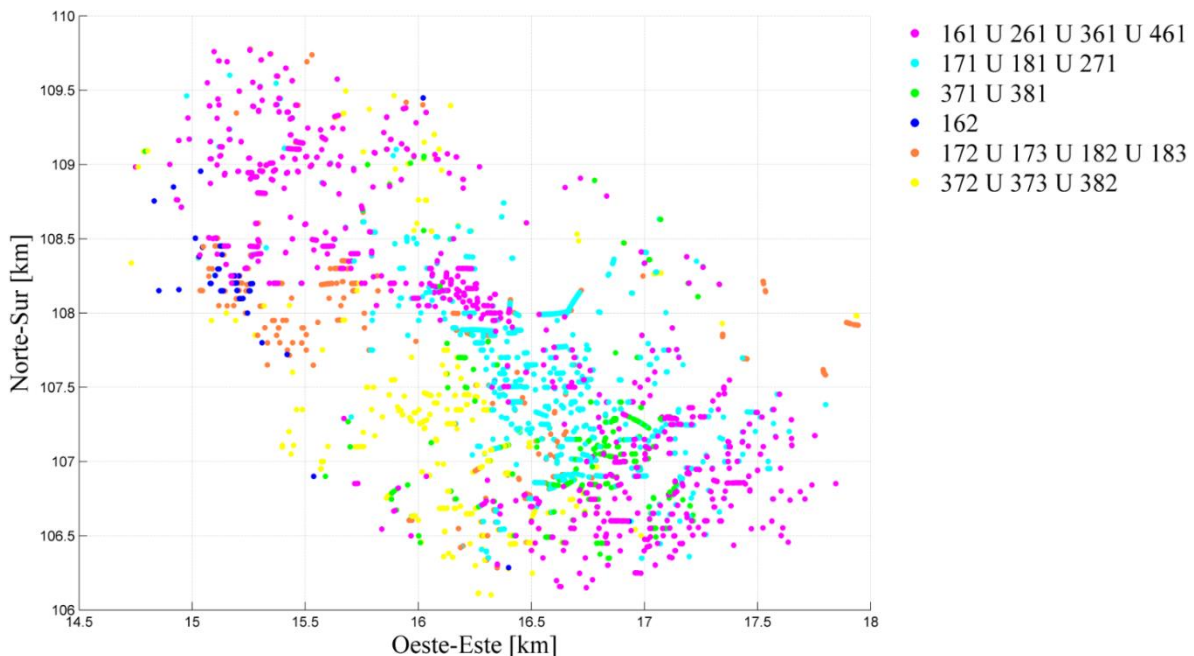


Ilustración 64: Vista en Planta. Propuesta de UGM N° 3

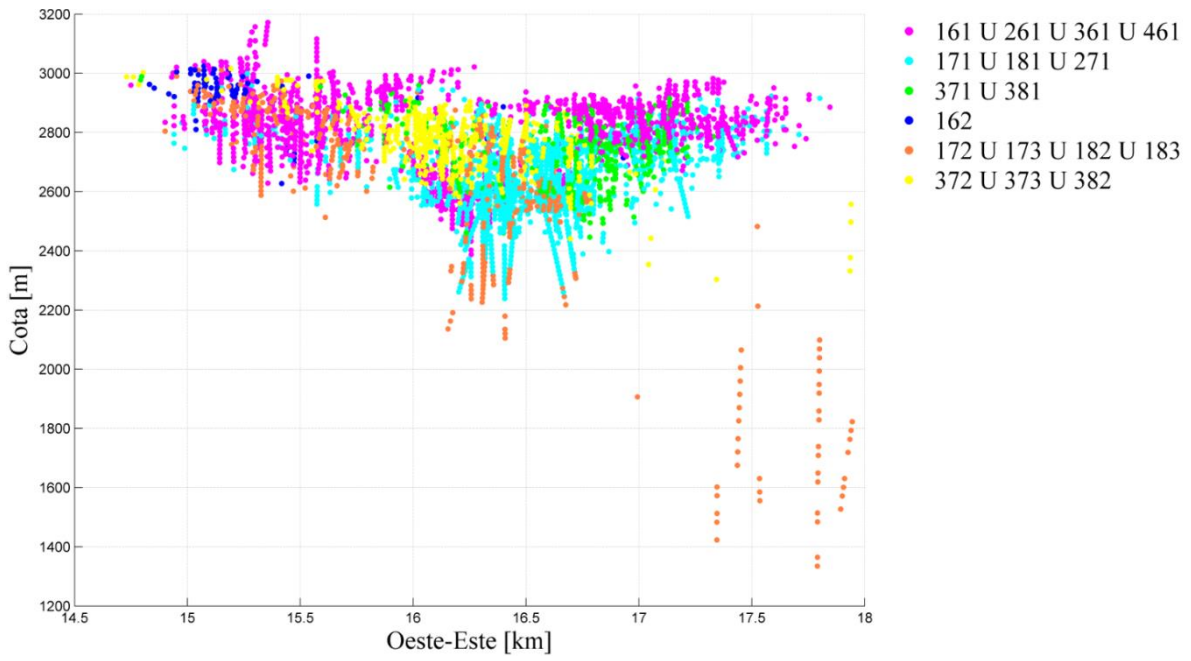


Ilustración 65: Vista en perfil Oeste-Este. Propuesta de UGM N° 3

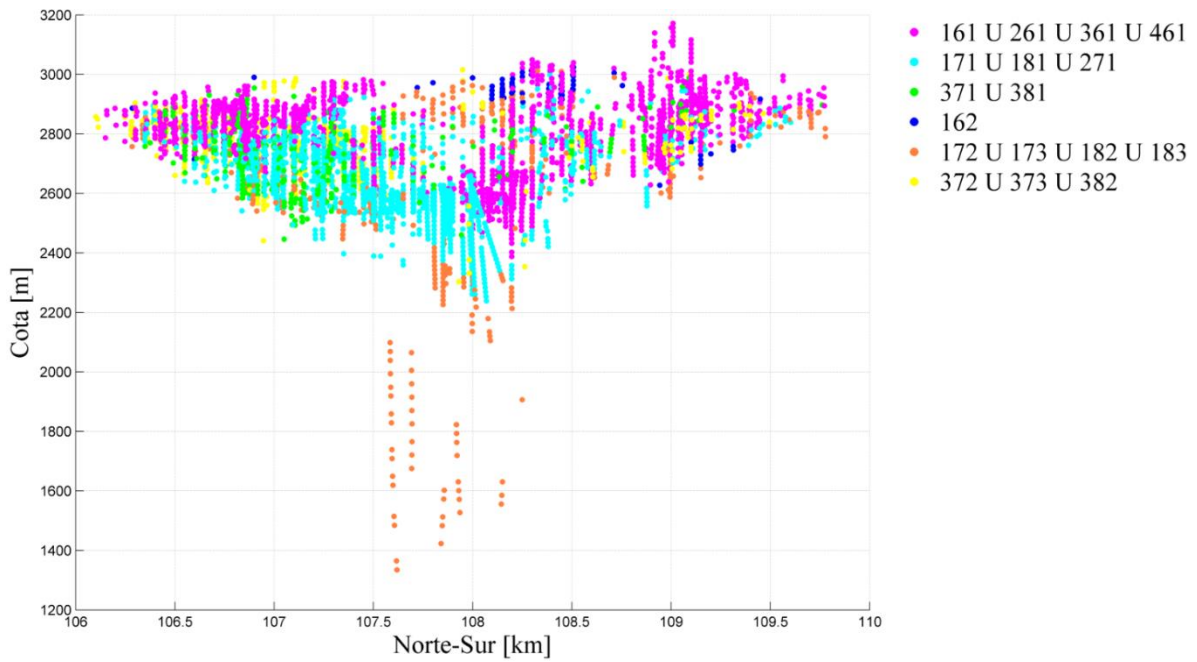


Ilustración 66: Vista en perfil Norte-Sur. Propuesta de UGM N° 3

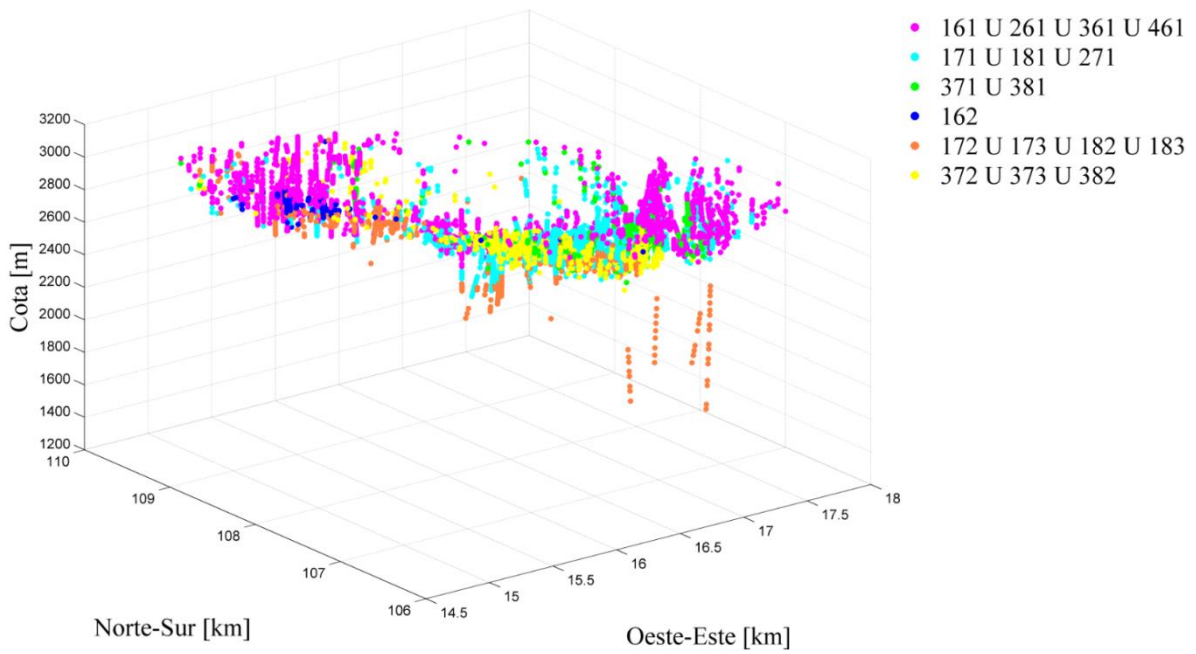


Ilustración 67: Vista Isométrica. Propuesta de UGM N° 3

Finalmente, con el modelo de bloques proporcionado por Minera Escondida y el estudio anterior, se presentan los volúmenes de las unidades geometalúrgicas definidas identificando la combinación de litología, minzone y alteración en cada bloque y asignándole la unidad correspondiente. Estas se presentan a continuación.

UGM	Leyenda
1	Rojo
2	Azul
3	Amarillo
4	Turquesa
5	Morado
6	Verde

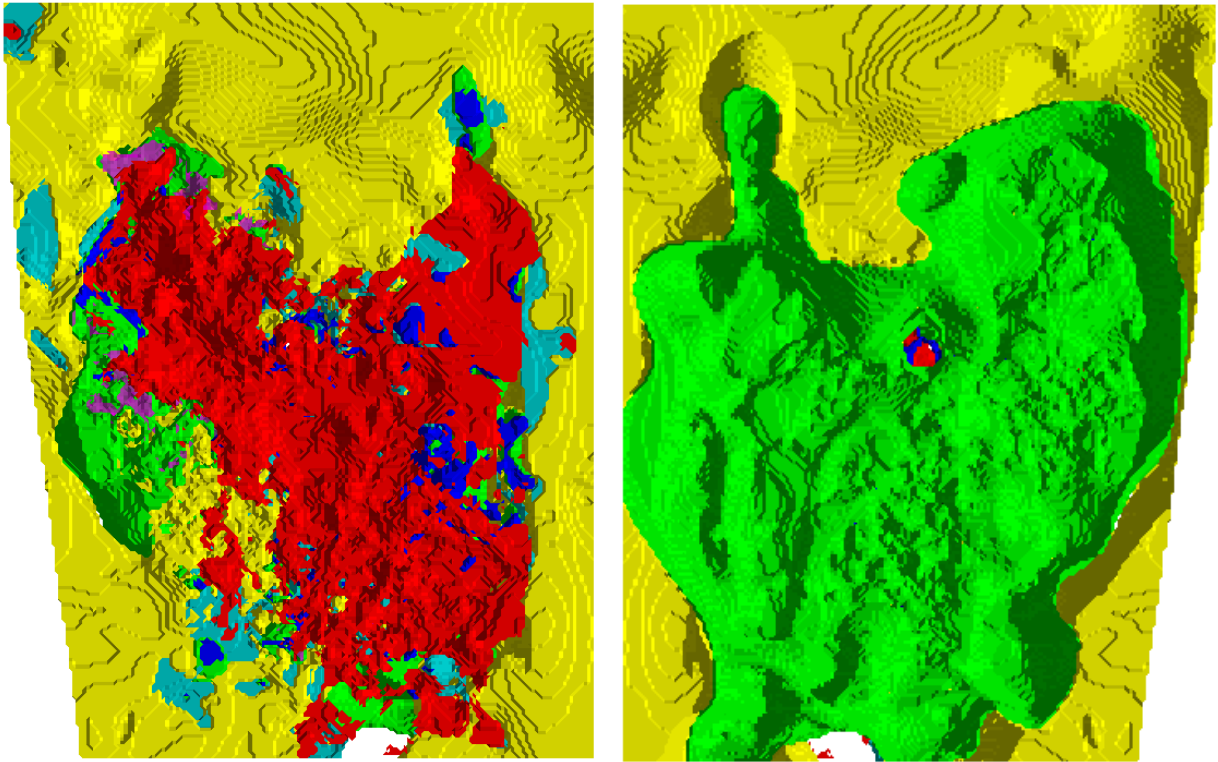


Ilustración 68: Vista en planta superior e inferior respectivamente. UGM definidas

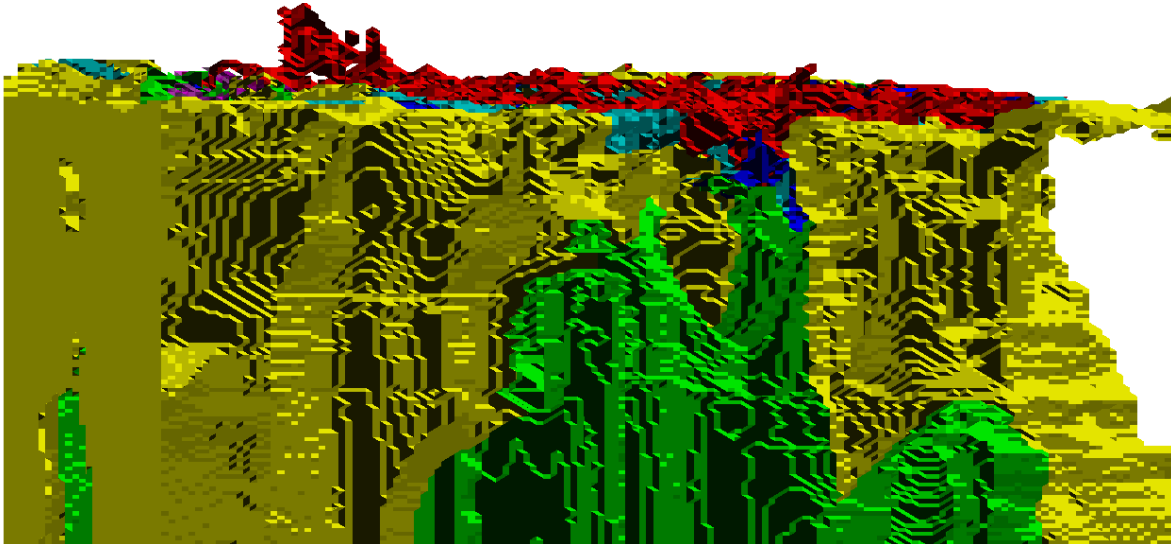


Ilustración 69: Vista en perfil Oeste-Este. UGM definidas

Estos sólidos se construyeron identificando las combinaciones de litología, minzone y alteración del modelo de bloques de Escondida, para luego asignarlos a las distintas unidades geometalúrgicas definidas. Es notar que los volúmenes vacíos corresponden a combinaciones que no fueron muestreadas.

7. ESTUDIO GEOSTADISTICO

En esta sección se realizaron los estudios exploratorios de datos, análisis variográfico, modelamiento y validación cruzada para cada UGM definida anteriormente.

7.1. Estudio Exploratorio de Datos

A continuación se presenta el resumen de las estadísticas básicas, correlaciones entre variables y las propuestas de kriging para cada UGM. Es importante notar que para las variables no aditivas como leyes y recuperaciones, el kriging será puntual; es decir, sin cambio de soporte.

	UGM 1		UGM 2		UGM 3	
	Media	Varianza	Media	Varianza	Media	Varianza
Ley Cu Cabeza [%]	1,13	0,54	0,84	0,16	0,56	0,05
Ley Fe Cabeza [%]	2,03	1,91	1,79	1,29	3,10	0,82
Cu/Fe	0,80	0,89	0,62	0,30	0,21	0,02
Cu Oxidado [gr]	0,12	0,00	0,04	0,00	0,04	0,00
Masa Concentrado [gr]	141,71	2.649,92	115,20	1.924,38	77,95	983,01
Masa Relave [gr]	853,50	2.679,54	879,82	1.926,46	916,07	989,52
Masa Alimentación [gr]	995,21	15,08	995,02	12,06	994,02	12,07
Ley Cu Relave [%]	0,14	0,01	0,10	0,00	0,14	0,01
Ley Fe Relave [%]	0,48	0,34	0,40	0,13	2,20	0,70
Ley Cu Concentrado [%]	7,59	25,87	7,10	12,48	6,21	11,01
Cu Recovery [%]	87,92	51,88	88,34	27,71	76,95	53,26
Ley Fe Concentrado [%]	11,16	26,90	11,68	23,93	12,77	23,32
Fe Recovery [%]	78,22	206,31	77,49	221,03	33,74	320,91
Masa Cu Concentrado [gr]	10,07	46,58	7,53	14,90	4,26	3,44
Masa Cu Relave [gr]	1,22	0,82	0,92	0,27	1,24	0,50
Masa Cu Cabeza [gr]	11,23	53,02	8,37	16,38	5,56	5,10
Masa Ganga Concentrado [gr]	131,65	2.597,09	107,67	1.886,45	73,69	981,37
Masa Ganga Relave [gr]	852,28	2.674,75	878,90	1.920,15	914,83	983,54

Tabla 12: Media y varianza por variable/UGM para UGM 1, 2 y 3

	UGM 4		UGM 5		UGM 6	
	Media	Varianza	Media	Varianza	Media	Varianza
Ley Cu Cabeza [%]	0,63	0,09	0,80	0,20	0,62	0,10
Ley Fe Cabeza [%]	2,45	2,69	1,68	0,32	1,73	1,03
Cu/Fe	0,33	0,06	0,52	0,07	0,44	0,07
Cu Oxidado [gr]	0,04	0,00	0,12	0,00	0,04	0,00
Masa Concentrado [gr]	139,69	5.097,33	73,47	721,45	75,99	1.058,67
Masa Relave [gr]	854,93	5.096,72	920,67	759,60	916,67	1.101,99
Masa Alimentación [gr]	994,62	9,26	994,14	26,27	992,66	33,25
Ley Cu Relave [%]	0,11	0,00	0,15	0,01	0,09	0,00
Ley Fe Relave [%]	0,71	0,55	1,13	0,27	0,85	0,35
Ley Cu Concentrado [%]	4,66	8,06	9,90	31,25	7,77	14,06
Cu Recovery [%]	84,70	49,65	82,33	44,96	87,19	36,09
Ley Fe Concentrado [%]	12,96	29,53	8,62	10,70	11,46	24,79
Fe Recovery [%]	74,14	421,76	38,19	311,72	53,05	425,70
Masa Cu Concentrado [gr]	5,39	8,19	6,57	13,37	5,41	8,07
Masa Cu Relave [gr]	0,92	0,27	1,40	0,91	0,78	0,29
Masa Cu Cabeza [gr]	6,30	8,91	7,99	19,38	6,17	10,16
Masa Ganga Concentrado [gr]	134,30	5.089,90	66,90	724,18	70,58	1.002,91
Masa Ganga Relave [gr]	854,01	5.065,53	919,27	753,83	915,89	1.107,77

Tabla 13: Media y varianza por variable/UGM para UGM 4, 5 y 6

Variable 1	Variable 2	UGM 1	UGM 2	UGM 3	UGM 4	UGM 5	UGM 6
Masa Cu Cabeza	Masa Cu Concentrado	0,99	0,99	0,96	0,99	0,98	0,99
Masa Concentrado	Masa Relave	-1,00	-1,00	-0,99	-1,00	-0,98	-0,98
Masa Concentrado	Masa Ganga Relave	-1,00	-1,00	-0,99	-1,00	-0,98	-0,99
Masa Concentrado	Masa G. Concentrado	0,99	1,00	1,00	1,00	0,99	1,00
Masa Relave	Masa Ganga Relave	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Masa Relave	Masa G. Concentrado	-0,99	-0,99	-0,99	-1,00	-0,97	-0,98
Masa G. Concentrado	Masa Ganga Relave	-0,99	-0,99	-0,99	-1,00	-0,97	-0,98
Ley Cu Concentrado	Ley Cu Cabeza	0,87	0,76	0,68	0,70	0,81	0,60
Ley Cu Concentrado	Cu/Fe	0,75	0,70	0,70	0,64	0,81	0,66
Ley Cu Cabeza	Cu/Fe	0,72	0,60	0,78	0,58	0,86	0,57

Tabla 14: Resumen de correlaciones altas entre variables

Para la elección de casos a estudiar, se tomaron los valores con correlación mayor o igual a 0,75 para el cálculo de las variables relevantes. Además se diferencié entre variables aditivas y no aditivas para poder realizar cokriging de bloques o puntual de acuerdo el caso. Esto resultó en seis kriging/cokriging para cada unidad geometalurgica los cuales se presentan a continuación.

	Variable 1	Variable 2	UGM
Caso 1 (Puntual)	Recuperación Cu		1.2 3, 4, 5 y 6
Caso 2 (De Bloques)	Masa Cu Concentrado	Masa Cu Alimentación	1.2 3, 4, 5 y 6
Caso 3 (De Bloques)	Masa Cu Relave		1.2 3, 4, 5 y 6
Caso 4 (De Bloques)	Masa Concentrado		1.2 3, 4, 5 y 6
Caso 5 (Puntual)	Ley Cu Concentrado		2, 3, 4 y 6
Caso 6 (Puntual)	Ley Cu Relave		1.2 3, 4, 5 y 6

	Variable 1	Variable 2	Variable 3	UGM
Caso 5 (Puntual)	Ley Cu Concentrado	Cu/Fe	Ley Cu Cabeza	1 y 5

Tabla 15: Casos de kriging/cokriging para cada UGM

La discretización fue de 3, 3 y 1 para el caso de kriging de bloques. La malla del kriging consideró bloques de 25x25x15 metros.

7.2. Variografía

En esta sección se muestra el estudio variográfico y modelamiento para el caso 1 para la UGM 1; el resto del estudio es análogo y se encuentra en los anexos.

Para definir las direcciones de los variogramas experimentales, se realizaron múltiples pruebas en distintas orientaciones. Primero se evaluaron los variogramas en plano con pares de direcciones ortogonales con diferencias de 30°. Luego al encontrar las direcciones de mayor diferencia, se realiza lo mismo para los dos planos verticales que definen las direcciones encontradas. Por último, se escogen las direcciones con mayor diferencia. En el caso de las UGM 1 y 2, se observa concordancia en la dirección en como está orientada la unidad de estimación.

Los resultados del proceso enunciado y el modelamiento posterior se muestran a continuación.

7.2.1. UGM 1

7.2.1.1. Caso 1

Nomenclatura	Azimut [°]	Dip [°]
Azul (Horizontal 1)	150	0
Rojo (Horizontal 2)	60	30
Negro	60	120

Tabla 16: Direcciones de variogramas experimentales. Caso 1. UGM 1

Estructura	Alcance Horizontal 1 (m)	Alcance Horizontal 2 (m)	Alcance Vertical (m)	Meseta
Pepita	0	0	0	2
ESF1	550	480	240	19
ESF2	550	480	∞	16
ESF3	∞	480	∞	15

Tabla 17: Modelos, alcances y mesetas. Caso 1. UGM 1

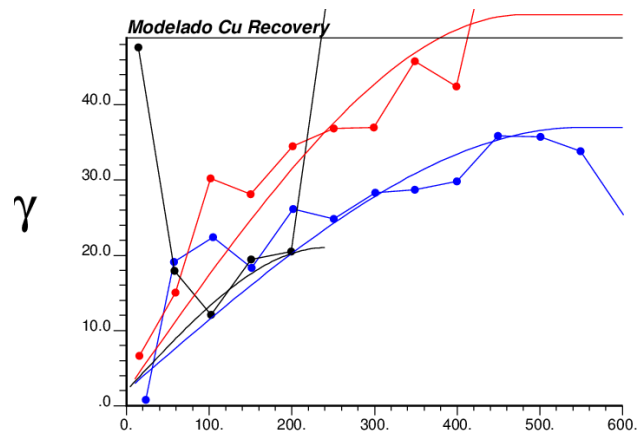


Ilustración 70: Variograma Modelado. Recuperación Cu. UGM 1

7.3. Validación Cruzada

En esta sección se presenta el resumen de las validaciones cruzadas por UGM. Se realizaron 6 planes de búsqueda de datos:

- 3 Datos máximo por octante – 24 Datos máximo
- 4 Datos máximo por octante – 32 Datos máximo
- 5 Datos máximo por octante – 40 Datos máximo
- 24 Datos máximo – Sin octantes
- 32 Datos máximo – Sin octantes
- 40 Datos máximo – Sin octantes

La vecindad del kriging se definió en las direcciones de las anisotropías mostradas en los variogramas experimentales con los alcances máximos de los modelos correspondientes. Se escogió el plan favoreciendo la condición de insesgo y luego la exactitud. El resto de los planes, como las estadísticas, se encuentra en los anexos.

UGM	Caso	Plan	UGM	Caso	Plan
1	1	32 Datos máximo	4	1	32 Datos máximo
	2	24 Datos máximo		2	40 Datos máximo
	3	32 Datos máximo		3	5 Datos por Octante
	4	40 Datos máximo		4	32 Datos máximo
	5	40 Datos máximo		5	3 Datos por Octante
	6	40 Datos máximo		6	40 Datos máximo
UGM	Caso	Plan	UGM	Caso	Plan
2	1	40 Datos máximo	5	1	3 Datos por Octante
	2	40 Datos máximo		2	40 Datos máximo
	3	32 Datos máximo		3	40 Datos máximo
	4	24 Datos máximo		4	40 Datos máximo
	5	3 Datos por Octante		5	24 Datos máximo
	6	3 Datos por Octante		6	40 Datos máximo
UGM	Caso	Plan	UGM	Caso	Plan
3	1	32 Datos máximo	6	1	4 Datos por Octante
	2	40 Datos máximo		2	40 Datos máximo
	3	40 Datos máximo		3	3 Datos por Octante
	4	24 Datos máximo		4	24 Datos máximo
	5	5 Datos por Octante		5	5 Datos por Octante
	6	5 Datos por Octante		6	24 Datos máximo

Tabla 18: Resumen de planes de búsqueda escogidos

8. HERRAMIENTAS DE ANÁLISIS DE ESTIMACIONES

A continuación se presentan los métodos utilizados para analizar los casos de kriging. Se utilizó en primer lugar una validación gráfica donde se observan las muestras sobrepuestas al modelo; y por último, unas comparaciones mediante derivas, donde se observa cómo cambia la variable en los ejes coordenados, tanto en los kriging como en los ensayos. Las variables a comparar fueron las siguientes:

- Recuperación Cobre
 - Caso 1, recuperación de cobre
 - Cálculo de recuperación con los casos 2 y 3, masa de cobre de concentrado y masa de cobre en relave respectivamente
- Ley de Cobre en el Concentrado
 - Caso 5, ley de cobre en el concentrado
 - Cálculo de ley con los casos 2 y 4, masa de cobre concentrado y masa de concentrado respectivamente
- Ley de Cobre en el Relave
 - Caso 3, ley de cobre en el relave.

8.1. Análisis Gráfico

Para el análisis gráfico, es importante notar que en el cálculo de las variables a partir de las masas, existieron puntos que resultaron fuera de los límites de la variable, al haberse estimado por ejemplo mayor masa de cobre en el concentrado que masa de concentrado. Esto se produce porque el kriging no obedece necesariamente al balance de masa. Además las direcciones y alcances de búsqueda del kriging se basaron en las orientaciones del máximo y mínimo alcance de anisotropía para cada caso, las cuales resultaron distintas para cada variable, por lo que los puntos totales estimados en cada caso varían, disminuyendo considerablemente las estimaciones calculadas a partir de las masas. Por otro lado, existen bloques que no tienen una UGM asignada por corresponder a combinaciones de variables categóricas no consideradas por lo que su comportamiento metalúrgico no fue estimado. A continuación se presentas vistan en planta de cortes de las estimaciones, con los ensayos correspondientes sobrepuestos en puntos.

8.1.1. Recuperación de cobre

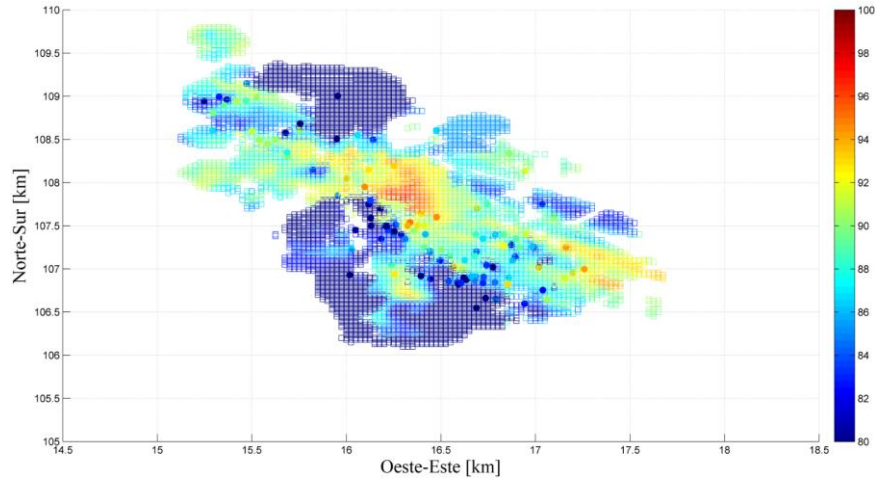


Ilustración 71: Vista en planta. Recuperación cobre estimada puntual. Cota 2.737,5

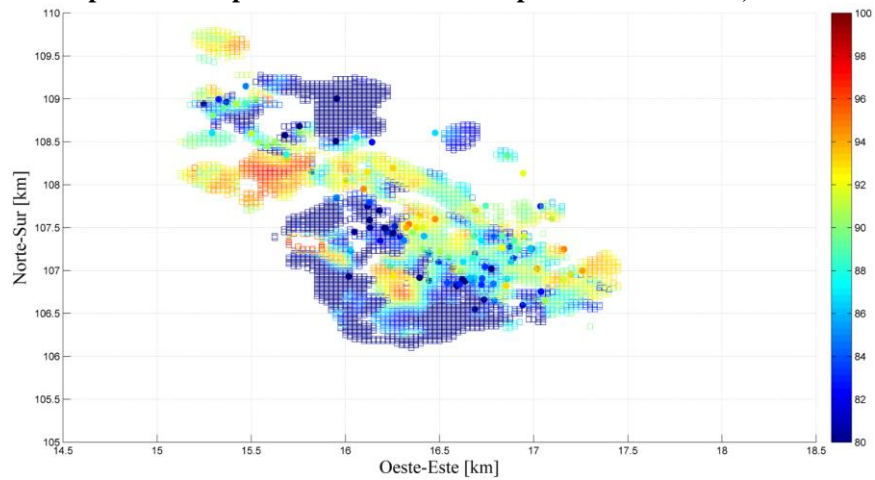


Ilustración 72: Vista en planta. Recuperación cobre calculada por masa. Cota 2.737,5

Lo primero que se observa en los dos casos es la menor cantidad de datos estimados en el caso del modelo de recuperación calculada. Esto se debe a que las elipses de búsqueda de datos del kriging son distintas tanto para la masa de cobre en el concentrado, masa de cobre en el relave y recuperación de cobre. Esto implica que existan distintos puntos no estimados en cada modelo. En particular, el número de bloques estimados en el caso de la recuperación calculada es menor ya que basta que uno de los dos modelos, masa de cobre en el concentrado o masa de cobre en el relave, no tenga datos en un bloque para que el modelo de recuperación calculada no tenga información. En general, la magnitud de los ensayos concuerda con los modelos de mejor manera en el modelo puntual.

8.1.2. Ley de cobre en el concentrado

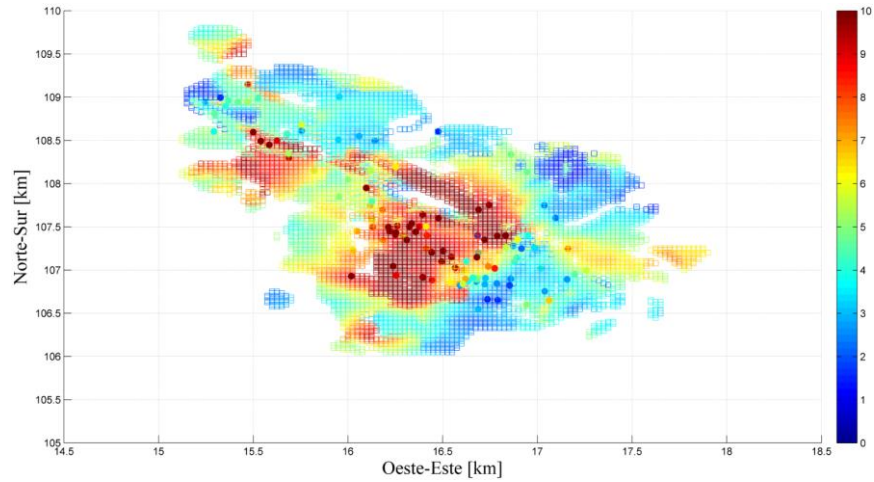


Ilustración 73: Vista en planta. Recuperación ley Cu concentrado estimado puntual. Cota 2.737,5

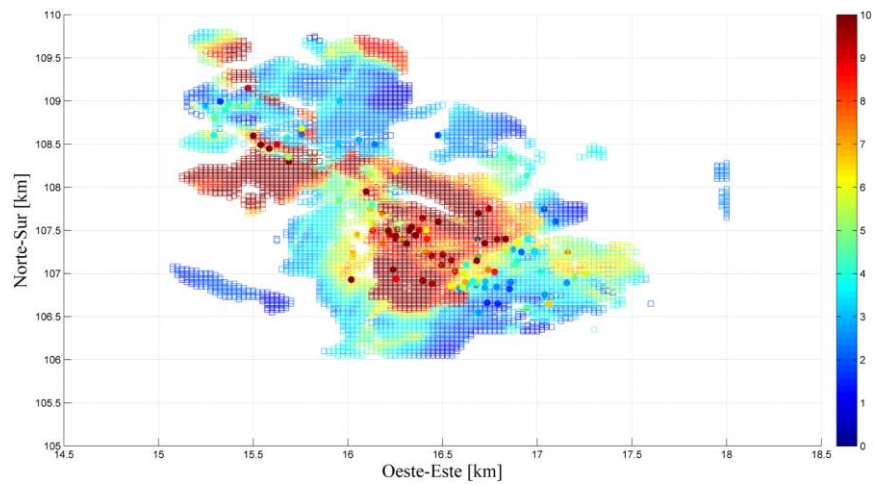


Ilustración 74: Vista en planta. Recuperación ley Cu concentrado calculada por masa. Cota 2.737,5

Se observa una situación similar a lo comparado anteriormente en el caso de la recuperación. Se concluye que en general el modelo puntual es más coherente que el de bloques.

8.1.3. Ley de cobre en el relave

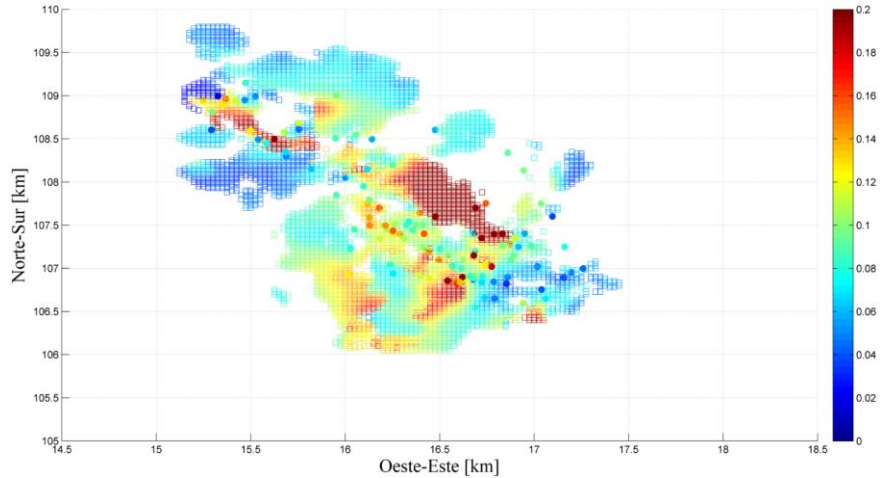


Ilustración 75: Vista en planta. Recuperación ley Cu relave estimado puntual. 2.737,5

Se observa que los ensayos concuerdan con el modelo.

8.2. Análisis Mediante Derivas

En los gráficos a continuación, se muestran las derivas en las distintas direcciones. La línea roja corresponde a los ensayos desagrupados (NN), el negro a los kriging puntuales de recuperación y leyes, y el azul es la variable calculada a partir del kriging de masas.

8.2.1. Recuperación de cobre

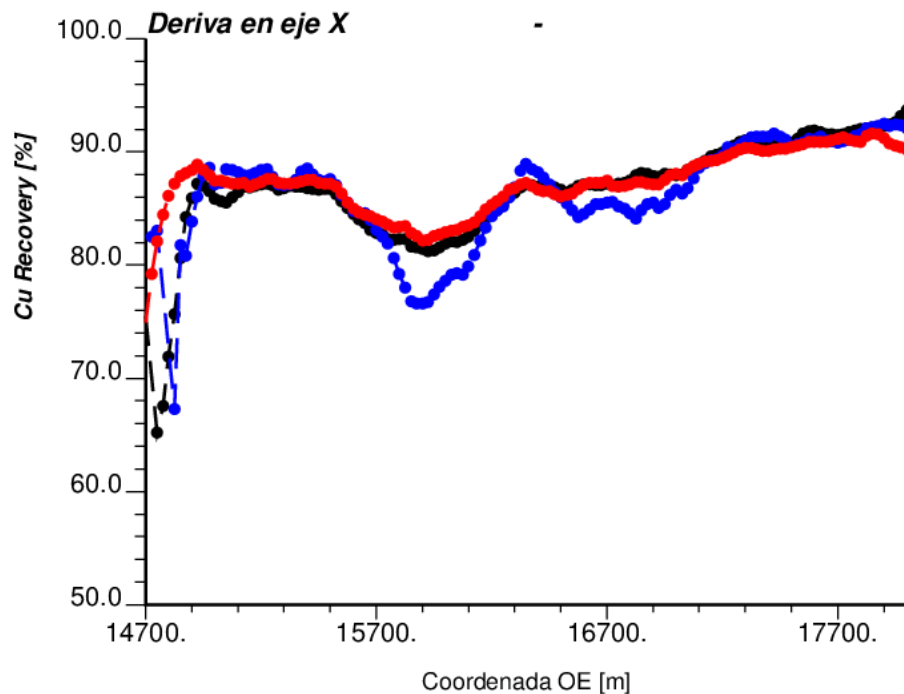


Ilustración 76: Deriva de Recuperación de Cobre. Oeste-Este

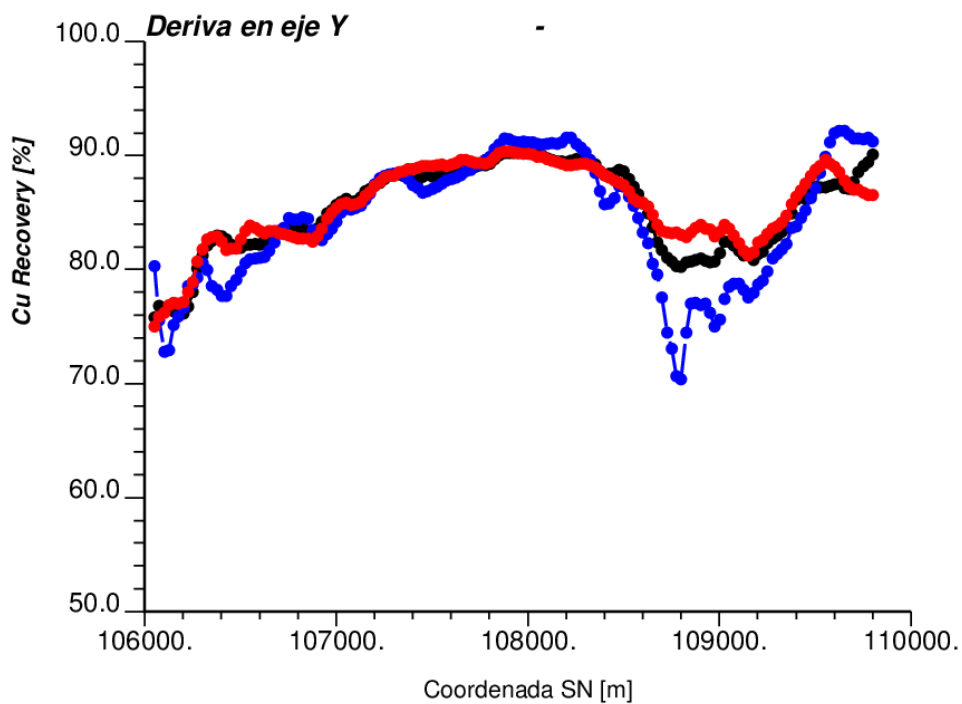


Ilustración 77: Deriva de Recuperación de Cobre. Sur-Norte

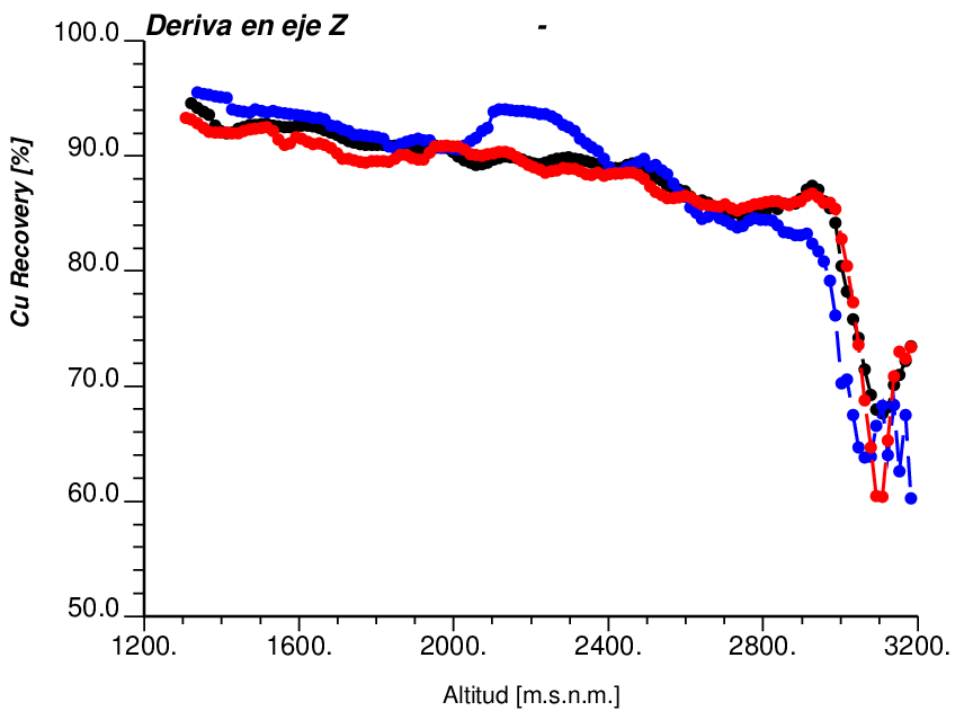


Ilustración 78: Deriva de Recuperación de Cobre. Vista por cota

En ambos casos se ve que los modelos estimados siguen la media de los datos desagrupados, validando ambos casos. Es claro que las desviaciones locales son cualitativamente mayores en el caso del modelo de bloques.

8.2.2. Ley de cobre en el concentrado

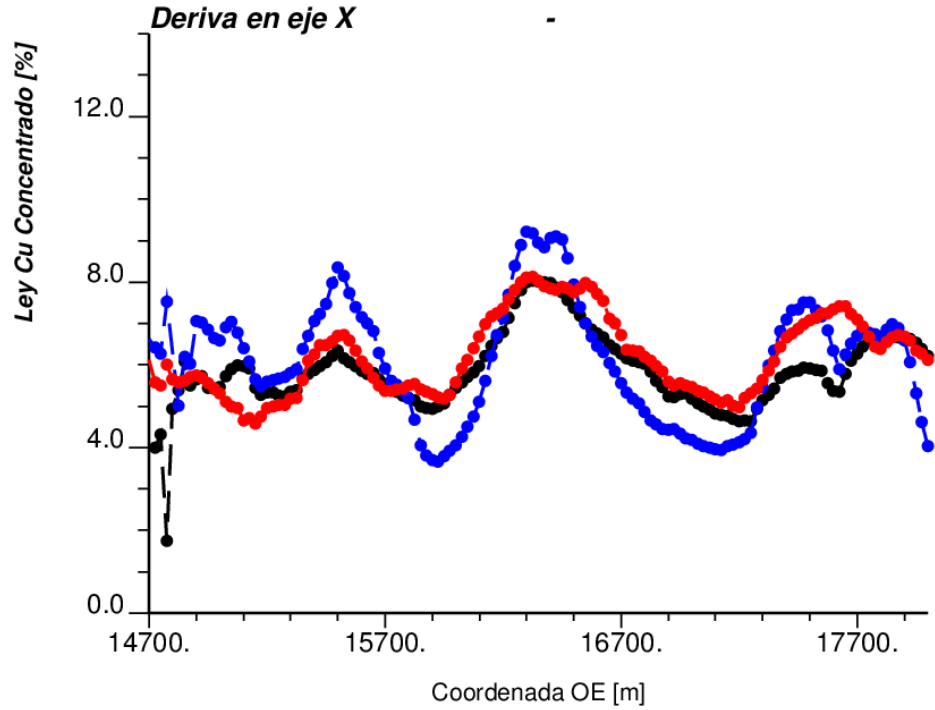


Ilustración 79: Deriva de Ley de Cu Concentrado. Oeste-Este

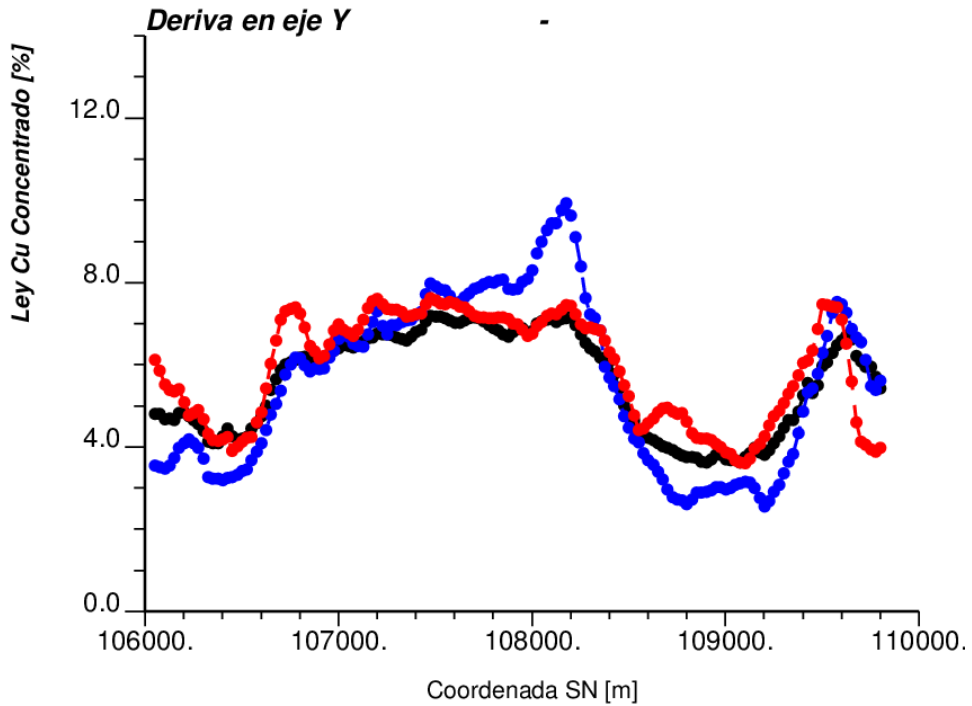


Ilustración 80: Deriva de Ley de Cu Concentrado. Sur-Norte

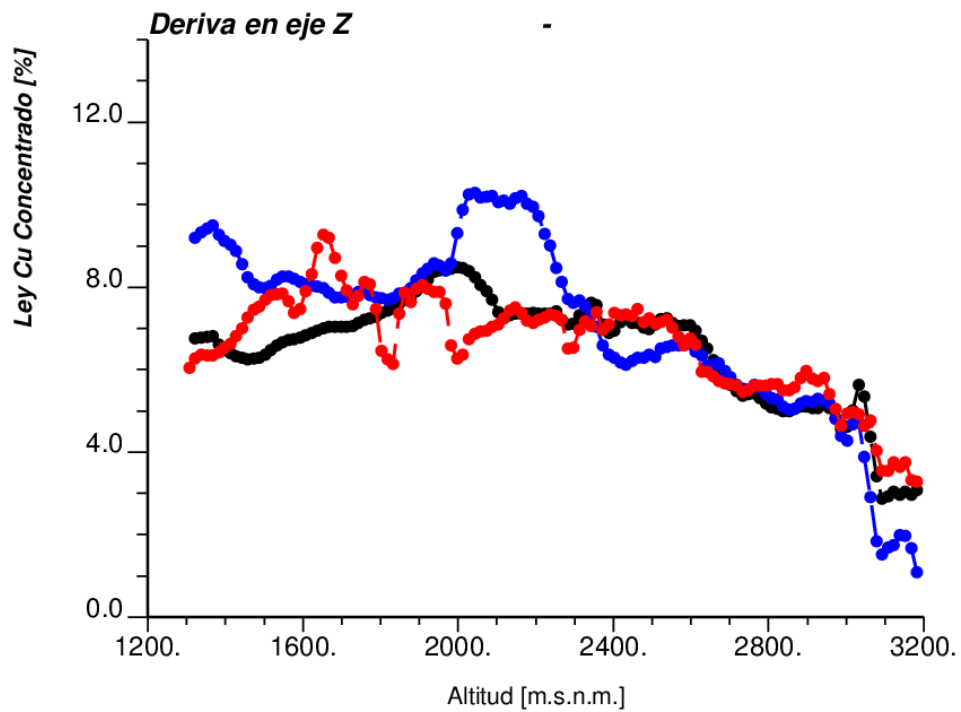


Ilustración 81: Deriva de Ley de Cu Concentrado. Por cota

De forma análoga que en el caso de la recuperación. Los modelos son validados, pero favoreciendo notoriamente al modelo puntual.

8.2.3. Ley de cobre en el relave

En este caso solo se realizó un kriging directo a la ley de cobre en el relave, por lo que en el análisis de derivas solo están el NN y el kriging puntual.

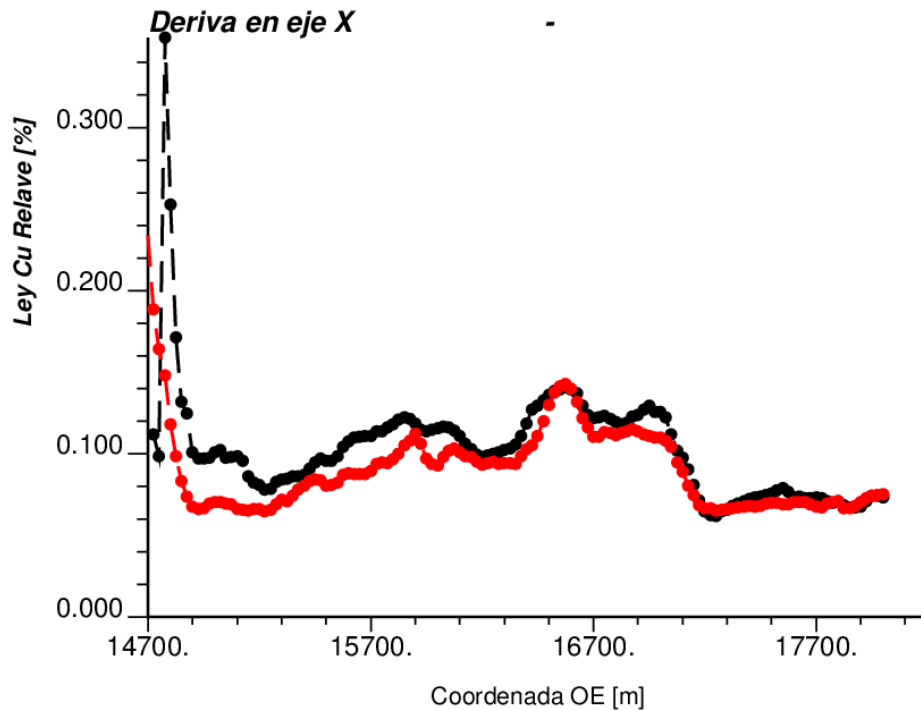


Ilustración 82: Deriva de Ley de Cu Relave. Oeste-Este

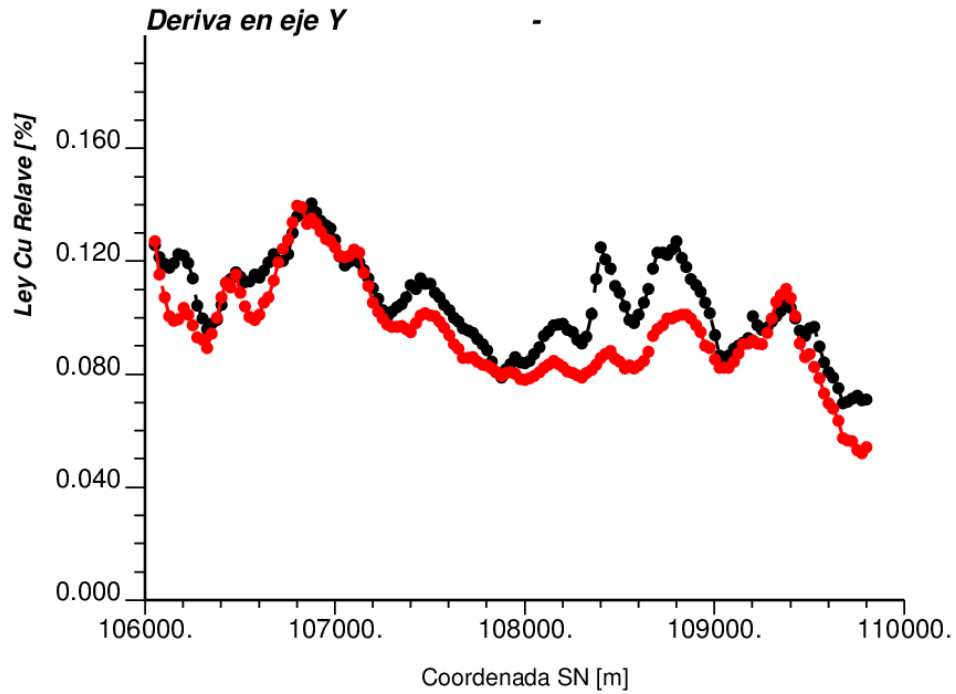


Ilustración 83: Deriva de Ley de Cu Relave. Sur-Norte

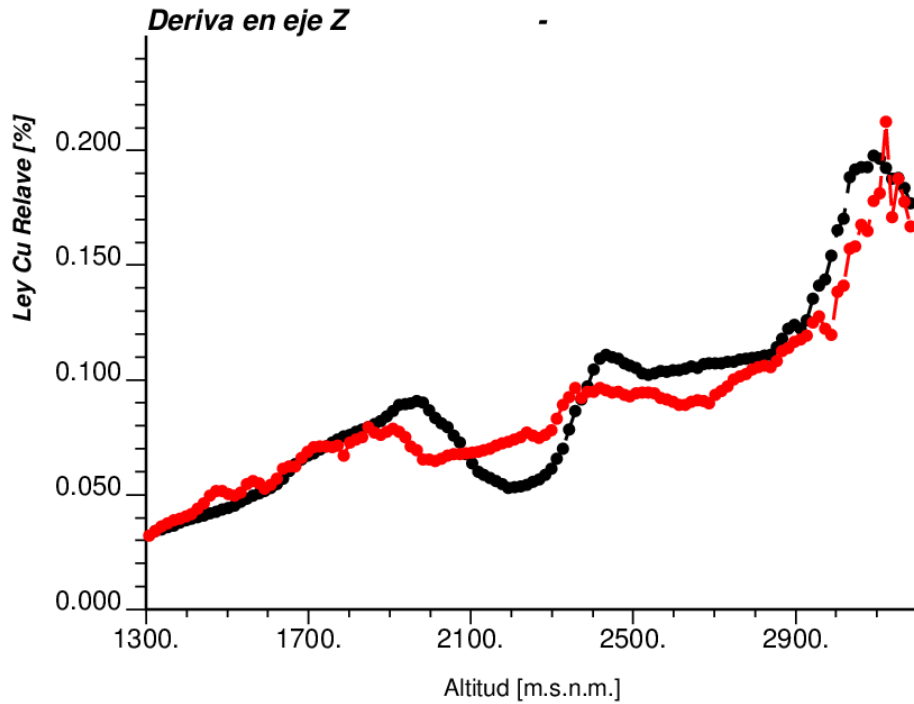


Ilustración 84: Deriva de Ley de Cu Relave. Por cota

A pesar de las pequeñas variaciones observadas, se concluye que el modelo es validado ya que las curvas siguen una tendencia similar.

8.3. Análisis Estadísticos

A continuación se presentan las estadísticas básicas para los modelos generados, tanto los kriging como los NN.

Modelo	Media [%]	Desviación	Varianza
Recuperación de Cobre Puntual	86,56	6,39	40,78
Recuperación de Cobre Calculada	85,28	9,59	91,93
NN Recuperación de Cobre	86,60	7,45	55,46
Ley de Cobre en el Concentrado Puntual	6,03	2,61	6,80
Ley de Cobre en el Concentrado Calculada	6,24	4,12	16,94
NN Ley de Cobre en el Concentrado	6,13	3,84	14,78
Ley de Cobre en el Relave Puntual	0,11	0,06	0,003
NN Ley de Cobre en el Relave	0,10	0,08	0,01

Tabla 19: Estadísticas de modelos y datos desagrupados

En general, los casos puntuales tienen media más cercana a la media desagrupada (NN). Es importante notar que la varianza de los casos de los modelos de bloques es mayor que la de los ensayos desagrupados. Esto último se produce por el error inducido por el cálculo de la variable a partir de variables estimadas, las cuales ya tienen errores de forma independiente. En los casos puntuales, se observa que la varianza es menor que la de los datos desagrupados, lo cual es esperado en el kriging.

9. COMENTARIOS Y CONCLUSIONES

Como se puede observar en las herramientas de análisis anteriores, las estimaciones directas y puntuales de las variables de interés tienen mayor precisión que las variables calculadas a partir del kriging de las masas, incluyendo mejor ajuste en las derivas, de forma local y global, mejor concordancia con los ensayos en el análisis gráfico y con media más cercana a la de los datos desagrupados. Lo mencionado anteriormente se debe a que al calcular la variable de interés en función de dos variables, las cuales provienen de un modelo de kriging o cokriging, se genera una propagación de errores conllevando a un mayor sesgo en los casos enunciados. Además, es importante destacar la alta varianza de los modelos con variables calculadas. Por otro lado, en desfavor del caso de variables calculadas, la cantidad de bloques estimada en este caso es bastante menor comparándolos con los casos puntuales por efecto de la elipse de los kriging. Con esto se puede concluir que:

- Para calcular índices de recuperación, tiene mayor precisión la estimación directa de las variables que el cálculo de los índices a partir de kriging de bloques de otras variables
- El kriging de bloques de variables aditivas para el cálculo de los índices de flotación induce sesgo, incorporando una varianza mayor a la de la muestra desagrupada
- A pesar del mejor ajuste del caso puntual, ambos casos muestran una deriva acorde a la muestra desagrupada

En lo referente a la elección de las unidades de estimación, es posible definir distintos conjuntos, dependiendo de la estrategia de cálculo que se desee seguir. En este caso, aunque se escogió similitud en las masas, las estimaciones resultantes fueron de mejor calidad para las variables que se estimaron puntualmente. Cabe notar que para mejorar la elección de las unidades geometalúrgicas, es necesario que los ensayos se realicen en función de las variables de flotación relevantes en la mina o yacimiento en particular. En este caso solo se tenían las variables categóricas básicas, lo que limita el estudio.

Es posible que la estimación puntual sea más precisa aún si las unidades geometalúrgicas se definan observando solo el comportamiento de las variables a estimar, desestimándole importancia a las masas en este caso.

También en el estudio no se tomó en consideración la condición de balance de masa en el proceso en el minuto de ejecutar los kriging/cokriging. Por lo que se propone un estudio para la elaboración de un método de kriging de variables aditivas que incorpore el balance de masa.

Por otro lado se recomienda analizar, en términos mineralógicos, la ganga contenida en la alimentación, ya que las unidades de estimación definidas contienen distinto tipo de ganga, afectando de distinta forma el proceso.

Finalmente, respecto a la metodología para la construcción de modelos espaciales en flotación para la variable recuperación, se concluyen los siguientes puntos de importancia:

- Definir las unidades de estimación en función de las variables a estimar, en este caso recuperación de cobre, ley de cobre en el concentrado y ley de cobre en el relave,

restándole importancia a posibles variables de cálculo de índices como, en este caso, masa de cobre en el concentrado, masa de concentrado y masa de cobre en el relave

- En el caso de tener ensayos geo-referenciados de un yacimiento ya modelado en lo referente a recursos y variables categóricas, trabajar en conjunto con el modelo de bloques ya que pueden existir composiciones de bloques, en términos categóricos, que no estén incorporado en los ensayos, por lo que las unidades de estimación podrían incluir espacios que no corresponden
- Realizar kriging/cokriging a las variables de forma puntual

10.BIBLIOGRAFÍA

- [1] Salinas Luppi, I. A. (2012). Estimación de recursos en un yacimiento de hierro.
- [2] Carrasco, P., Chilès, J. P., & Séguret, S. A. (2008, December). Additivity, metallurgical recovery, and grade. In 8th international Geostatistics Congress.
- [3] Coward, S., Vann, J., Dunham, S., & Stewart, M. (2009, August). The Primary-Response Framework for Geometallurgical Variables. In Seventh International Mining Geology Conference, Perth, WA.
- [4] Emery, X. (2010). Apunte de Análisis Estadístico de Datos. Curso de Análisis Estadístico y Geoestadístico de Datos. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Universidad de Chile
- [5] Emery, X. (2010). Apunte de Geoestadística. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile
- [6] Emery, X. (2012). Apuntes de Simulación Estocástica y Geoestadística No Lineal. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Universidad de Chile.
- [7] Ortiz, J. (2011). Apuntes de proyecto 3D de Evaluación de yacimientos. Curso de Evaluación de Yacimientos. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile

11.ANEXOS

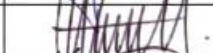

11.1. Procedimiento de Ensayos



MINERA ESCONDIDA
Operada por BHP Billiton

TITULO : PROCEDIMIENTO ESTÁNDAR DE FLOTACIÓN
SUBTITULO :
CODIGO : PR-GMET-I-001-MEL
FECHA ELABORACIÓN : 12-05-2011

CONTROL DE MODIFICACIONES			
Número de Revisión	Número de páginas del documento	Número de secciones del documento	Fecha de Modificación
01	9	9	01/06/2008
02	9	9	23/10/2009
03	10	9	12/05/2011
04	10	9	11/12/2012

DETALLE DE PARTICIPANTES			
ROL	NOMBRE	CARGO	FIRMA
Elaborador	Gerardo San Martín	Geometalurgista	
Revisor 1	Claudia Vargas	Geometalurgista Senior	
Revisor 2	Duber Jofré	Superintendente Geometalurgia	
Aprobador	Walter Véliz	Gerente Geología	



MINERA ESCONDIDA

Operada por BHP Billiton

TITULO : PROCEDIMIENTO ESTÁNDAR DE FLOTACIÓN
SUBTITULO :
CODIGO : PR-GMET-I-001-MEL
FECHA ELABORACIÓN : 12-05-2011

CONTROL DE MODIFICACIONES			
Número de Revisión	Número de páginas del documento	Número de secciones del documento	Fecha de Modificación
01	9	9	01/06/2008
02	9	9	23/10/2009
03	10	9	12/05/2011
04	10	9	11/12/2012

DETALLE DE PARTICIPANTES			
ROL	NOMBRE	CARGO	FIRMA
Elaborador	Gerardo San Martín	Geometalurgista	
Revisor 1	Claudia Vargas	Geometalurgista Senior	
Revisor 2	Duber Jofré	Superintendente Geometalurgia	
Aprobador	Walter Véliz	Gerente Geología	

	TITULO PROCEDIMIENTO ESTÁNDAR DE FLOTACIÓN	FECHA ELABORACION 05-2011
	SUBTITULO	CODIGO PR-GMET-I-001-MEL

1. PROPÓSITO

El siguiente procedimiento describe el Test de Flotación Estándar para muestras geometalúrgicas, utilizando la metodología propuesta por Minera Escondida Ltda. a fin de determinar los parámetros de Recuperación Máxima y la cinética de separación de una muestra mineral con fines de pronóstico del rendimiento metalúrgico en planta.

2. ALCANCE

Aplicable a todo personal relacionado con pruebas de flotación a escala de laboratorio.

3. RESPONSABILIDADES

3.1. Superintendente de Geometalurgia.

Revisar este Procedimiento.

3.2. Supervisores y Lideres MEL.

- Transmitir a todo el Personal Técnico y Asistentes Técnicos, la información contenida en este procedimiento, cumpliendo con esto lo referido en el Decreto N° 40, Título VI, artículo 21 de la Ley 16.744 "DERECHO A SABER".
- Aplicar, difundir y controlar el fiel cumplimiento, por todos los trabajadores, del presente procedimiento.
- Proveer de los elementos de seguridad y administrativos, para dar cumplimiento al procedimiento.

3.3. Personal Técnico, Asistentes Técnicos y Contratistas.

Aplicar íntegramente el presente procedimiento, realizar revisiones y sugerir modificaciones cuando se considere que las condiciones han variado respecto a lo especificado.

4. DEFINICIONES Y TERMINOS

4.1 EQUIPOS Y MATERIALES

EQUIPOS	MATERIALES
<ul style="list-style-type: none"> • Celda Acrílico Estándar de 3,06 l • Máquina de flotación Denver • Flujómetro de Aire ($Q_{Max}=15$ l/min) • Balanza sensibilidad +/- 0,1 mg • Timer • pH-metro (Electrodos pH-Redox) • Filtro a Presión • Estufa 	<ul style="list-style-type: none"> • Bandejas • Espátulas plásticas • Baldes • Jeringas • Papel para Filtrar • Pisceta • Micropipetas (10-100 μl)

	TITULO PROCEDIMIENTO ESTÁNDAR DE FLOTACIÓN	FECHA ELABORACION 05-2011
	SUBTITULO	CODIGO PR-GMET-I-001-MEL

4.2 REACTIVOS Y OTROS

- Agua de Red Potable, acondicionada a pH 10
- Colector D-101, Colector AX-317 , espumante X-133, espumante Aceite de pino (utilizar Mezcla espumante X:133: Aceite de Pino en razón 60:40 v/v)
- Sulfhidrato de Sodio (NaSH) diluido al 10% P/V. Verificar pureza en función de la densidad del reactivo recepcionado.
- Cal Apagada.
- Planillas de Control

5. DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD

Actividades Previas

1. Verificar que la celda de acrílico no tenga fugas, que la velocidad del rotor está en 1100 rpm y que la línea de aire de flotación está operativa. Además se debe revisar la fecha de preparación de los reactivos a utilizar, en caso de ser necesario preparar nuevo reactivo.
2. Previamente, se debe determinar el tiempo de molienda (**T**) para alcanzar una granulometría de alimentación de 20 % +100 # Tyler u otra granulometría dependiendo del proyecto. Además, se debe determinar la masa de cal (**M**) necesaria para alcanzar un pH=10 en la pulpa de alimentación¹.
3. Depositar en el molino una carga mineral de 1 Kg., agregar 1 litro de agua y **M** gramos de cal. Enseguida agregar los reactivos de acuerdo a la siguiente tabla:

REACTIVO	Dosificación (g/ton)
Colector Primario D-101	33
Colector Secundario AX-317	7
Espumante Aceite de Pino :	16
Espumante X-133	24
NOTA: Mezcla Espumante Aceite de Pino :X-133 (40:60) V/V	40

Las dosificaciones deben estar referidas a 1000 gramos de mineral.

4. Asegurar el molino, cerrándolo con precaución y colocarlo sobre los rodillos detenidos, empleando guantes de cuero. Establecer en el Timer, el tiempo de molienda **T** definido para la muestra y poner en funcionamiento los rodillos. NOTA: Tenga precaución al mover y trasladar el molino, evitando sobreesfuerzos y golpes.

	TITULO PROCEDIMIENTO ESTÁNDAR DE FLOTACIÓN	FECHA ELABORACION 05-2011
	SUBTITULO	CODIGO PR-GMET-I-001-MEL

5. Una vez finalizado el tiempo, detener los rodillos y disponer en la celda de flotación de 3.06 litros para recepcionar el producto de molienda bajo el lavador de medios de molienda.
6. Colocar el molino sobre el lavador de medios de molienda, con la tapa hacia arriba, y abrir con precaución, lavar la tapa con una pisceta canalizando la pulpa hacia la celda. Enseguida, verter el contenido del molino sobre el lavador y utilizar la pisceta para remover el sólido desde las paredes internas del molino y para separarlo de las bolas de acero. **NOTA:** El agua utilizada para lavar los medios moledores y el molino no debe sobrepasar el volumen de la celda (3.06 l volumen efectivo, incluyendo el rotor).
7. Antes de colocar la celda en la máquina de flotación se debe calcular cuanto debe pesar la pulpa, de manera de asegurarnos que al enrazar con el agua al volumen requerido, este sea el mismo en todas las pruebas. El cálculo es el siguiente:

Mineral: 1000 gramos
Densidad gr/cc: 2.7
Volumen celda: 3.06 l
Volumen del sólido: $1000/2.7 = 370.37$ cc
Volumen de agua: $3060 - 370.37 = 2689.6$
Peso pulpa = Peso agua + Peso Sólido = $2689.6 + 1000 = 3689.6$ gramos
8. Chequear la revoluciones de la máquina de flotación con un tacómetro, estas deben ser 1100 RPM.
9. Colocar la celda en la máquina de flotación, encender impeller y realizar medición de pH de la pulpa. Ajustar a pH 10 en caso de ser necesario, registrando los gramos de cal adicionados en la planilla de control.
10. Una vez ajustado el pH adicionar el Sulfhidrato de Sodio (NaSH) diluido al 10 % p/v, a una dosificación de 100 g/ton, referida a 1000 gramos de mineral (esto es 1cc).
11. Acondicionar la pulpa con 0.5 (l/min.) de aire, el tiempo necesario para que el potencial REDOX sea de -90 mV. Registrar el tiempo de acondicionamiento en la Planilla de Control. (utilizar un electrodo de Pt Ag/ Ag Cl).
12. Una vez que se logra el potencial requerido, abrir la válvula de aire hasta que el colchón de espuma formado en la superficie de la pulpa debido al ascenso de las burbujas sea lo más homogéneo posible y no superar nunca el nivel del labio de la celda. El tiempo cero queda determinado cuando se realiza el primer paleteo.
13. Es importante mantener, durante toda la prueba, un nivel de 3.060 ml de pulpa lo que se logra mediante agua preparada a pH=10. Una marca de referencia y una pisceta con agua a pH=10, serán una buena práctica para alcanzar este objetivo.
14. Se debe proceder con una frecuencia de paleteo de 5 segundos los primeros 3 minutos, y se cambiará a una frecuencia de 15 segundos hasta el fin de la prueba. De igual modo, el flujo de aire deberá regularse en función del comportamiento del mineral, tomar como

11.2. Histogramas Globales de Variables

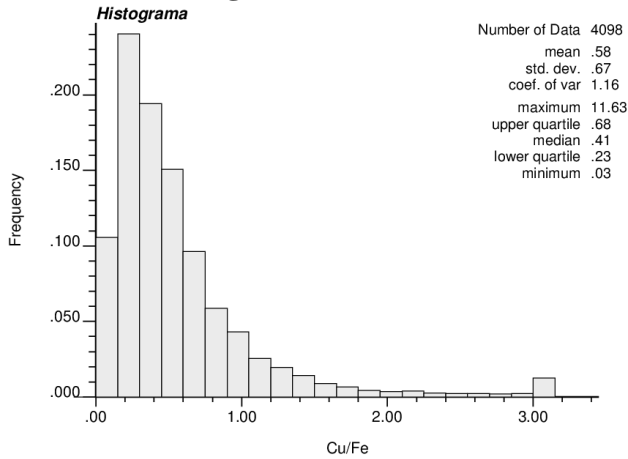


Ilustración 85: Histograma Cu/Fe

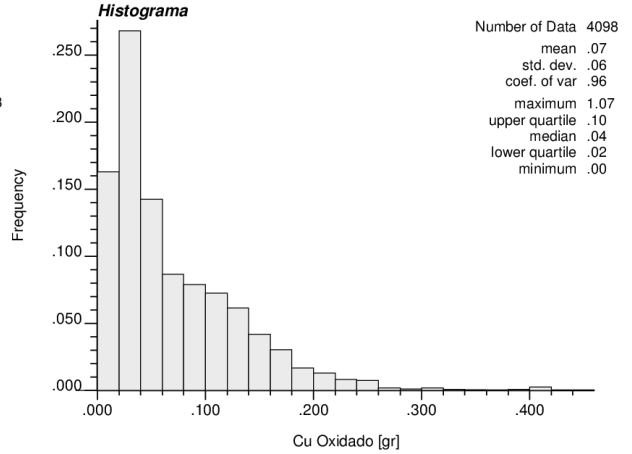


Ilustración 86: Histograma Cu Oxidado

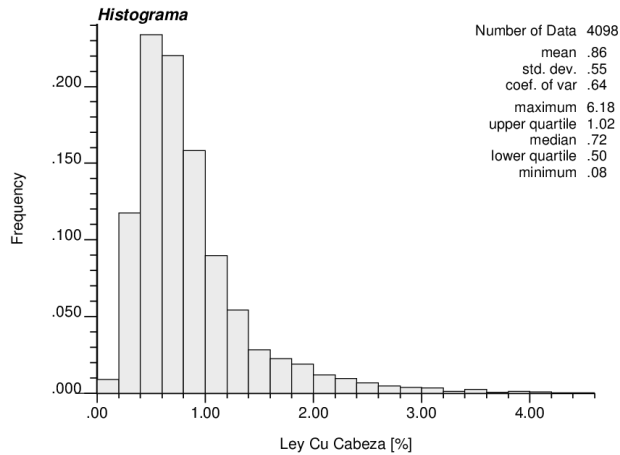


Ilustración 87: Histograma Ley Cu Cabeza

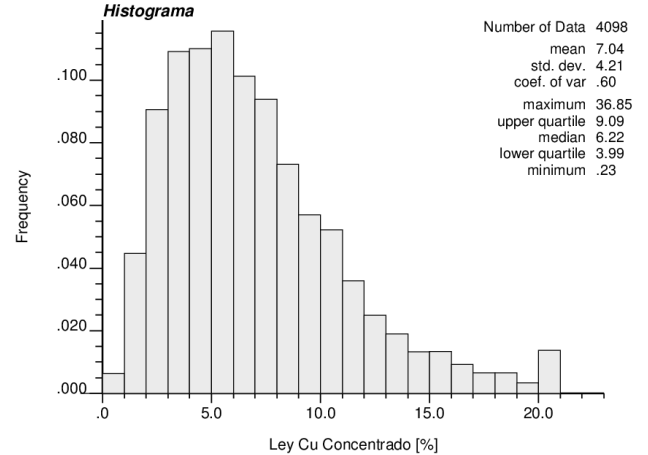


Ilustración 88: Histograma Ley Cu Concentrado

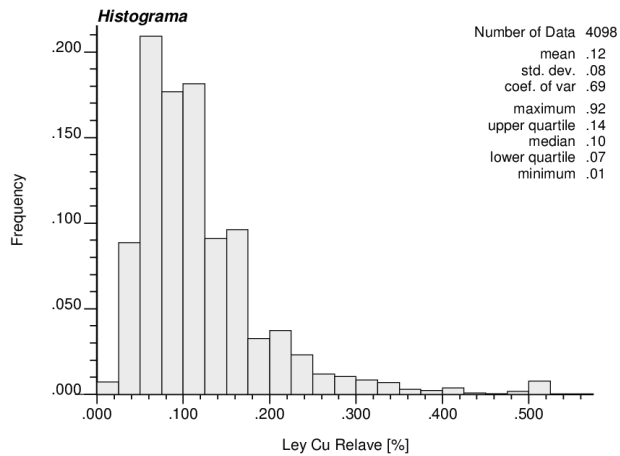


Ilustración 89: Histograma Ley Cu Relave

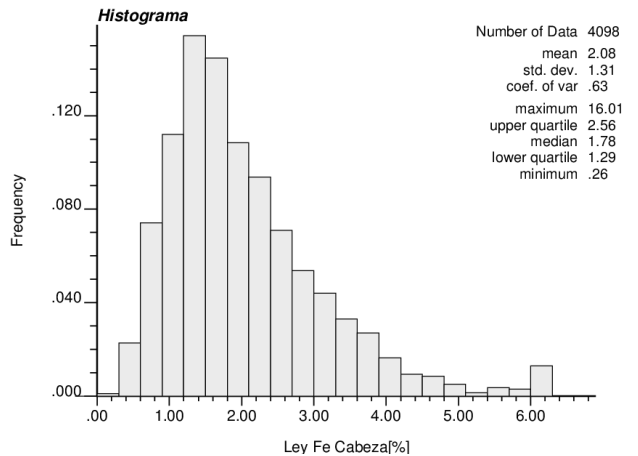


Ilustración 90: Histograma Ley Fe Cabeza

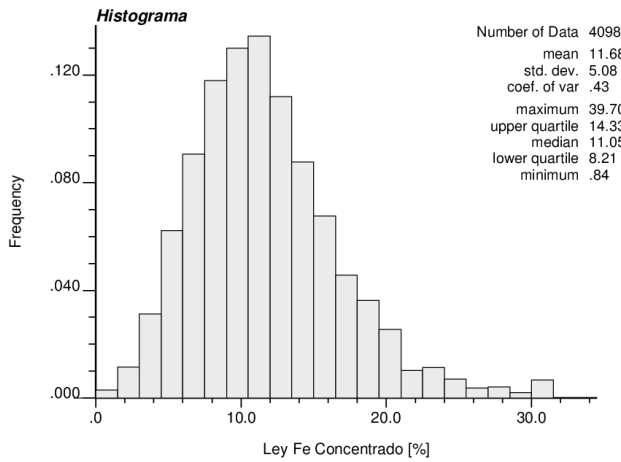


Ilustración 91: Histograma Ley Fe Concentrado

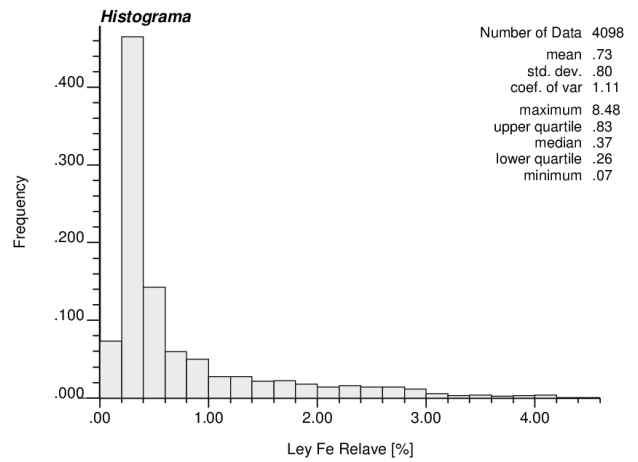


Ilustración 92: Histograma Ley Fe Relave

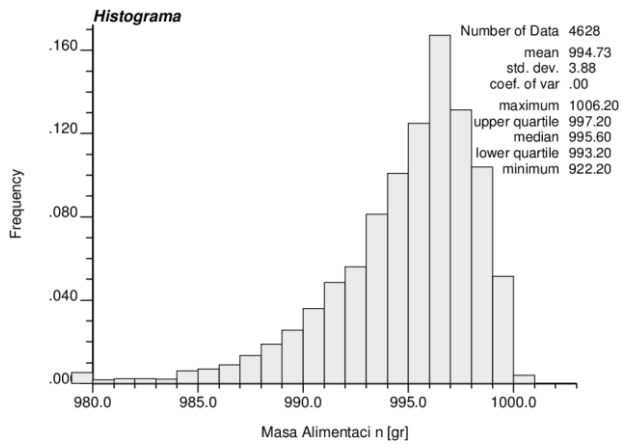


Ilustración 93: Histograma Masa Alimentación

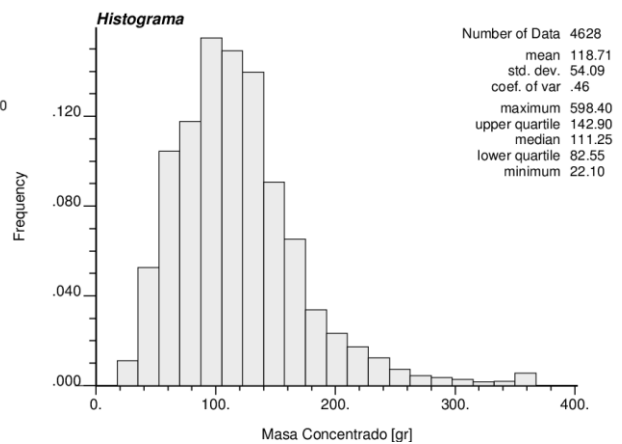


Ilustración 94: Histograma Masa Concentrado

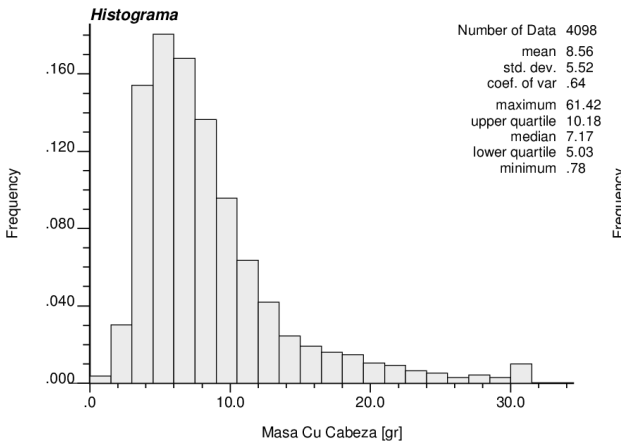


Ilustración 95: Histograma Masa Cu Cabeza

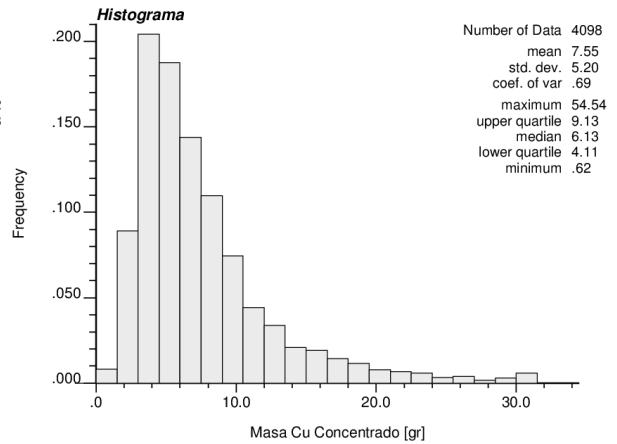


Ilustración 96: Histograma Masa Cu Concentrado

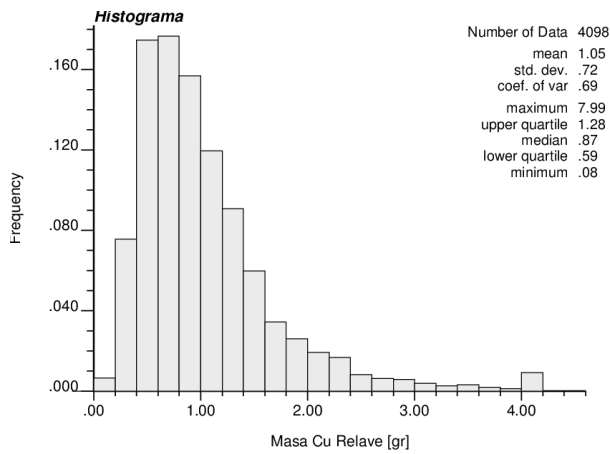


Ilustración 97: Histograma Masa Cu Relave

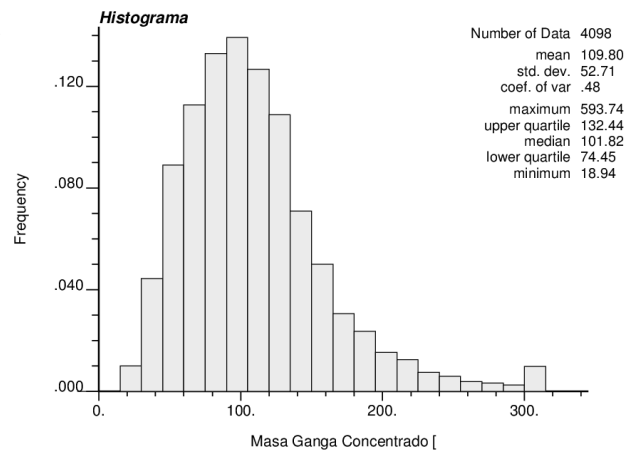


Ilustración 98: Histograma Masa Ganga Concentrado

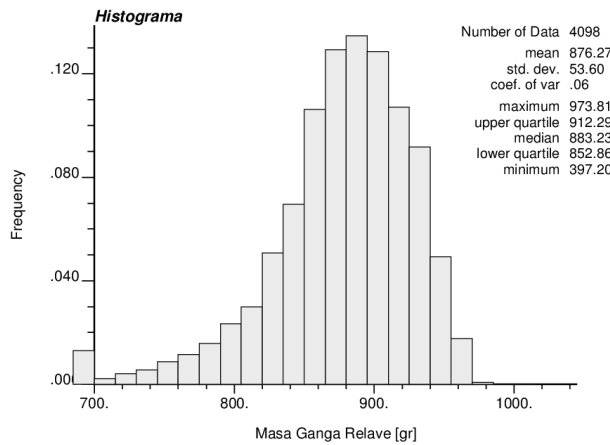


Ilustración 99: Histograma Masa Ganga Relave

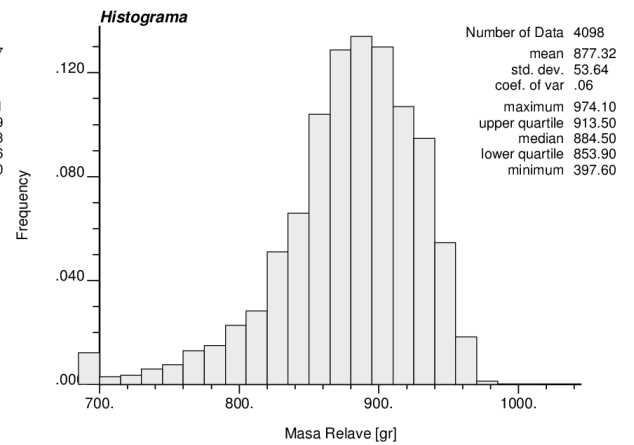


Ilustración 100: Histograma Masa Relave

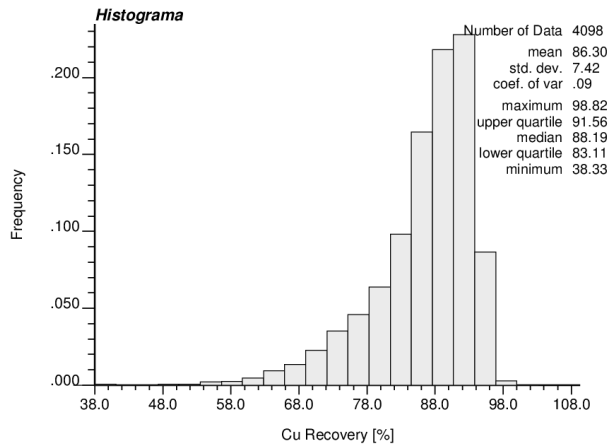


Ilustración 101: Histograma Recuperación Cu

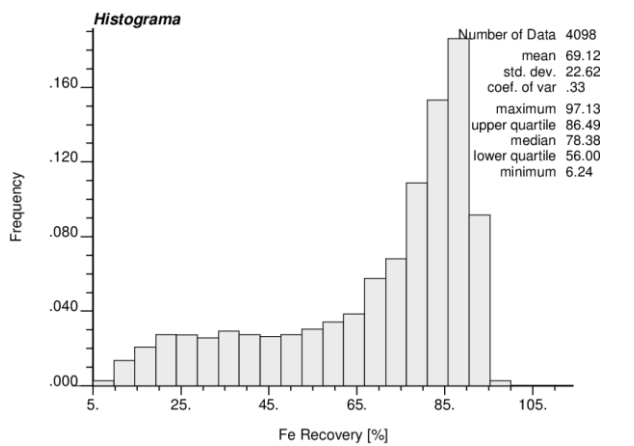
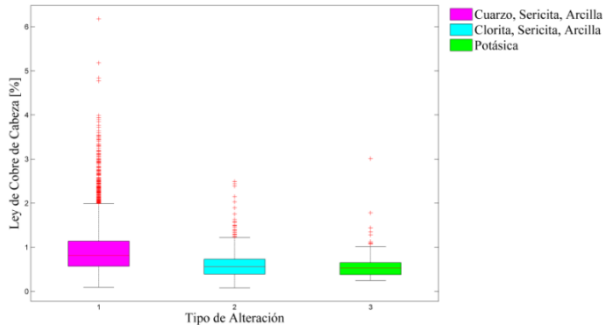
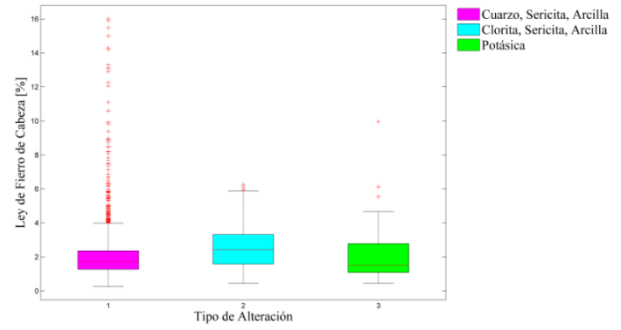


Ilustración 102: Histograma Recuperación Fe

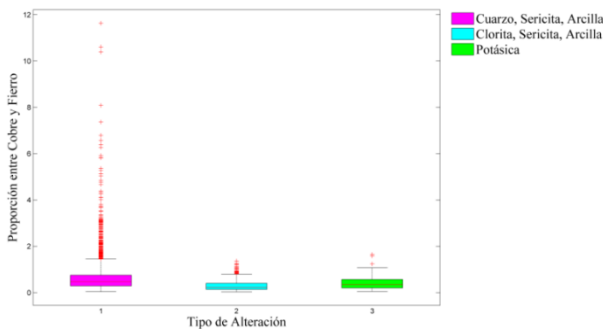
11.3. Boxplots por Alteración



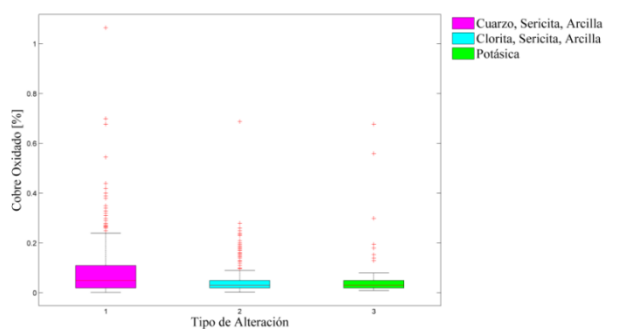
**Ilustración 103: Boxplot por Alteración
Ley Cu Cabeza**



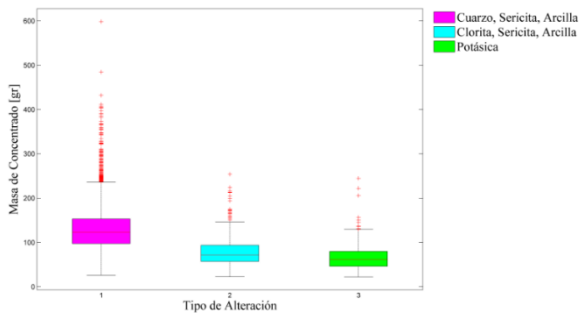
**Ilustración 104: Boxplot por Alteración
Ley Fe Cabeza**



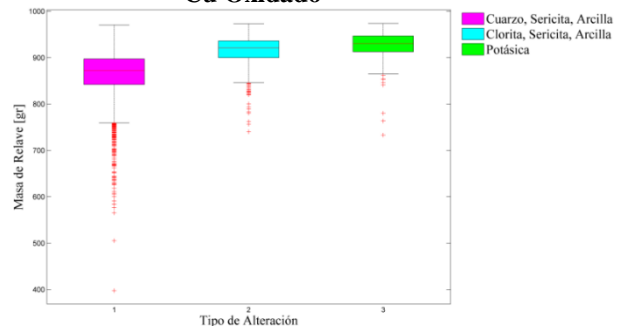
**Ilustración 105: Boxplot por Alteración
Cu/Fe**



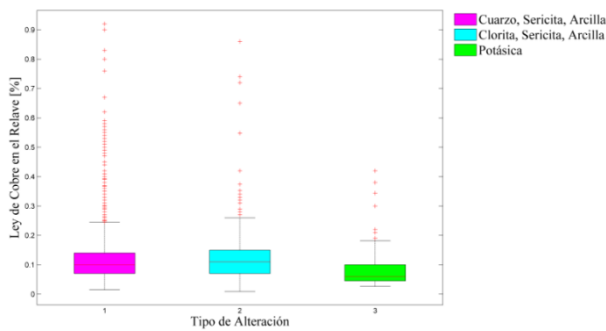
**Ilustración 106: Boxplot por Alteración
Cu Oxidado**



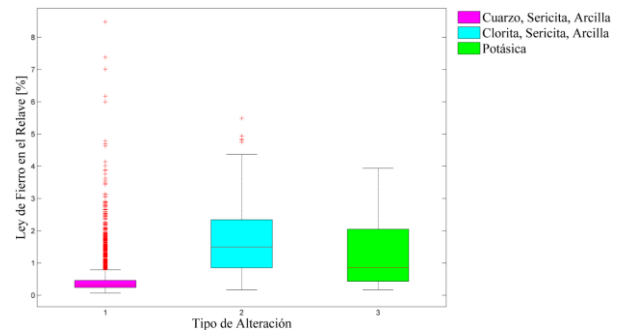
**Ilustración 107: Boxplot por Alteración
Masa de Concentrado**



**Ilustración 108: Boxplot por Alteración
Masa de Relave**



**Ilustración 109: Boxplot por Alteración
Ley Cu Relave**



**Ilustración 110: Boxplot por Alteración
Ley Fe Relave**

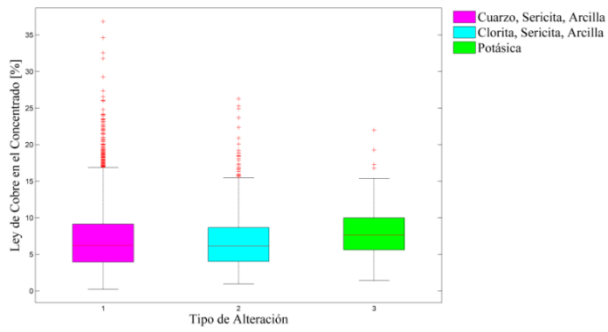


Ilustración 111: Boxplot por Alteración Ley Cu Concentrado

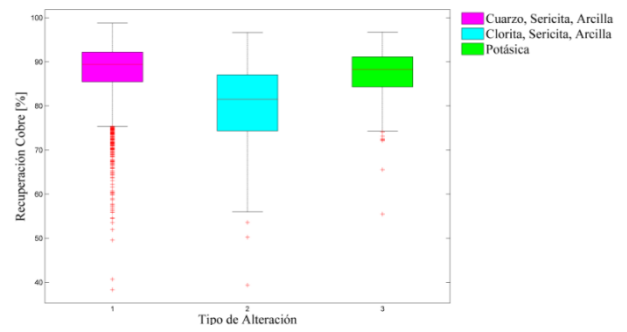


Ilustración 112: Boxplot por Alteración Recuperación Cu

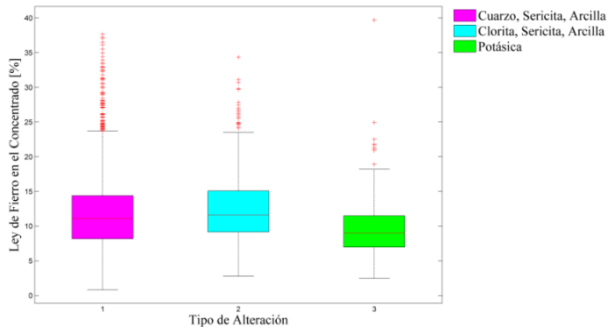


Ilustración 113: Boxplot por Alteración Ley Fe Concentrado

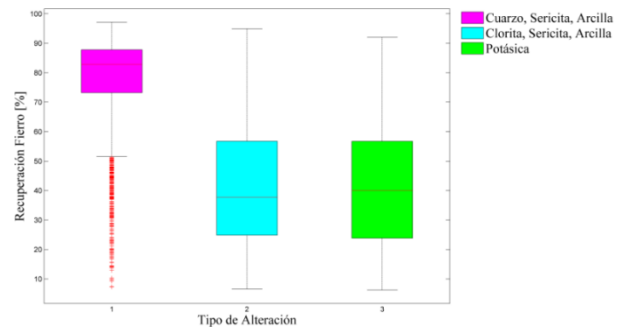


Ilustración 114: Boxplot por Alteración Recuperación Fe

11.3.1. Gráficos de probabilidad para escala aritmética

11.3.1.1. Variables Primarias

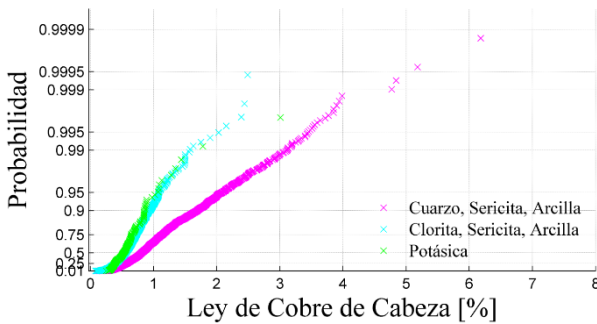


Ilustración 115: Gráfico de Probabilidad por Alteración. Escala aritmética Ley Cu Cabeza

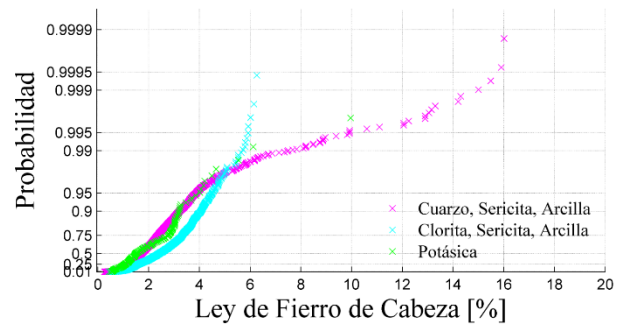


Ilustración 116: Gráfico de Probabilidad por Alteración. Escala aritmética Ley Fe Cabeza

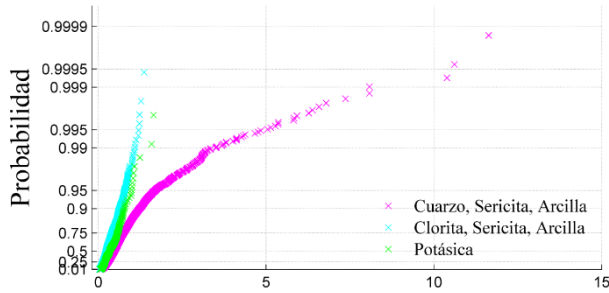


Ilustración 117: Gráfico de Probabilidad por Alteración. Escala aritmética Cu/Fe

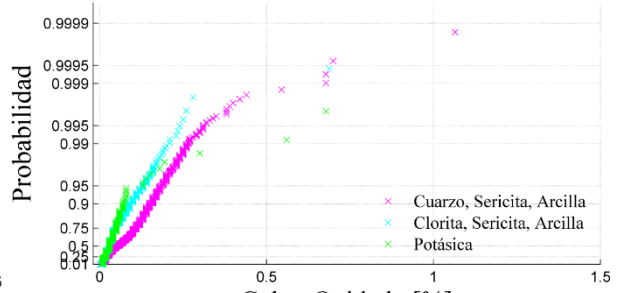


Ilustración 118: Gráfico de Probabilidad por Alteración. Escala aritmética Cu Oxidado

11.3.1.2. Variables Secundarias

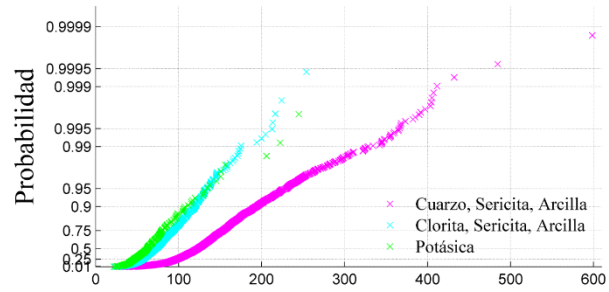


Ilustración 119: Gráfico de Probabilidad por Alteración. Escala aritmética Masa Concentrado

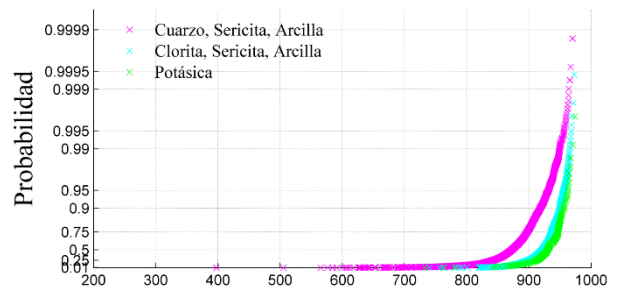


Ilustración 120: Gráfico de Probabilidad por Alteración. Escala aritmética Masa Relave

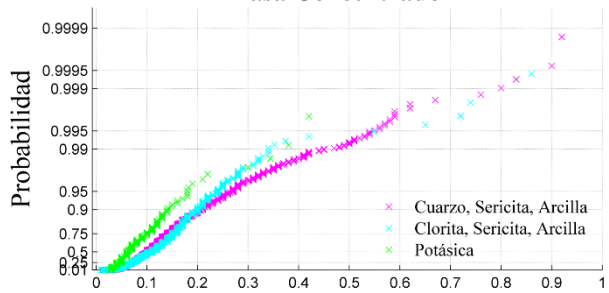


Ilustración 121: Gráfico de Probabilidad por Alteración. Escala aritmética Ley Cu Relave

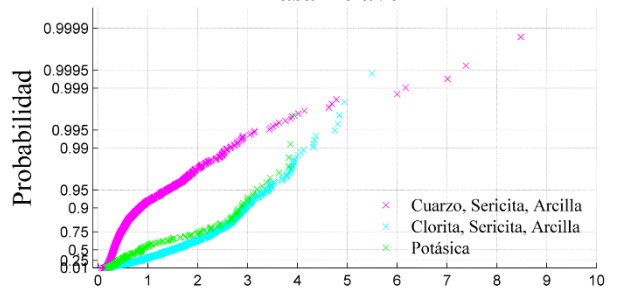


Ilustración 122: Gráfico de Probabilidad por Alteración. Escala aritmética Ley Fe Relave

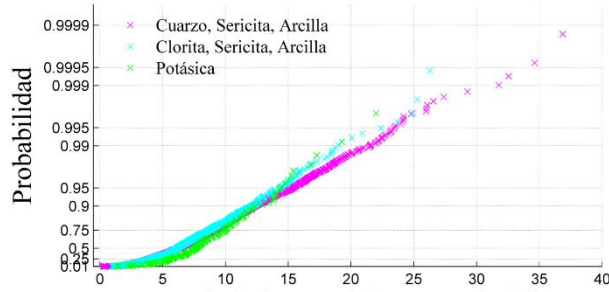


Ilustración 123: Gráfico de Probabilidad por Alteración. Escala aritmética Ley Cu Concentrado

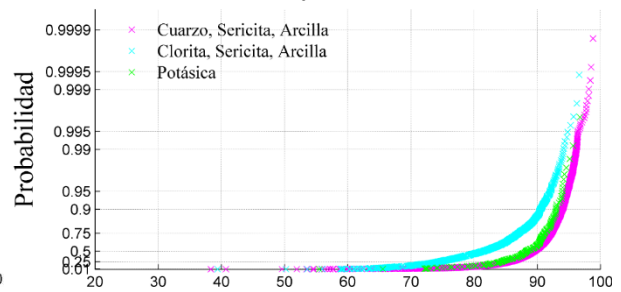


Ilustración 124: Gráfico de Probabilidad por Alteración. Escala aritmética Recuperación Cu

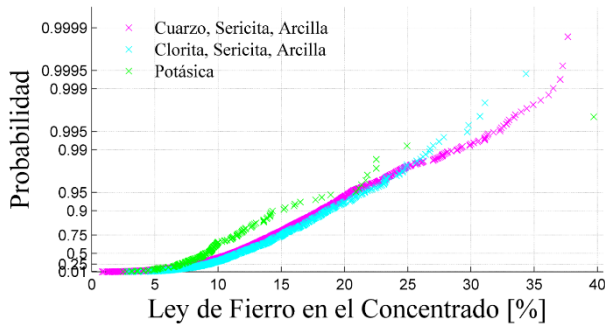


Ilustración 125: Gráfico de Probabilidad por Alteración. Escala aritmética Ley Fe Concentrado

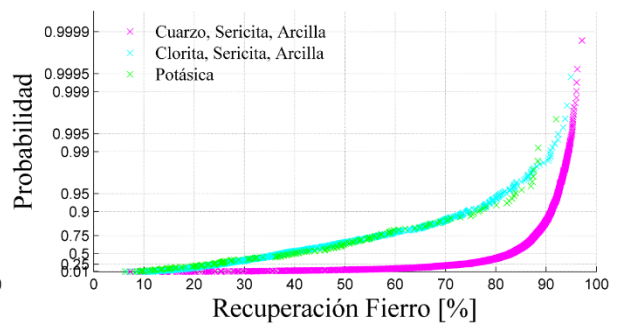


Ilustración 126: Gráfico de Probabilidad por Alteración. Escala aritmética Recuperación Fe

11.4. Boxplots por Minzone

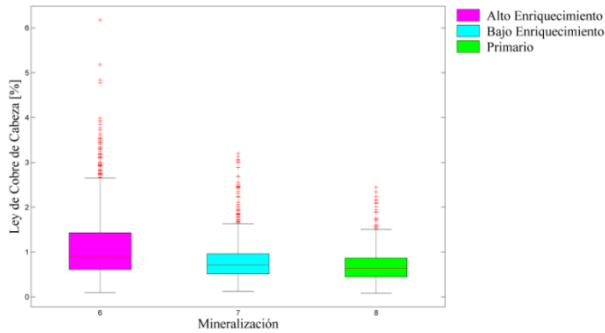


Ilustración 127: Boxplot por Minzone Ley Cu Cabeza

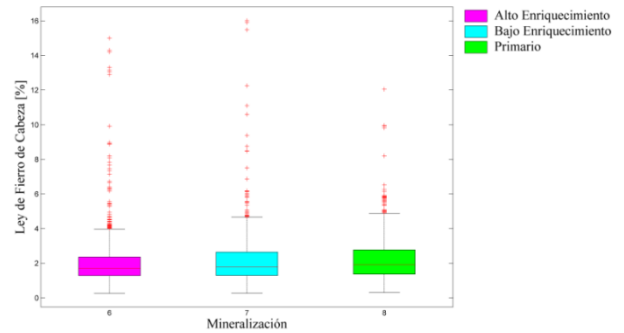


Ilustración 128: Boxplot por Minzone Ley Fe Cabeza

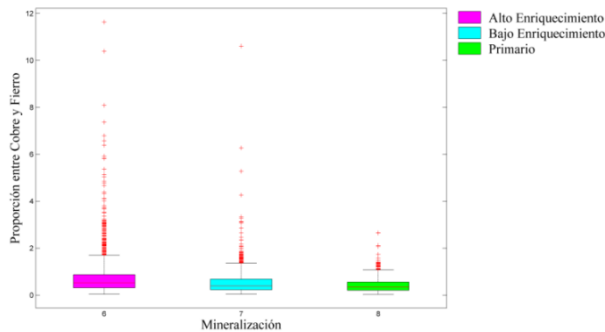


Ilustración 129: Boxplot por Minzone Cu/Fe

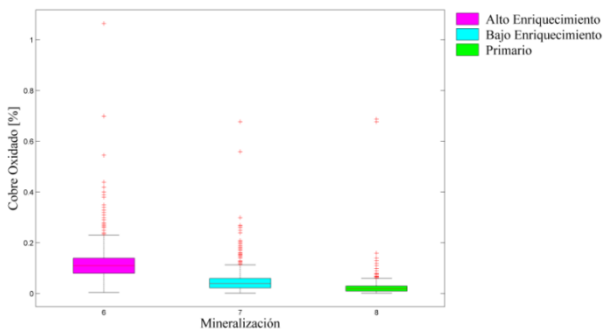


Ilustración 130: Boxplot por Minzone Cobre Oxidado

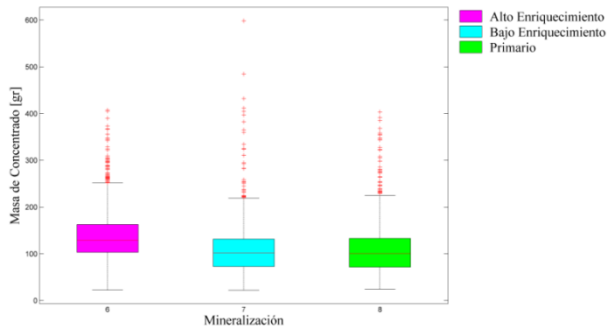


Ilustración 131: Boxplot por Minzone Masa de Concentrado

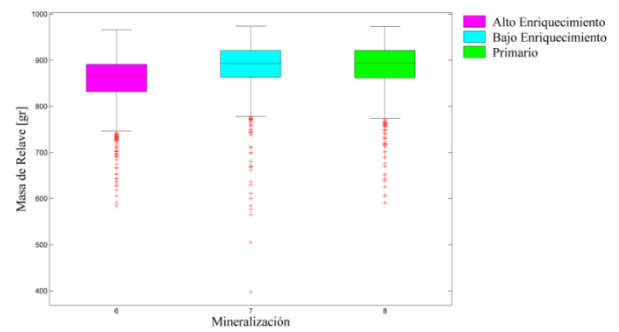


Ilustración 132: Boxplot por Minzone Masa de Relave

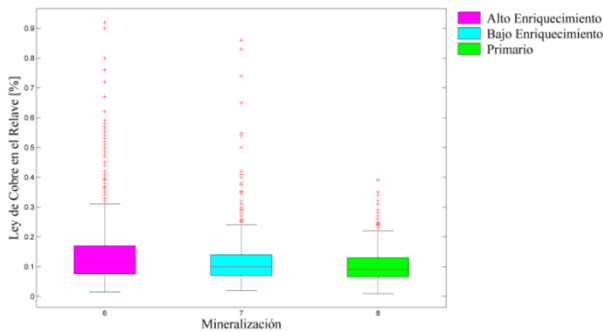


Ilustración 133: Boxplot por Minzone Ley Cu Relave

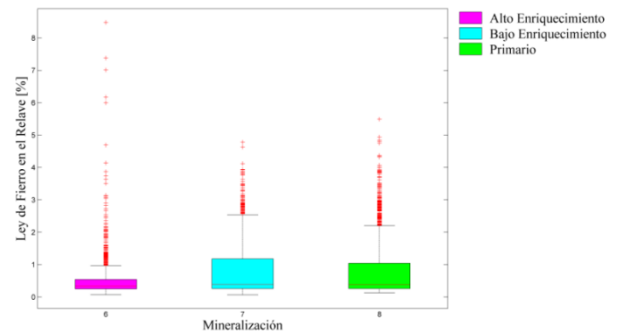


Ilustración 134: Boxplot por Minzone Ley Fe Relave

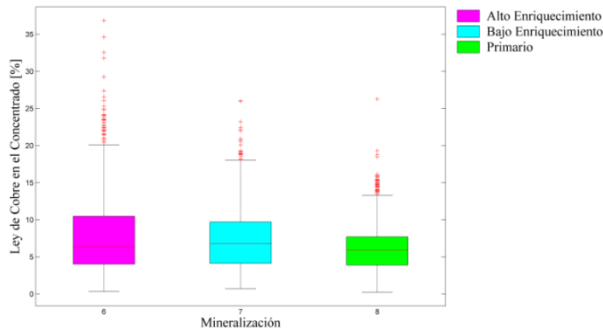


Ilustración 135: Boxplot por Minzone Ley Cu Concentrado

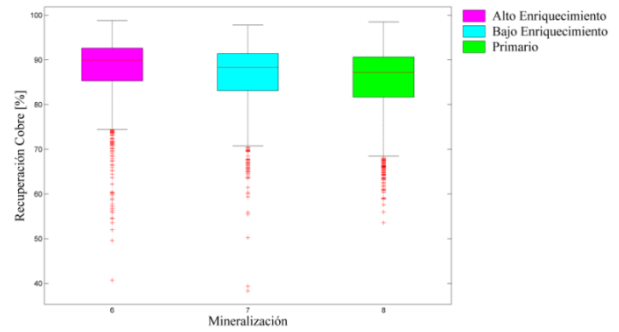


Ilustración 136: Boxplot por Minzone Recuperación Cu

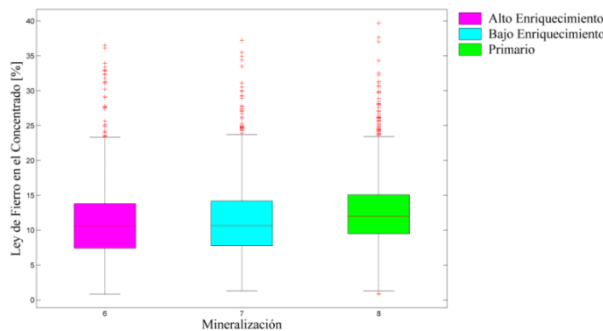


Ilustración 137: Boxplot por Minzone Ley Fe Concentrado

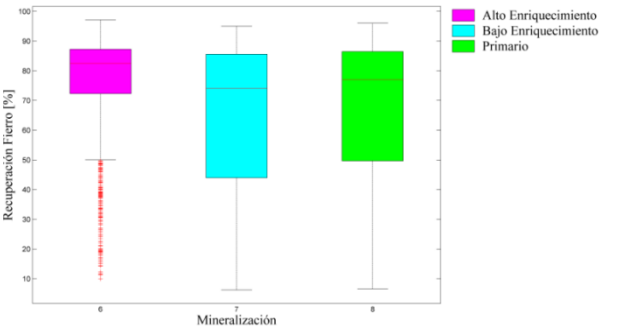


Ilustración 138: Boxplot por Minzone Recuperación Fe

11.4.1. Gráficos de probabilidad para escala aritmética

11.4.1.1. Variables Primarias

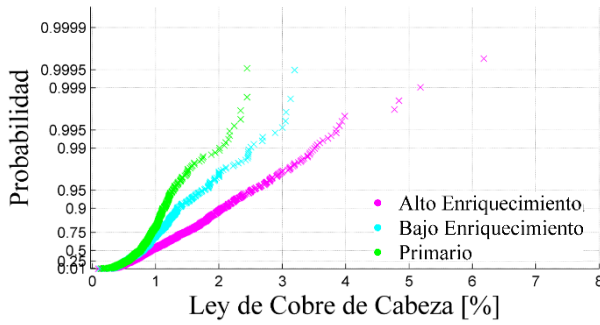


Ilustración 139: Gráfico de Probabilidad por Minzone. Escala aritmética Ley Cu Cabeza

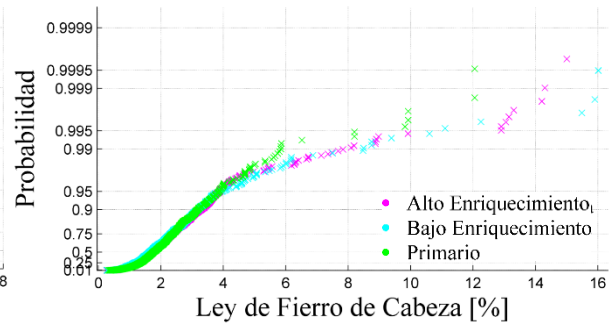


Ilustración 140: Gráfico de Probabilidad por Alteración. Minzone Aritmética Ley Fe Cabeza

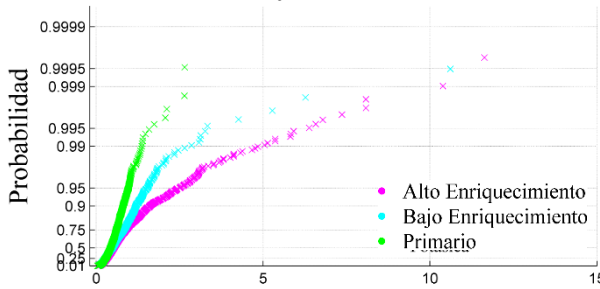


Ilustración 141: Gráfico de Probabilidad por Minzone. Escala aritmética Cu/Fe

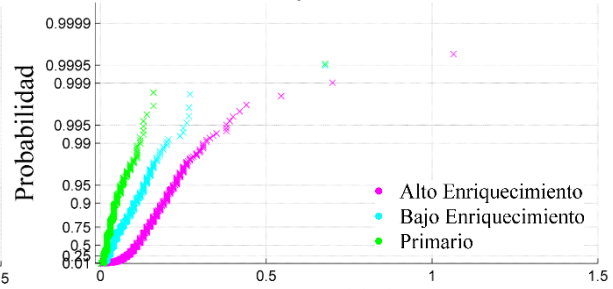


Ilustración 142: Gráfico de Probabilidad por Alteración. Minzone Aritmética Cu Oxidado

11.4.1.2. Variables Secundarias

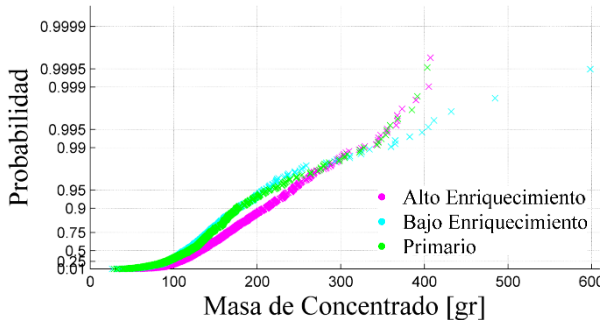


Ilustración 143: Gráfico de Probabilidad por Minzone. Escala aritmética Masa Concentrado

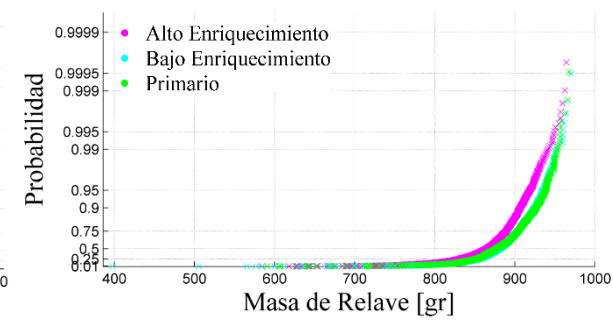


Ilustración 144: Gráfico de Probabilidad por Minzone. Escala aritmética Masa Relave

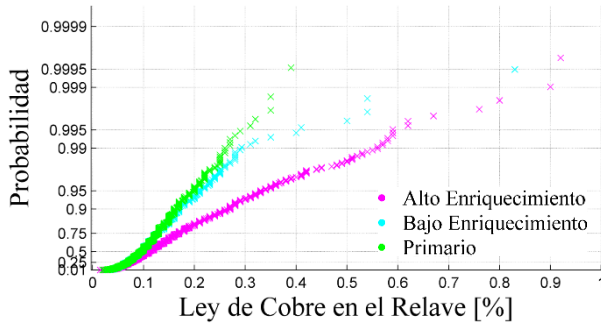


Ilustración 145: Gráfico de Probabilidad por Minzone. Escala aritmética Ley Cu Relave

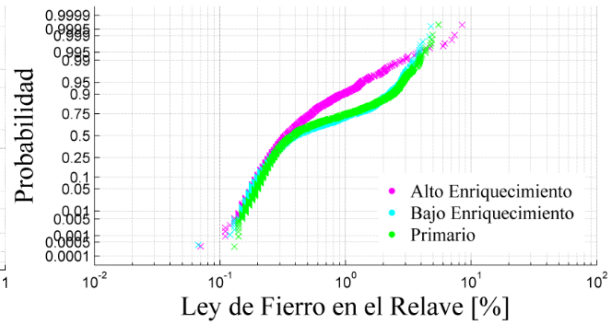


Ilustración 146: Gráfico de Probabilidad por Minzone. Escala aritmética Ley Fe Relave

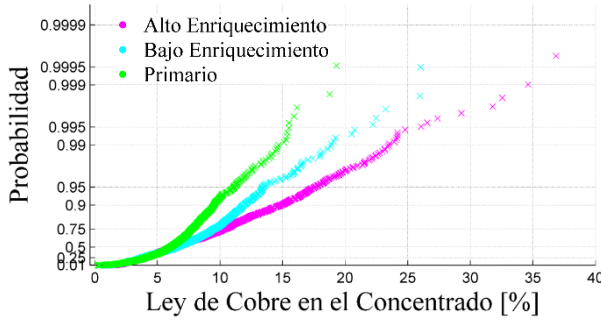


Ilustración 147: Gráfico de Probabilidad por Alteración. Minzone Aritmética Ley Cu Concentrado

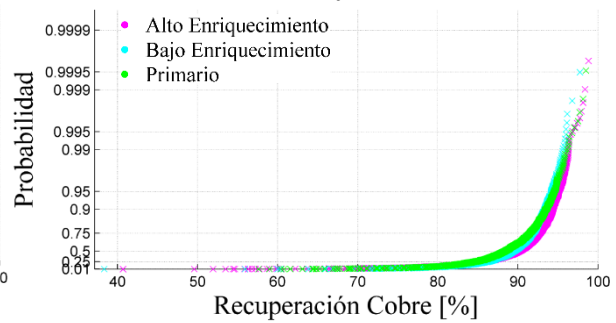


Ilustración 148: Gráfico de Probabilidad por Minzone. Escala aritmética Recuperación Cu

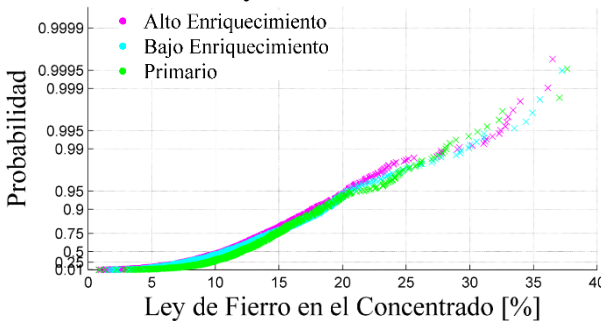


Ilustración 149: Gráfico de Probabilidad por Minzone. Escala aritmética Ley Fe Concentrado

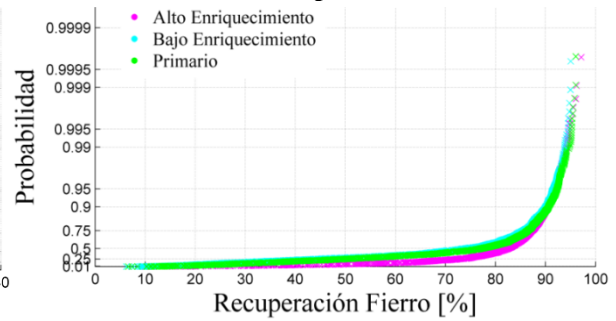


Ilustración 150: Gráfico de Probabilidad por Minzone. Escala aritmética Recuperación Fe

11.5. Boxplots Por Minzone Para Grupos de Alteración 1

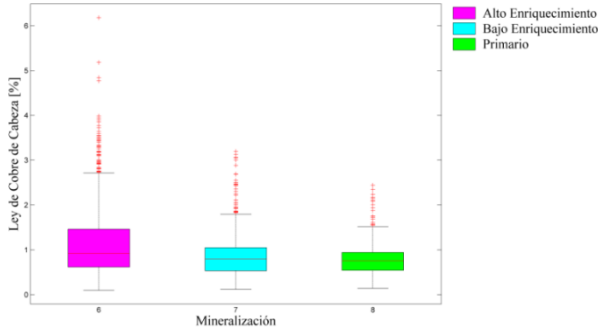


Ilustración 151: Boxplot por Minzone para Alteración 1. Ley Cu Cabeza

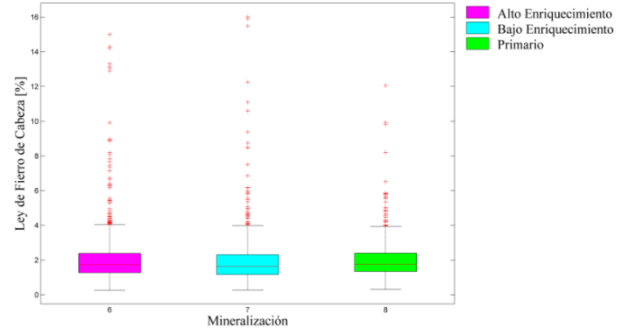


Ilustración 152: Boxplot por Minzone para Alteración 1. Ley Fe Cabeza

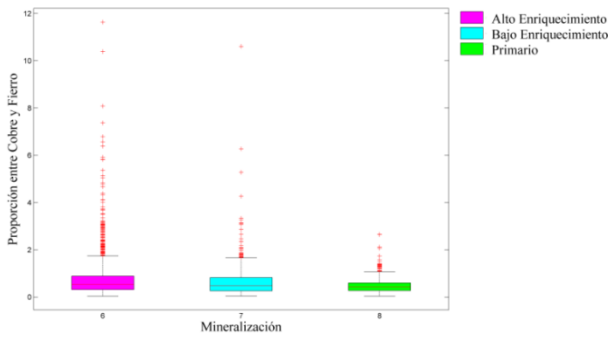


Ilustración 153: Boxplot por Minzone para Alteración 1. Cu/Fe

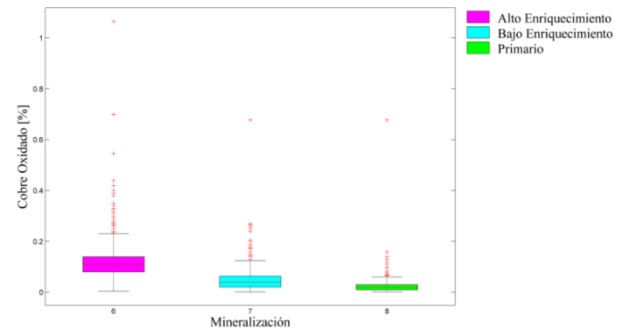


Ilustración 154: Boxplot por Minzone para Alteración 1. Cu Oxidado

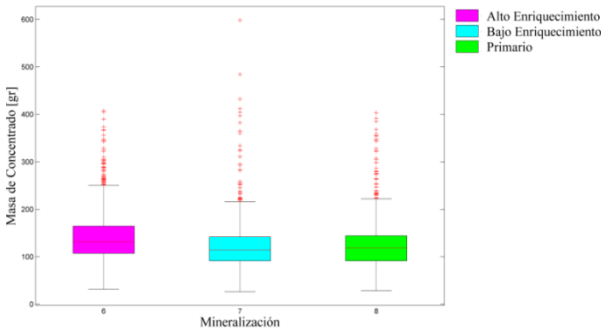


Ilustración 155: Boxplot por Minzone para Alteración 1. Masa de Concentrado

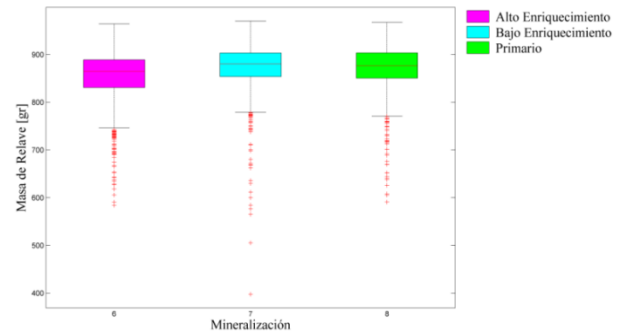


Ilustración 156: Boxplot por Minzone para Alteración 1. Masa de Relave

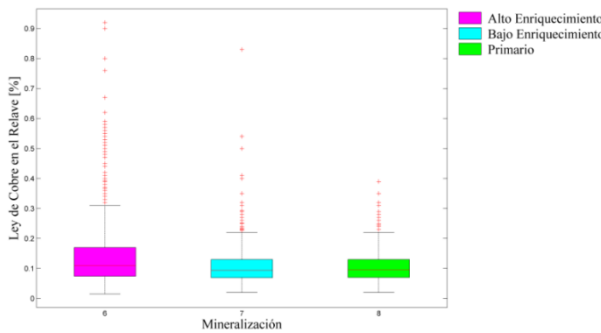


Ilustración 157: Boxplot por Minzone para Alteración 1. Ley Cu Relave

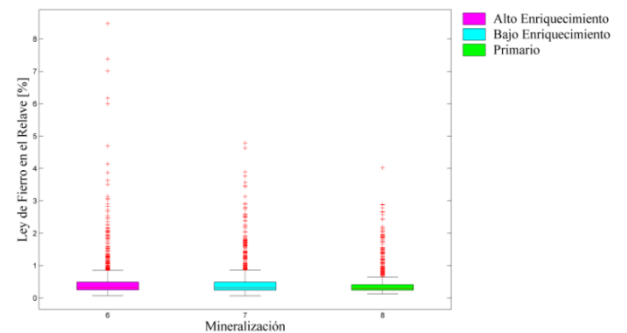


Ilustración 158: Boxplot por Minzone para Alteración 1. Ley Fe Relave

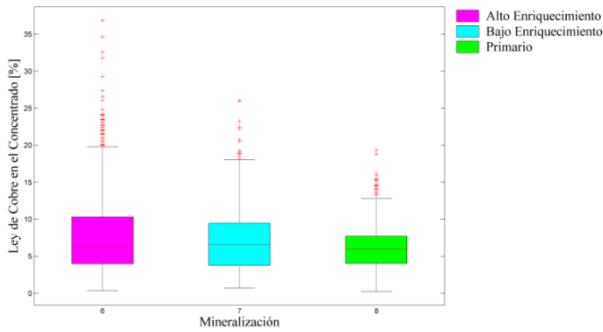


Ilustración 159: Boxplot por Minzone para Alteración 1. Ley Cu Concentrado

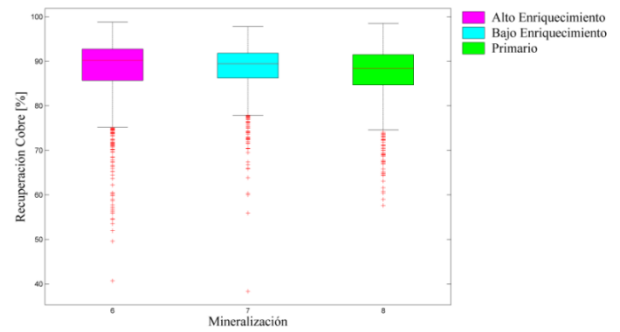


Ilustración 160: Boxplot por Minzone para Alteración 1. Recuperación Cu

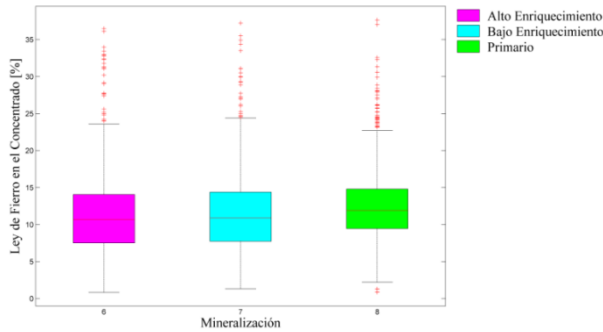


Ilustración 161: Boxplot por Minzone para Alteración 1. Ley Fe Concentrado

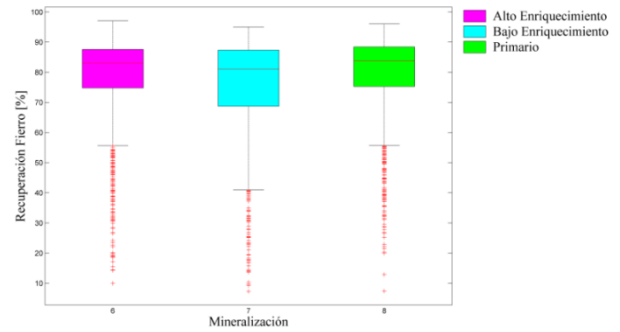


Ilustración 162: Boxplot por Minzone para Alteración 1. Recuperación Fe

11.5.1. Gráficos de probabilidad para escala aritmética

11.5.1.1. Variables Primarias

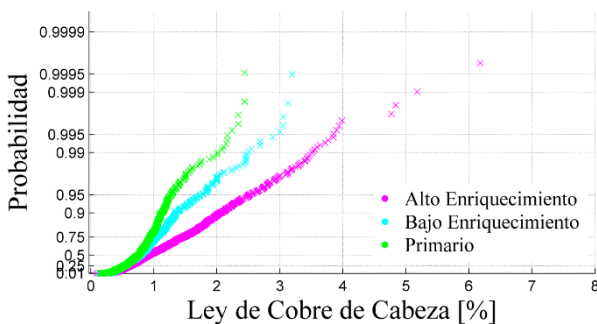


Ilustración 163: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 1. Escala aritmética. Ley Cu Cabeza

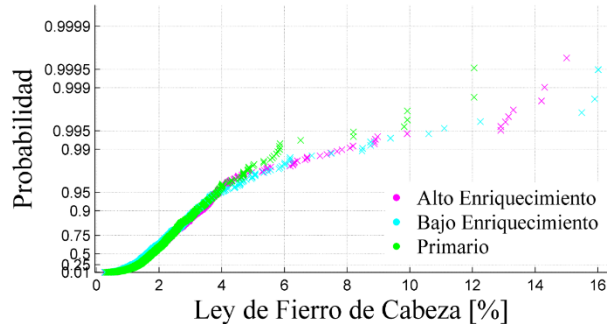


Ilustración 164: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 1. Escala aritmética. Ley Fe Cabeza

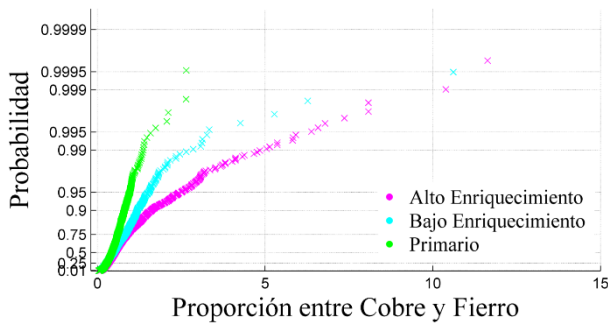


Ilustración 165: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 1. Escala aritmética. Cu/Fe

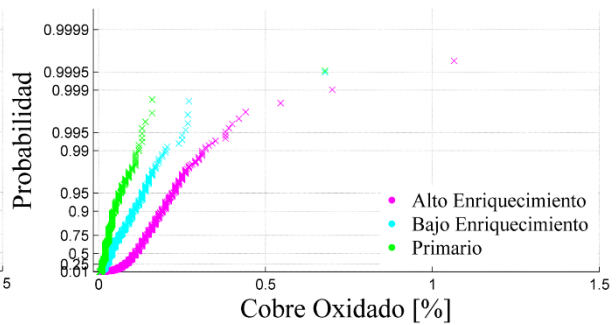


Ilustración 166: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 1. Escala aritmética. Cu Oxidado

11.5.1.2. Variables Secundarias

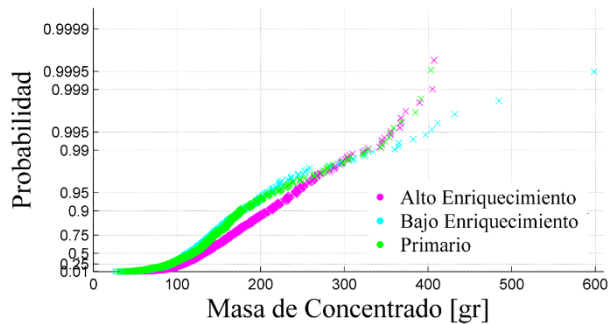


Ilustración 167: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 1. Escala aritmética. Masa de Concentrado

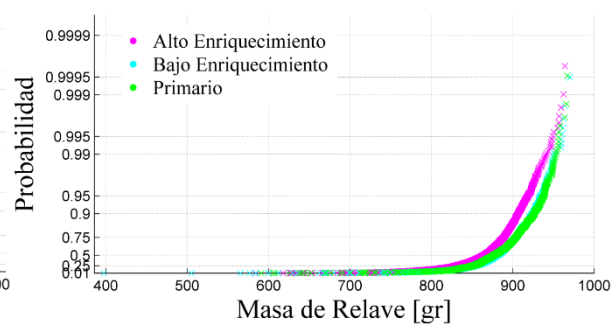


Ilustración 168: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 1. Escala aritmética. Masa de Relave

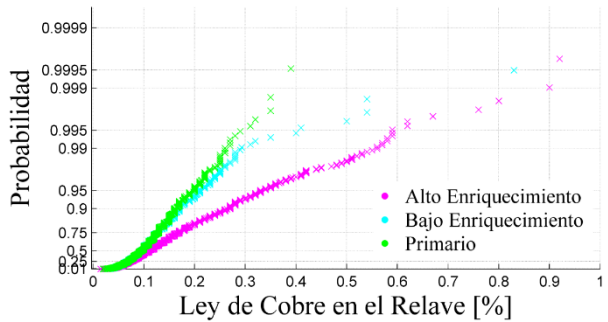


Ilustración 169: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 1. Escala aritmética. Ley Cu Relave

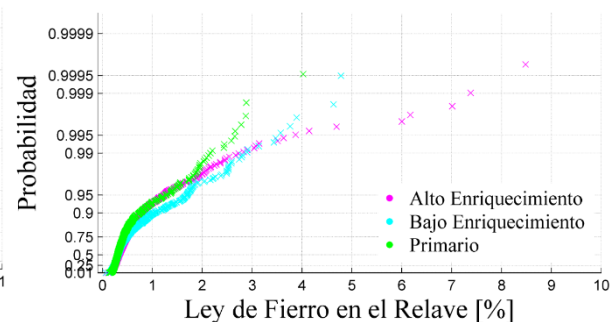


Ilustración 170: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 1. Escala aritmética. Ley Fe Relave

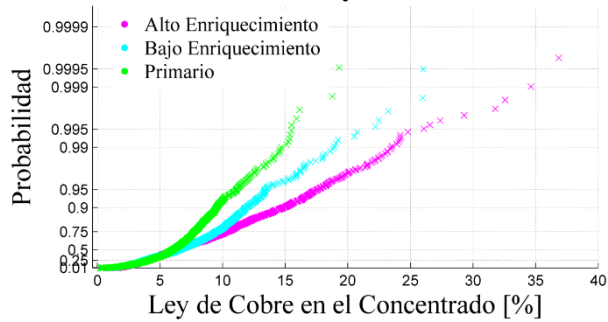


Ilustración 171: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 1. Escala aritmética. Ley de Cu Concentrado

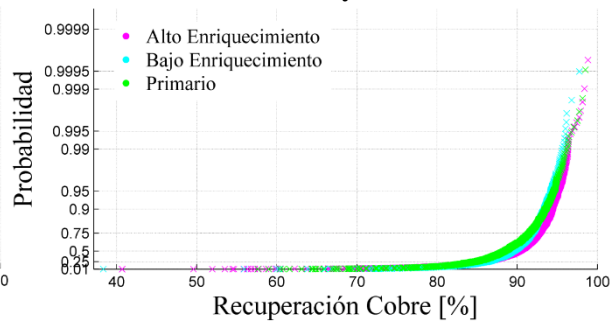


Ilustración 172: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 1. Escala aritmética. Recuperación Cu

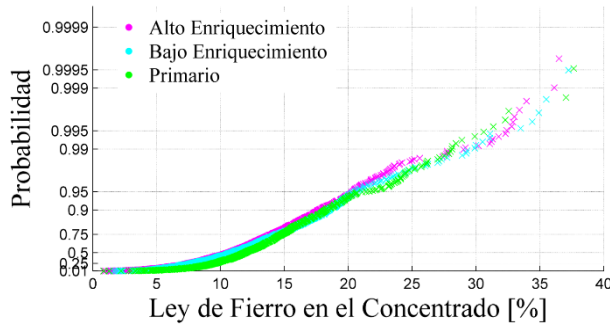


Ilustración 173: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 1. Escala aritmética. Ley Fe Concentrado

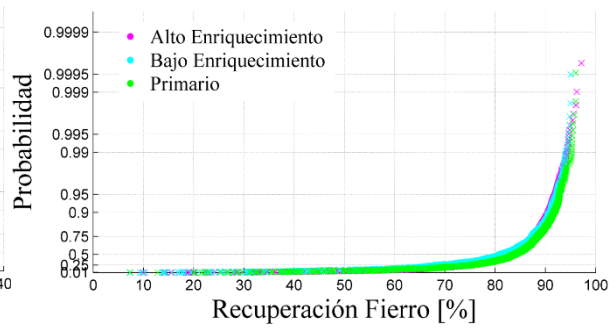


Ilustración 174: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 1. Escala aritmética. Recuperación Fe

11.6. Boxplots Por Minzone Para Grupos de Alteración 2 y 3

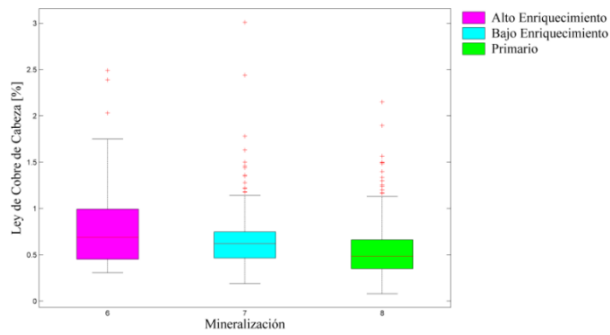


Ilustración 175: Boxplot por Minzone para Alteración 2 y 3. Ley Cu Cabeza

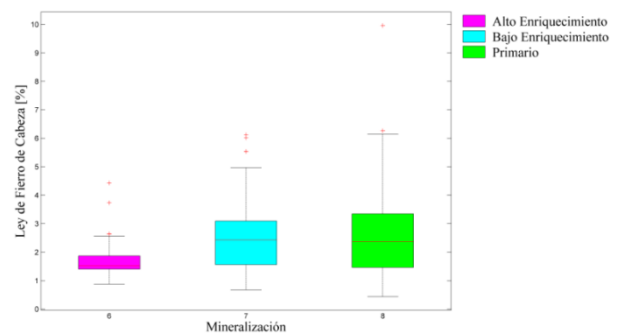


Ilustración 176: Boxplot por Minzone para Alteración 2 y 3. Ley Fe Cabeza

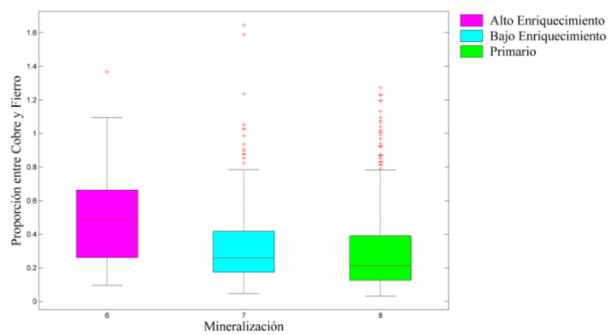


Ilustración 177: Boxplot por Minzone para Alteración 2 y 3. Cu/Fe

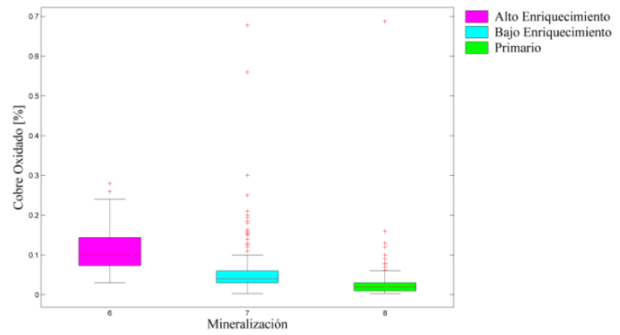


Ilustración 178: Boxplot por Minzone para Alteración 2 y 3. Cu Oxidado

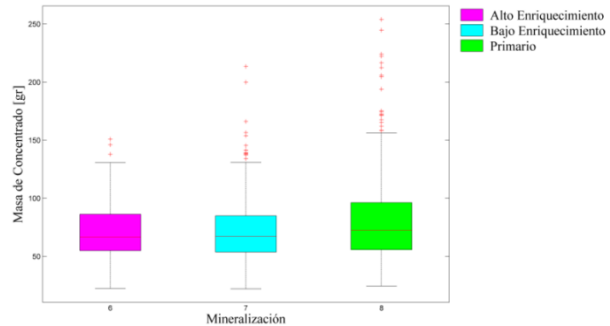


Ilustración 179: Boxplot por Minzone para Alteración 2 y 3. Masa de Concentrado

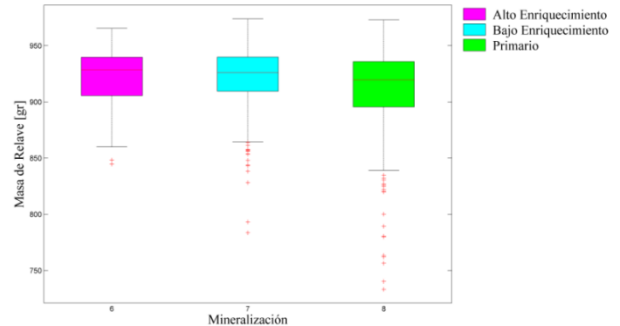


Ilustración 180: Boxplot por Minzone para Alteración 2 y 3. Masa de Relave

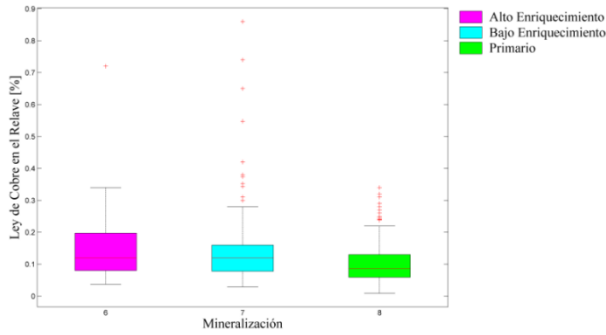


Ilustración 181: Boxplot por Minzone para Alteración 2 y 3. Ley Cu Relave

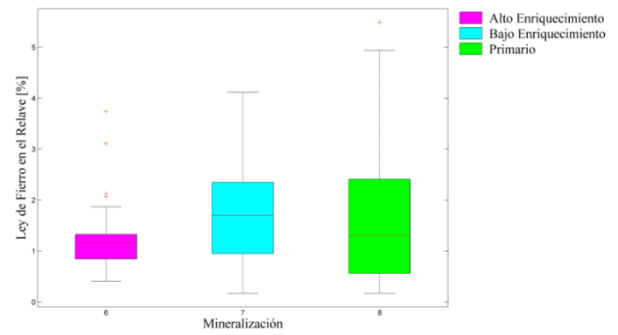


Ilustración 182: Boxplot por Minzone para Alteración 2 y 3. Ley Fe Relave

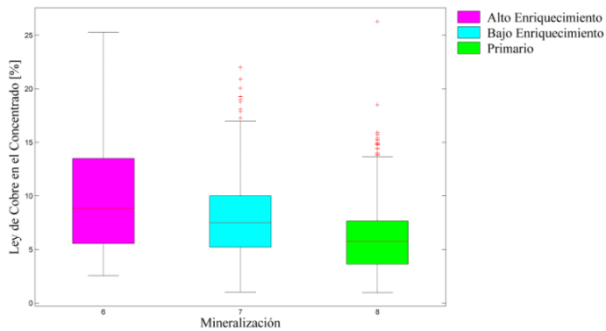


Ilustración 183: Boxplot por Minzone para Alteración 2 y 3. Ley Cu Concentrado

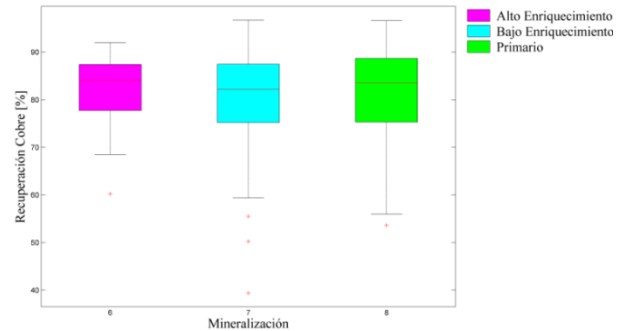


Ilustración 184: Boxplot por Minzone para Alteración 2 y 3. Recuperación Cu

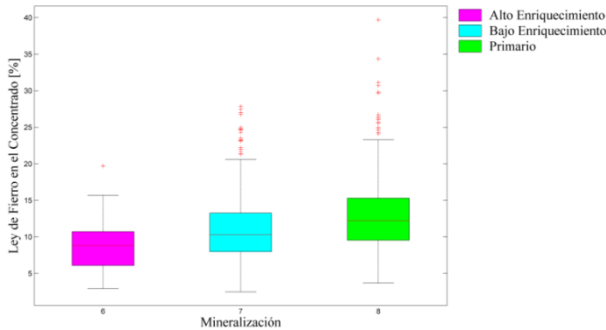


Ilustración 185: Boxplot por Minzone para Alteración 2 y 3. Ley Fe Concentrado

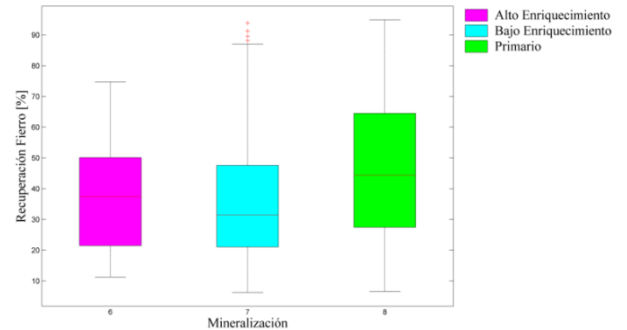


Ilustración 186: Boxplot por Minzone para Alteración 2 y 3. Recuperación Fe

11.6.1. Gráficos de probabilidad para escala aritmética

11.6.1.1. Variables Primarias

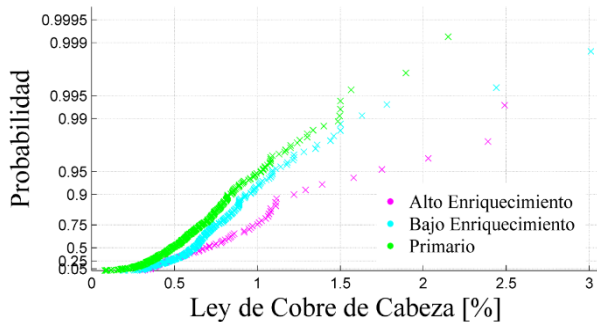


Ilustración 187: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 2 y 3. Escala aritmética. Ley Cu Cabeza

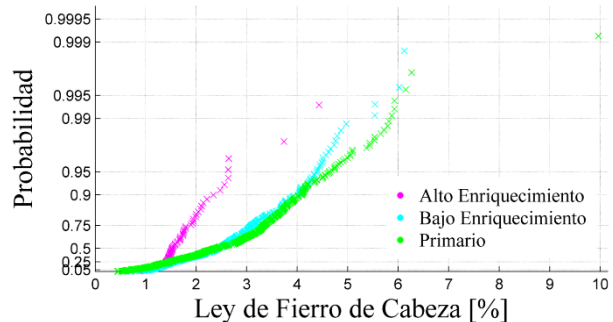


Ilustración 188: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 2 y 3. Escala aritmética. Ley Fe Cabeza

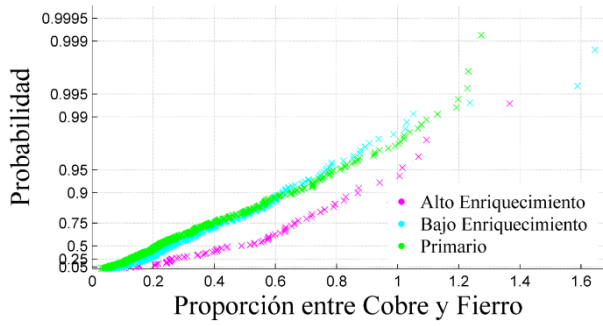


Ilustración 189: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 2 y 3. Escala aritmética. Cu/Fe

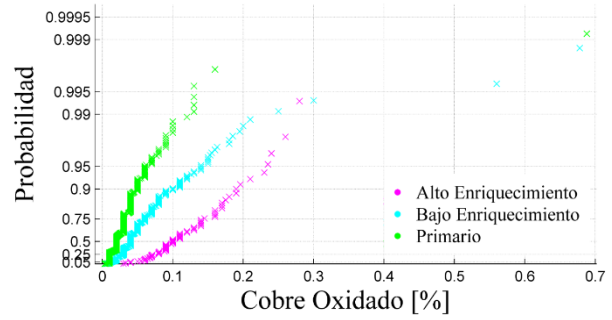


Ilustración 190: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 2 y 3. Escala aritmética. Cu Oxidado

11.6.1.2. Variables Secundarias

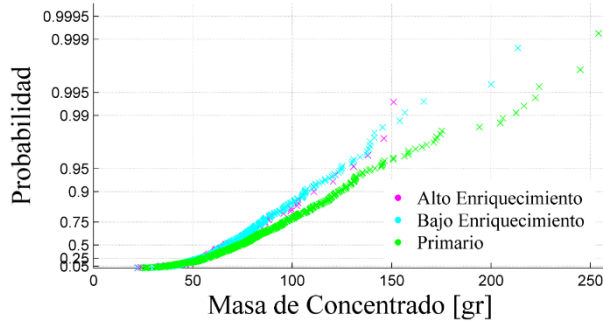


Ilustración 191: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 2 y 3. Escala aritmética. Masa de Concentrado

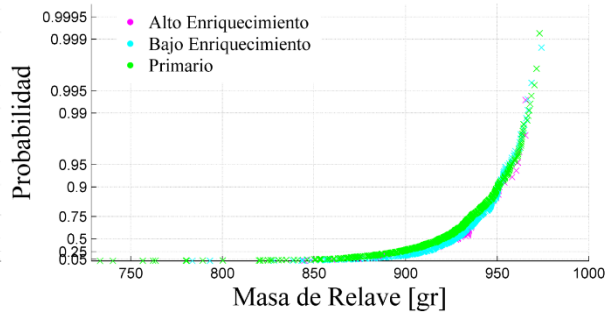


Ilustración 192: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 2 y 3. Escala aritmética. Masa de Relave

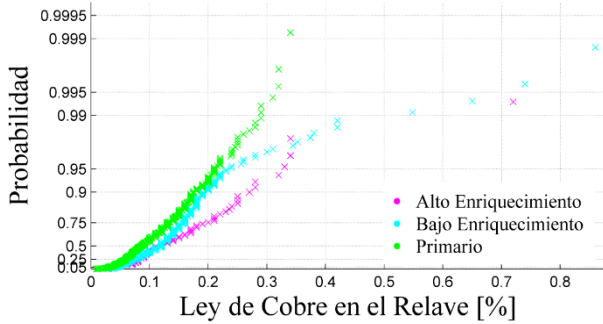


Ilustración 193: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 2 y 3. Escala aritmética. Ley Cu Relave

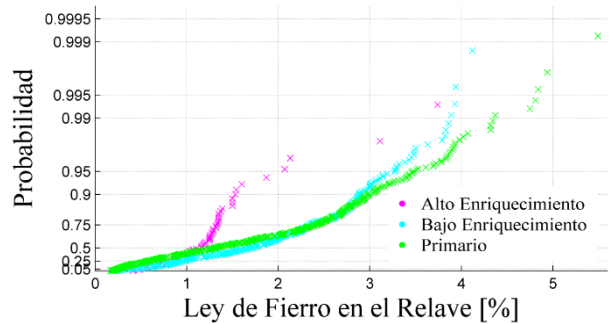


Ilustración 194: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 2 y 3. Escala aritmética. Ley Fe Relave

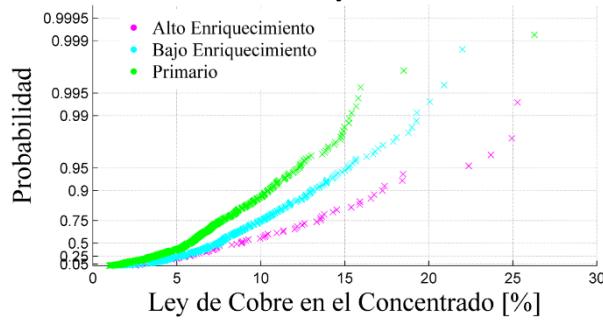


Ilustración 195: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 2 y 3. Escala aritmética. Ley de Cu Concentrado

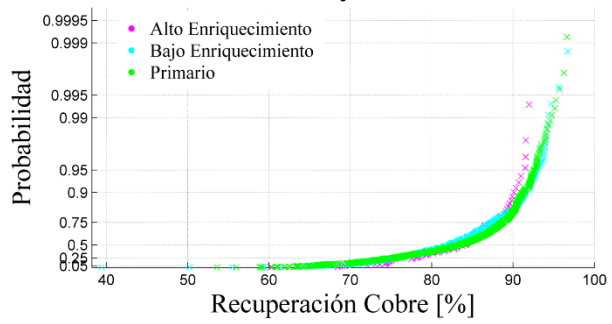


Ilustración 196: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 2 y 3. Escala aritmética. Recuperación Cu

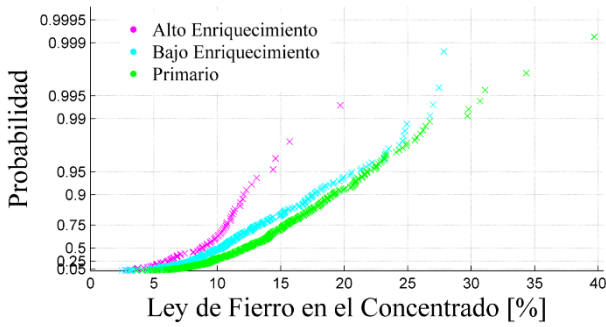


Ilustración 197: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 2 y 3. Escala aritmética. Ley Fe Concentrado

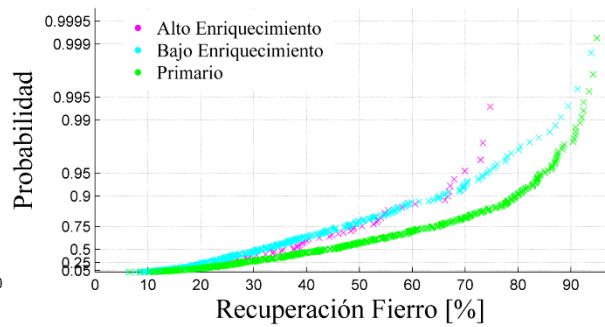


Ilustración 198: Gráfico de Probabilidad por Minzone para Alteración 2 y 3. Escala aritmética. Recuperación Fe

11.7. Propuesta 1

Por lo anterior, se proponen inicialmente los siguientes grupos de datos:

- Alteración 1 con minzone 6
- Alteración 2 y 3 con minzone 7 y 8
- Alteración 2 y 3 con minzone 6
- Alteración 1 con minzone 7 y 8

A continuación se presentan las visualizaciones espaciales de las distintas unidades geometalúrgicas.

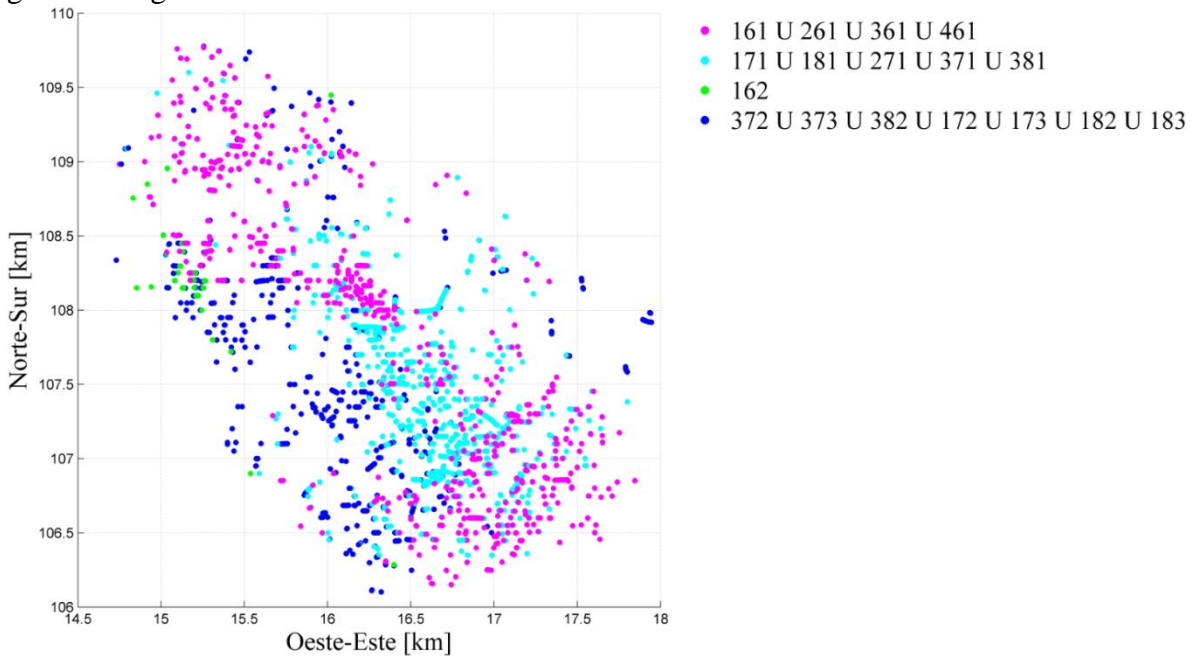


Ilustración 199: Vista en Planta. Propuesta de UGM N° 1

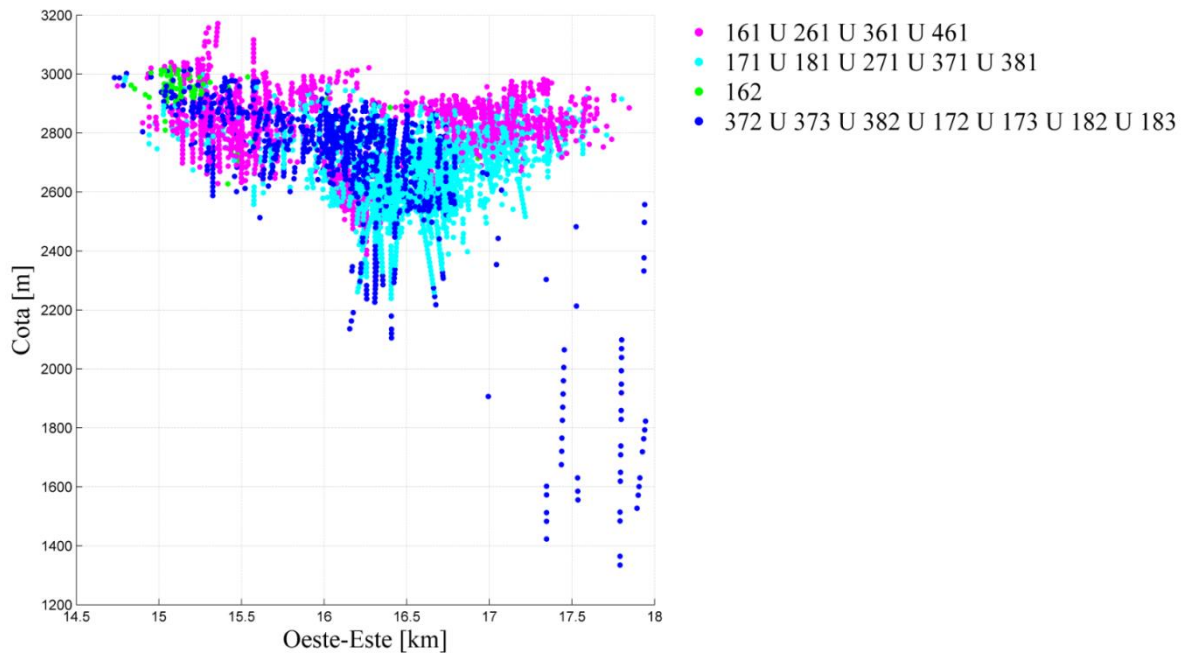


Ilustración 200: Vista en perfil Oeste - Este. Propuesta de UGM N° 1

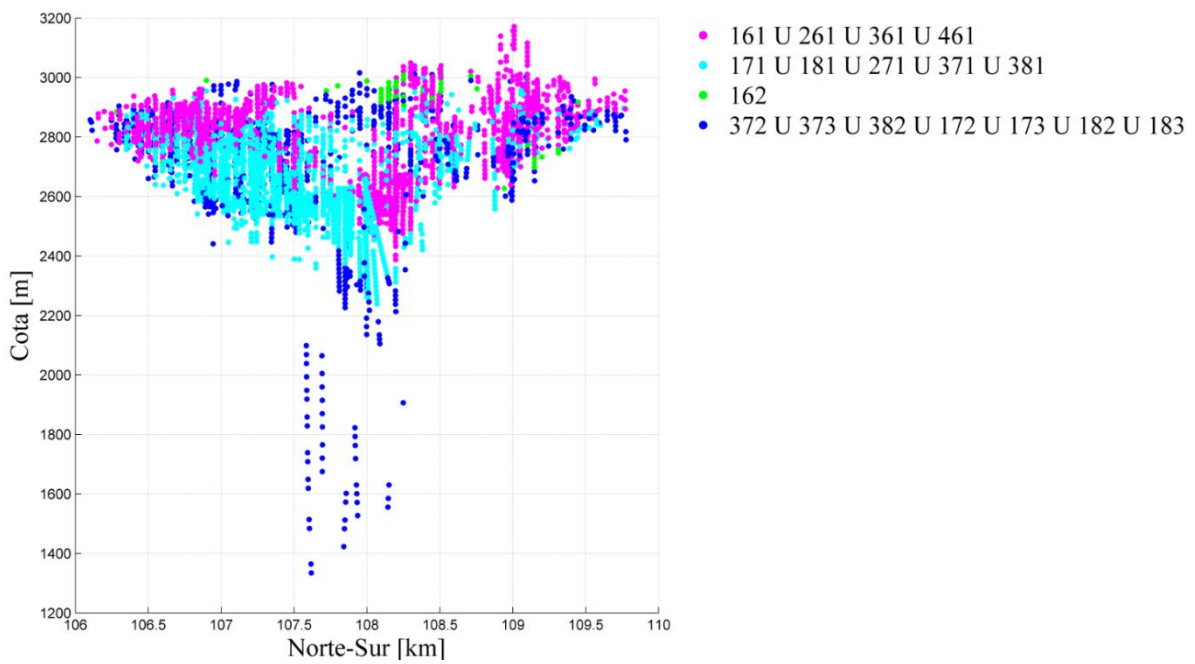


Ilustración 201: Vista en perfil Norte-Sur. Propuesta de UGM N° 1

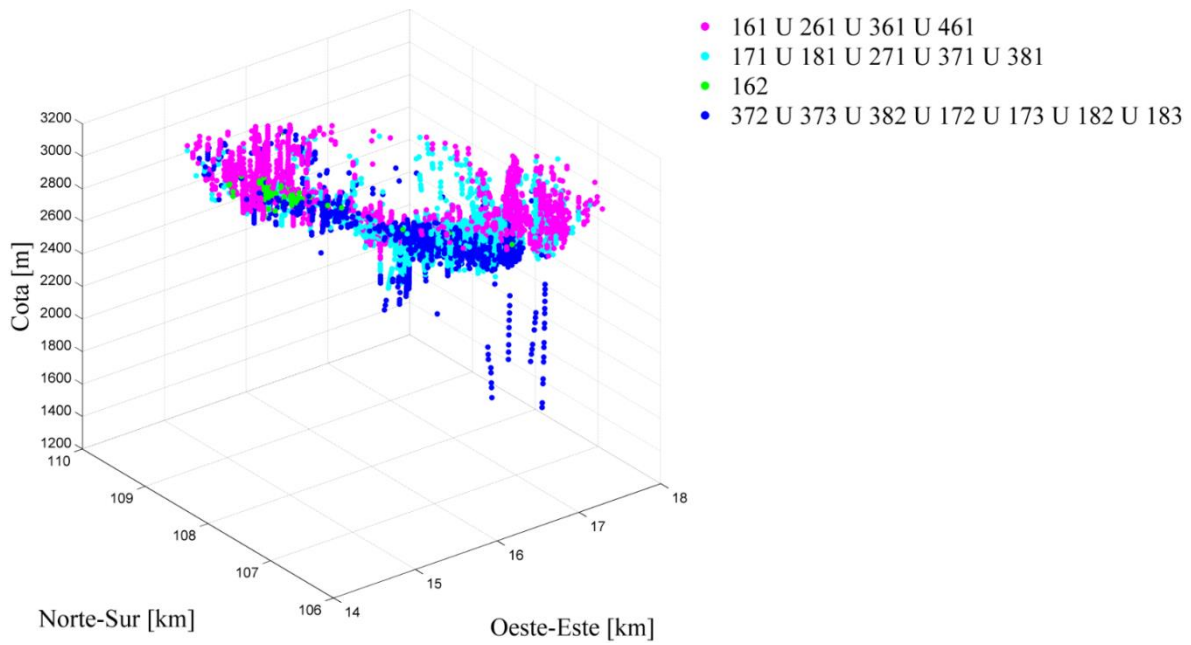
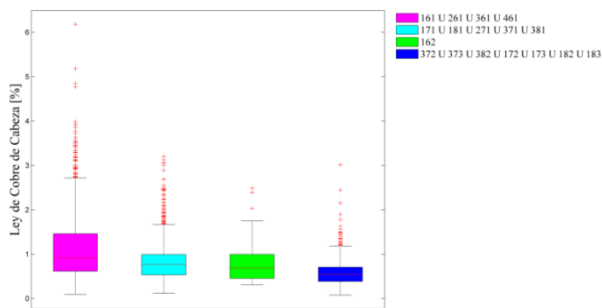
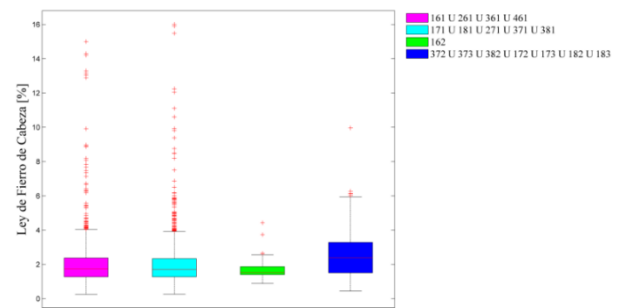


Ilustración 202: Vista Isométrica. Propuesta de UGM N° 1

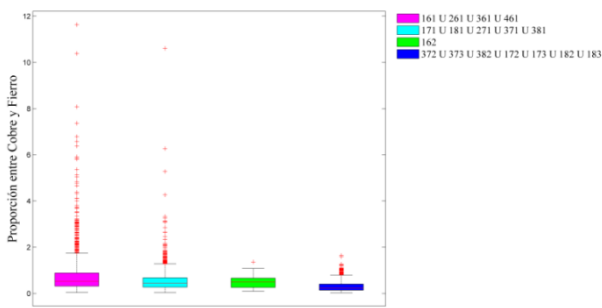
11.7.1. Boxplots propuesta 1



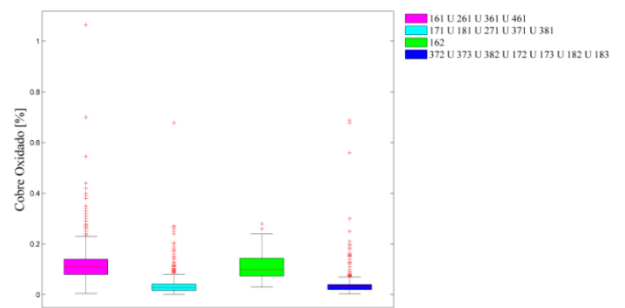
**Ilustración 203: Boxplot Propuesta 1
Ley Cu Cabeza**



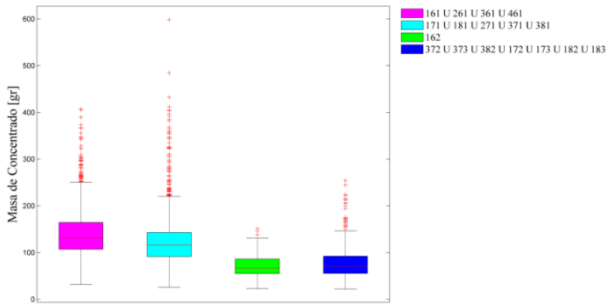
**Ilustración 204: Boxplot Propuesta 1
Ley Fe Cabeza**



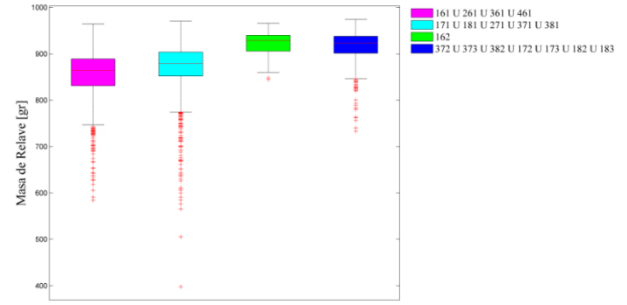
**Ilustración 205: Boxplot Propuesta 1
Cu/Fe**



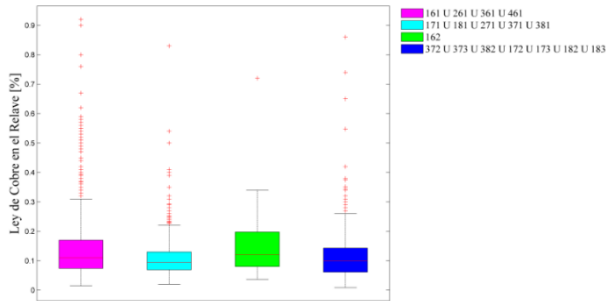
**Ilustración 206: Boxplot Propuesta 1
Cu Oxidado**



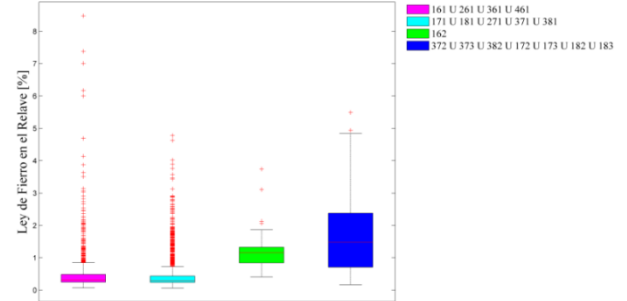
**Ilustración 207: Boxplot Propuesta 1
Masa de Concentrado**



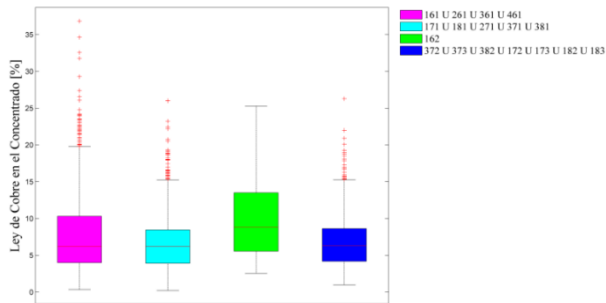
**Ilustración 208: Boxplot Propuesta 1
Masa de Relave**



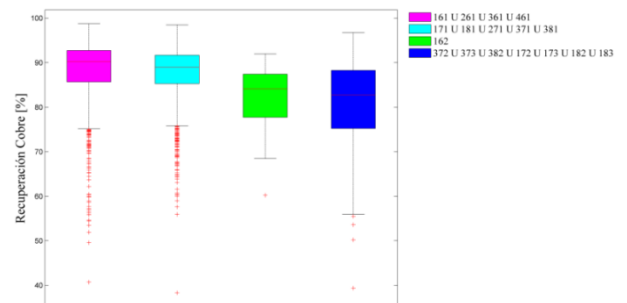
**Ilustración 209: Boxplot Propuesta 1
Ley Cu Relave**



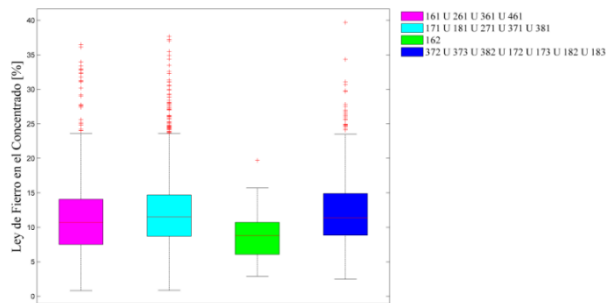
**Ilustración 210: Boxplot Propuesta 1
Ley Fe Relave**



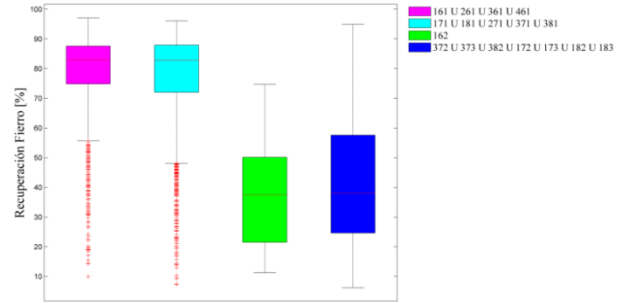
**Ilustración 211: Boxplot Propuesta 1
Ley Cu Concentrado**



**Ilustración 212: Boxplot Propuesta 1
Recuperación Cu**



**Ilustración 213: Boxplot Propuesta 1
Ley Fe Concentrado**



**Ilustración 214: Boxplot Propuesta 1
Recuperación Fe**

11.8. Propuesta 2

Para incluir el efecto de la litología a la propuesta anterior, se separará cada UGM en sus distintas litologías resultando los siguientes grupos:

- Alteración 1 con minzone 6 y litología 1
- Alteración 1 con minzone 6 y litología 2
- Alteración 1 con minzone 6 y litología 3
- Alteración 1 con minzone 6 y litología 4
- Alteración 2 y 3 con minzone 7 y 8 y litología 1
- Alteración 2 y 3 con minzone 7 y 8 y litología 3
- Alteración 2 y 3 con minzone 6 y litología 1
- Alteración 1 con minzone 7 y 8 y litología 1
- Alteración 1 con minzone 7 y 8 y litología 2
- Alteración 1 con minzone 7 y 8 y litología 3

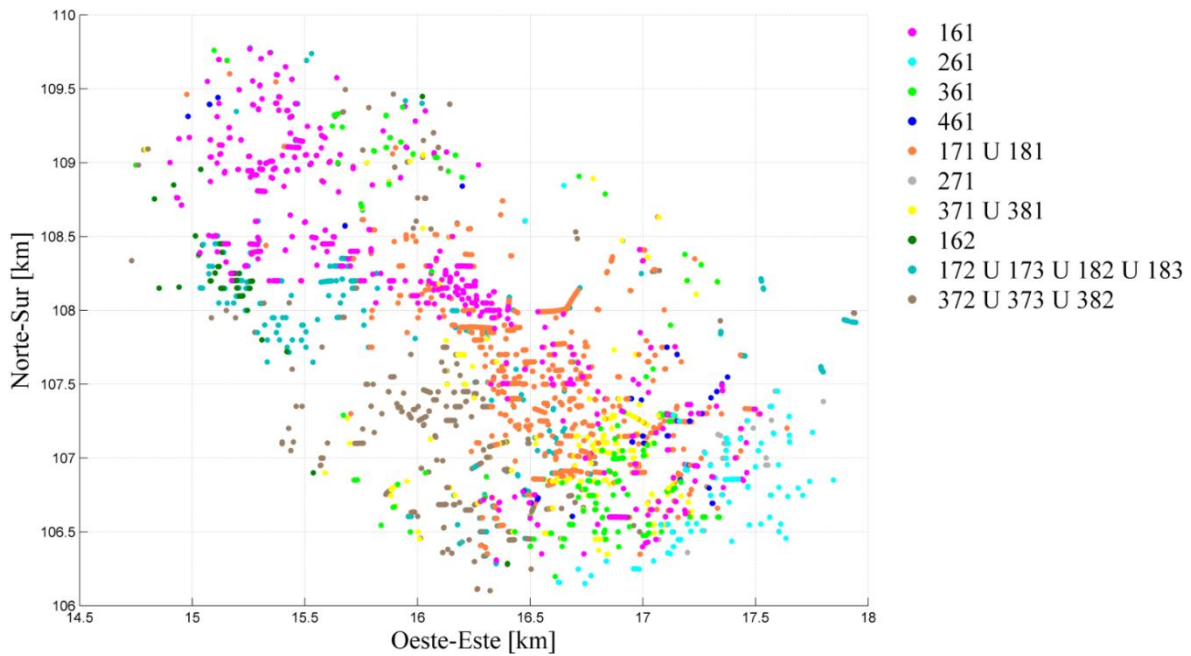


Ilustración 215: Vista en Planta. Propuesta de UGM N° 2

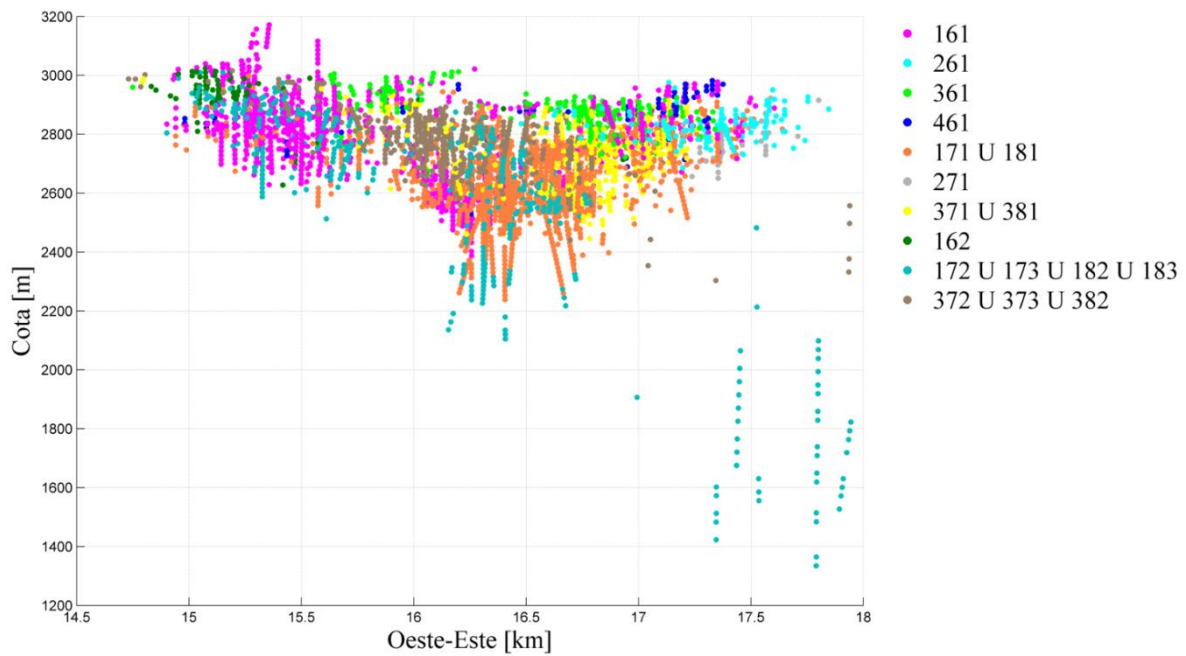


Ilustración 216: Vista en perfil Oeste-Este. Propuesta de UGM N° 2

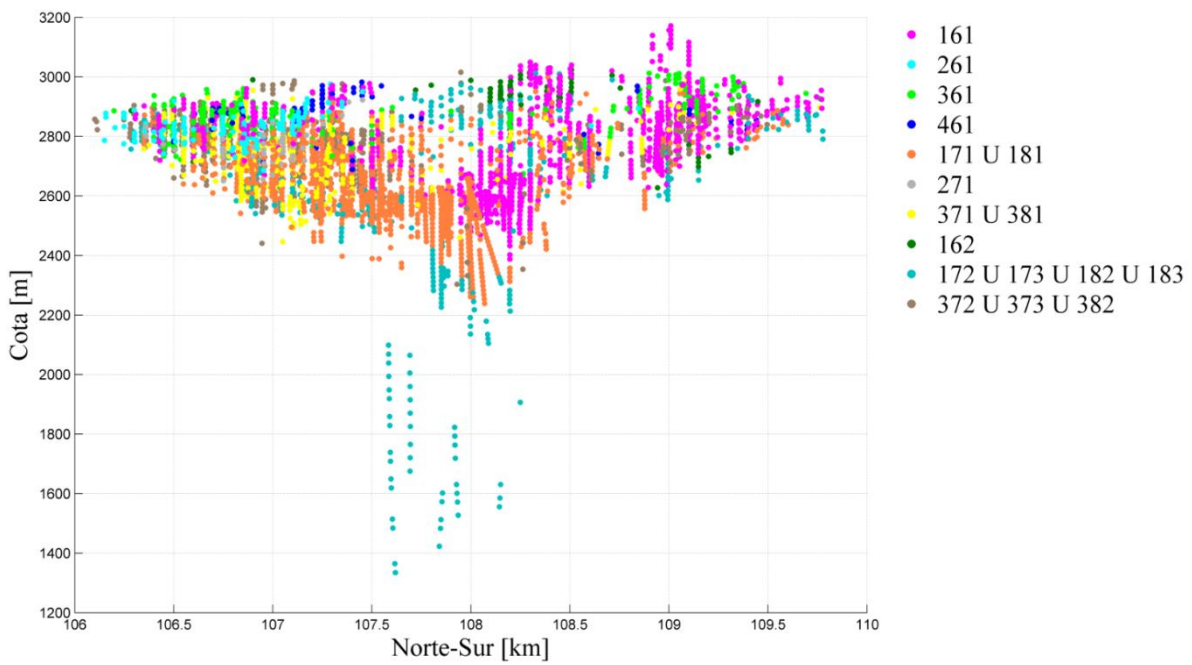


Ilustración 217: Vista en perfil Norte-Sur. Propuesta de UGM N° 2

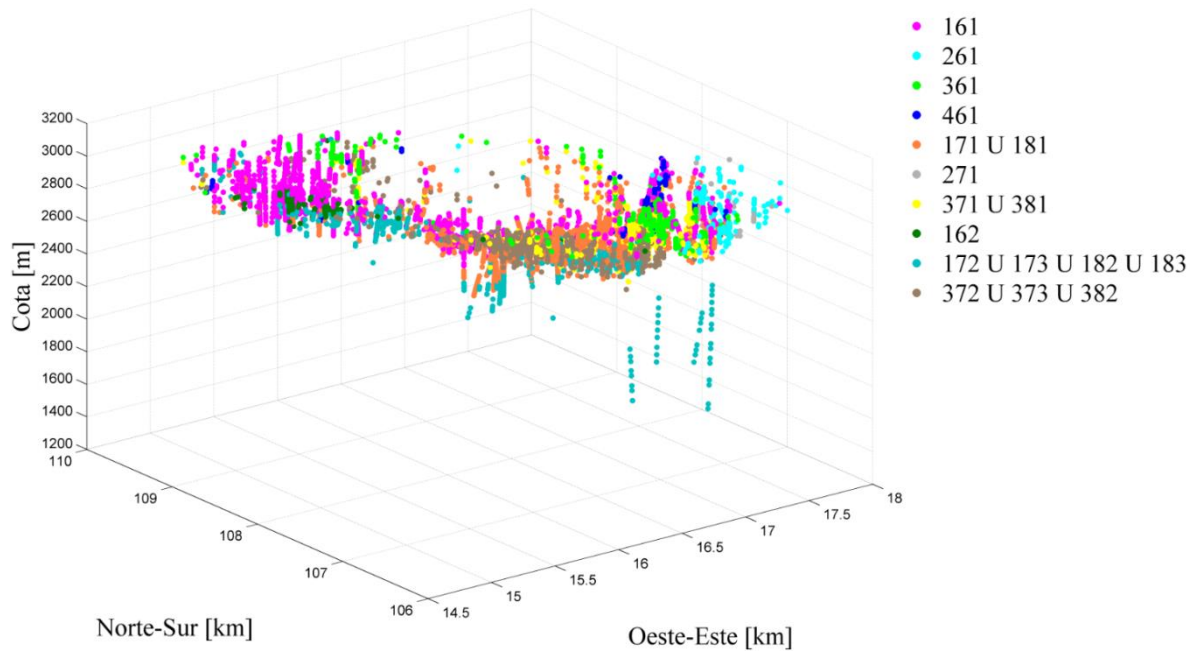
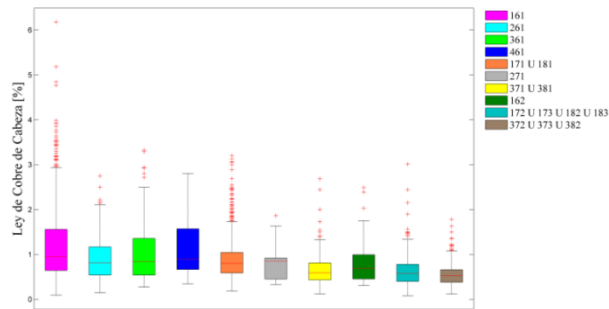
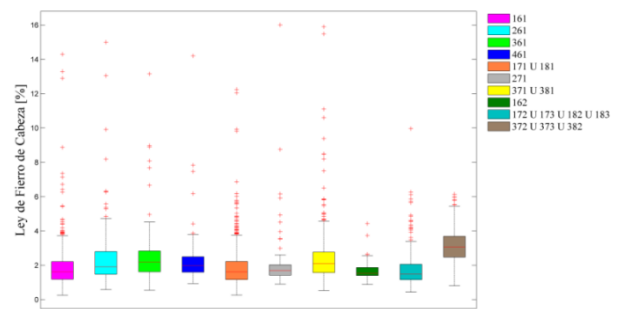


Ilustración 218: Vista Isométrica. Propuesta de UGM N° 2

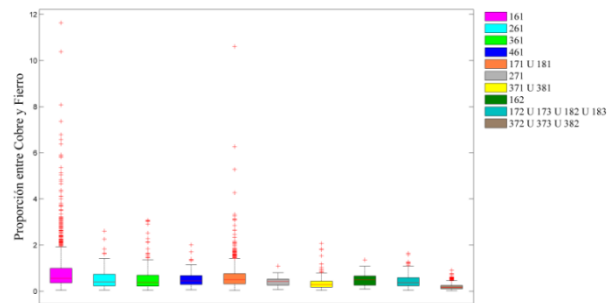
11.8.1. Boxplots propuesta 2



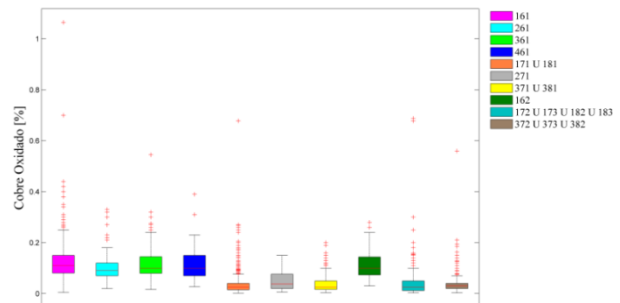
**Ilustración 219: Boxplot Propuesta 2
Ley Cu Cabeza**



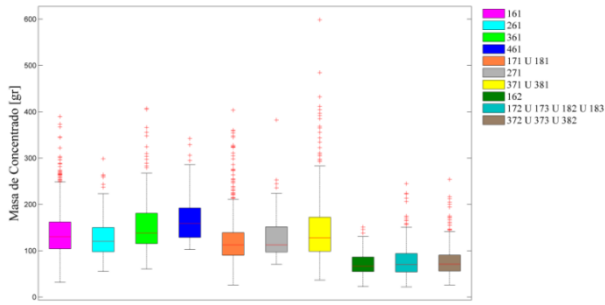
**Ilustración 220: Boxplot Propuesta 2
Ley Fe Cabeza**



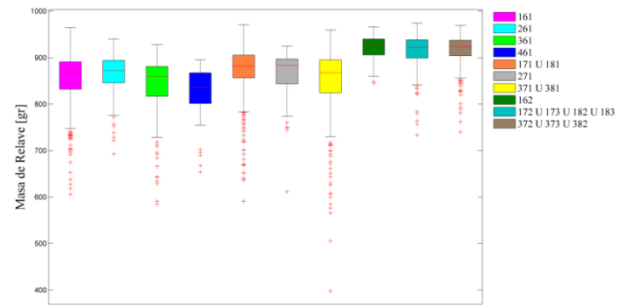
**Ilustración 221: Boxplot Propuesta 2
Cu/Fe**



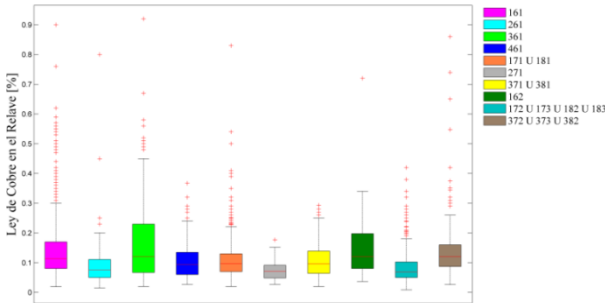
**Ilustración 222: Boxplot Propuesta 2
Cu Oxidado**



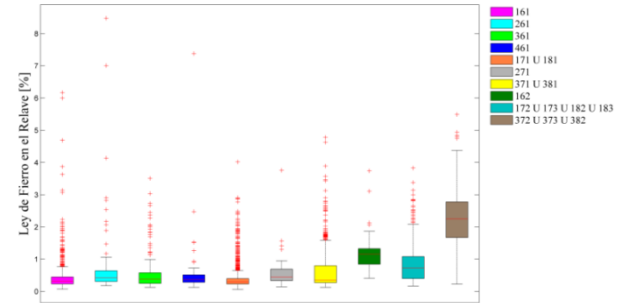
**Ilustración 223: Boxplot Propuesta 2
Masa de Concentrado**



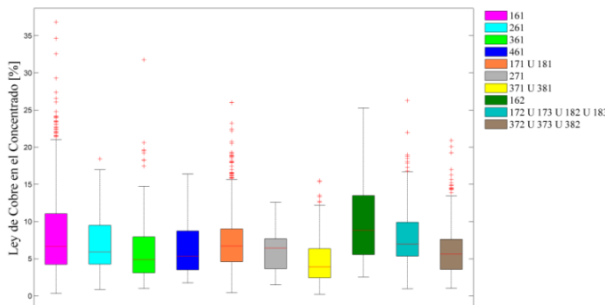
**Ilustración 224: Boxplot Propuesta 2
Masa de Relave**



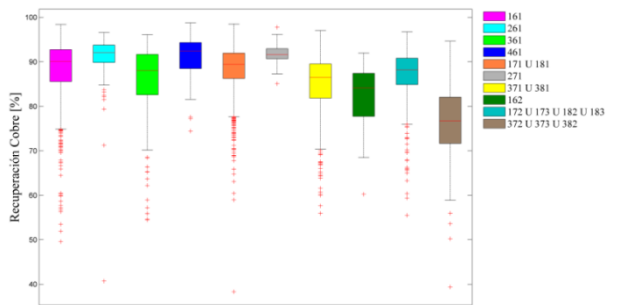
**Ilustración 225: Boxplot Propuesta 2
Ley Cu Relave**



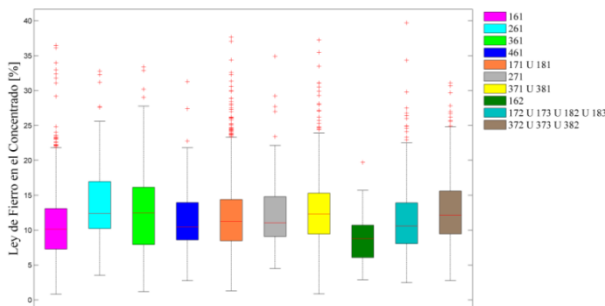
**Ilustración 226: Boxplot Propuesta 2
Ley Fe Relave**



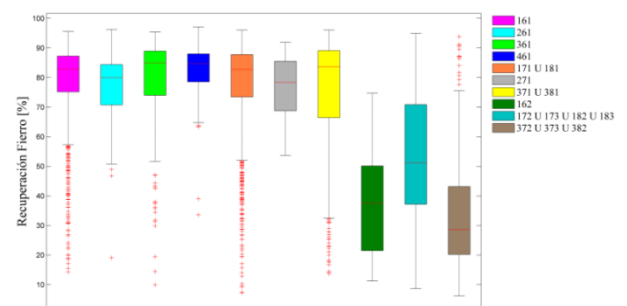
**Ilustración 227: Boxplot Propuesta 2
Ley Cu Concentrado**



**Ilustración 228: Boxplot Propuesta 2
Recuperación Cu**

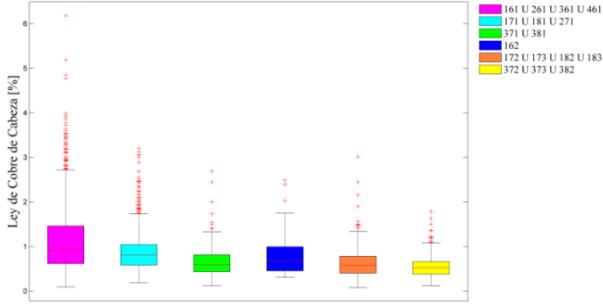


**Ilustración 229: Boxplot Propuesta 2
Ley Fe Concentrado**

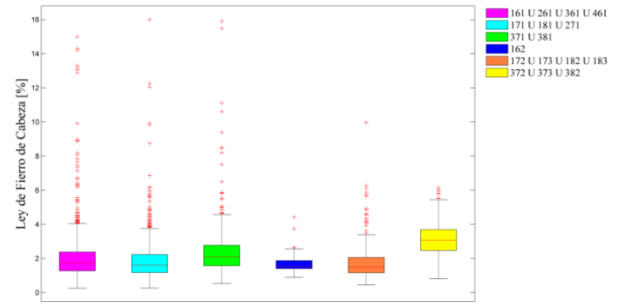


**Ilustración 230: Boxplot Propuesta 2
Recuperación Fe**

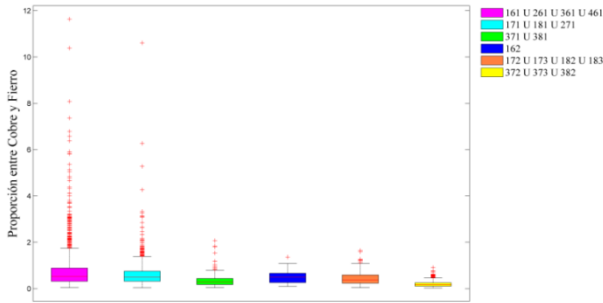
11.9. Boxplots Propuesta 3



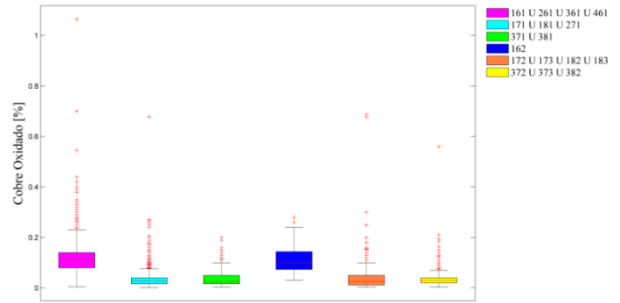
**Ilustración 231: Boxplot Propuesta 3
Ley Cu Cabeza**



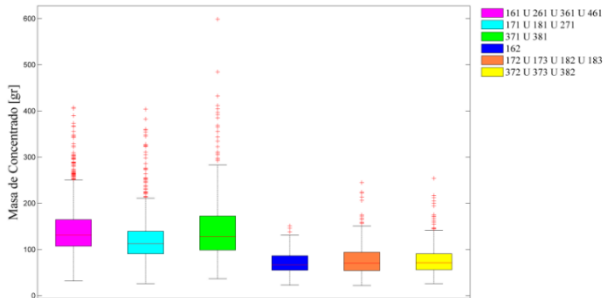
**Ilustración 232: Boxplot Propuesta 3
Ley Fe Cabeza**



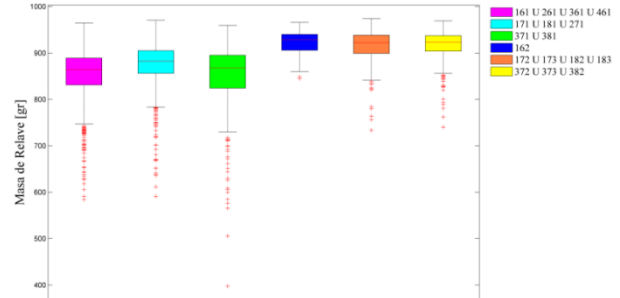
**Ilustración 233: Boxplot Propuesta 3
Cu/Fe**



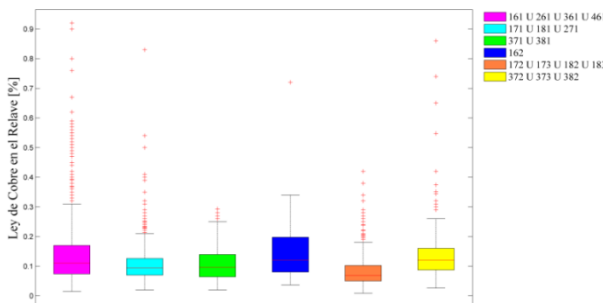
**Ilustración 234: Boxplot Propuesta 3
Cu Oxidado**



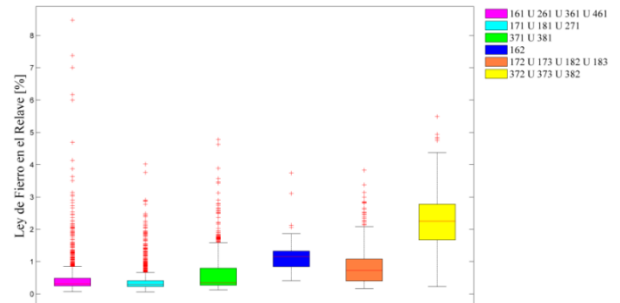
**Ilustración 235: Boxplot Propuesta 3
Masa de Concentrado**



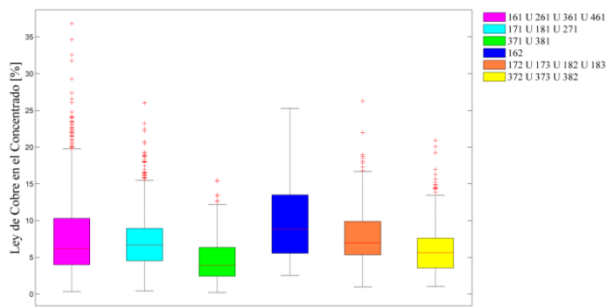
**Ilustración 236: Boxplot Propuesta 3
Masa de Relave**



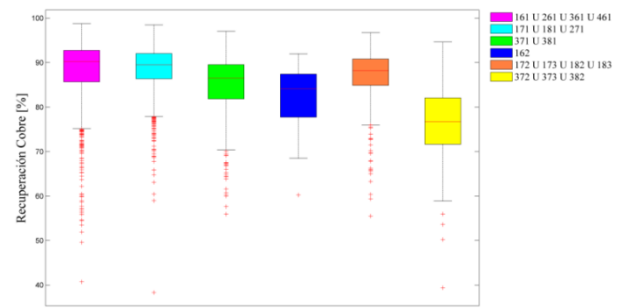
**Ilustración 237: Boxplot Propuesta 3
Ley Cu Relave**



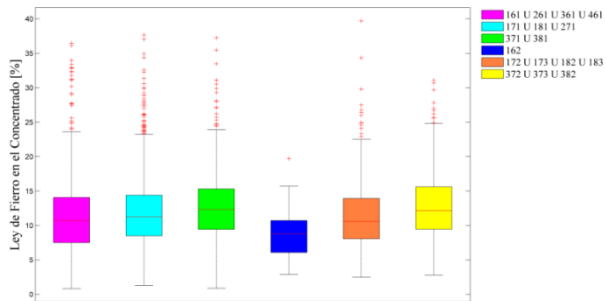
**Ilustración 238: Boxplot Propuesta 3
Ley Fe Relave**



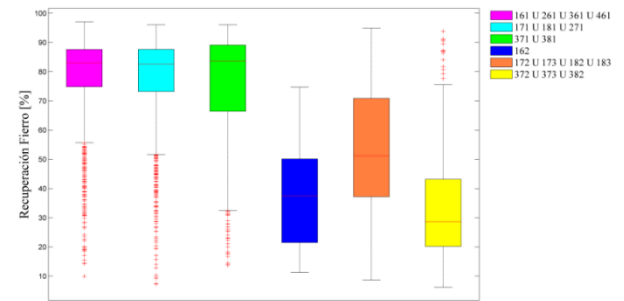
**Ilustración 239: Boxplot Propuesta 3
Ley Cu Concentrado**



**Ilustración 240: Boxplot Propuesta 3
Recuperación Cu**



**Ilustración 241: Boxplot Propuesta 3
Ley Fe Concentrado**



**Ilustración 242: Boxplot Propuesta 3
Recuperación Fe**

11.10. Estudio Exploratorio de Datos

A continuación se presentan las estadísticas básicas, los mapeos para las variables de interés, correlación entre variables y las propuestas de kriging para cada UGM.

11.10.1. UGM 1

	Media	Desviación estándar	Varianza de la muestra	Mínimo	Máximo
Ley Cu Cabeza [%]	1,13	0,73	0,54	0,10	6,18
Ley Fe Cabeza [%]	2,03	1,38	1,91	0,26	15,00
Cu/Fe	0,80	0,94	0,89	0,04	11,63
Cu Oxidado [gr]	0,12	0,07	0,00	0,01	1,07
Masa Concentrado [gr]	141,7	51,48	2.649,92	31,60	407,20
Masa Relave [gr]	853,5	51,76	2.679,54	584,10	964,1
Masa Alimentación [gr]	995,2	3,88	15,08	966,00	1.006,2
Ley Cu Relave [%]	0,14	0,11	0,01	0,02	0,92
Ley Fe Relave [%]	0,48	0,58	0,34	0,07	8,48
Ley Cu Concentrado [%]	7,59	5,09	25,87	0,34	36,85
Cu Recovery [%]	87,92	7,20	51,88	40,69	98,82
Ley Fe Concentrado [%]	11,16	5,19	26,90	0,84	36,13
Fe Recovery [%]	78,22	14,36	206,31	9,96	97,13
Masa Cu Concentrado [gr]	10,07	6,82	46,58	0,70	54,54
Masa Cu Relave [gr]	1,22	0,90	0,82	0,13	7,99
Masa Cu Cabeza [gr]	11,23	7,28	53,02	0,95	61,42
Masa Ganga Concentrado [gr]	131,65	50,96	2.597,09	27,68	401,05
Masa Ganga Relave [gr]	852,28	51,72	2.674,75	580,19	961,72

Tabla 20: Estadísticas básicas por variable. UGM 1

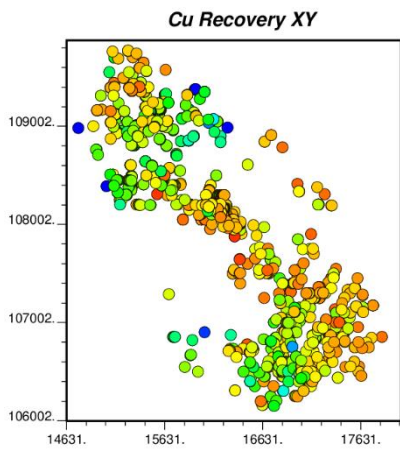


Ilustración 243: Mapeo de sondajes según Recuperación de cobre. UGM 1. Vista en planta

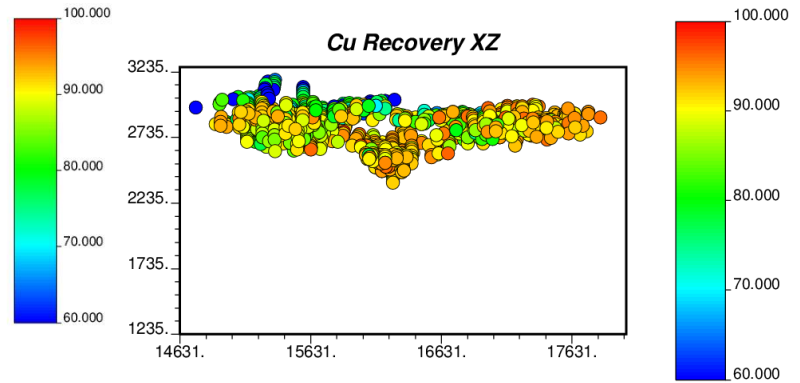


Ilustración 244: Mapeo de sondajes según Recuperación de cobre. UGM 1. Vista Vertical - Este

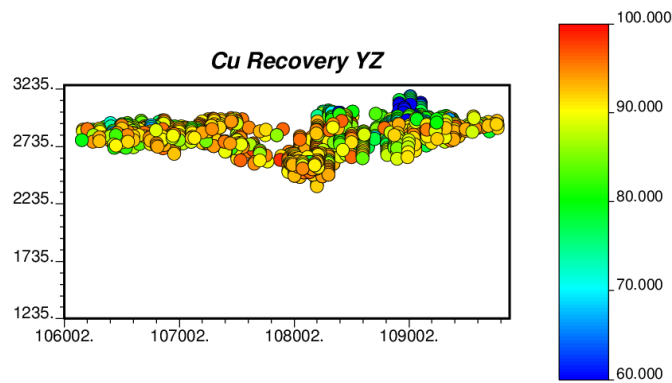


Ilustración 245: Mapeo de sondajes según Recuperación de cobre. UGM 1. Vista Vertical – Norte

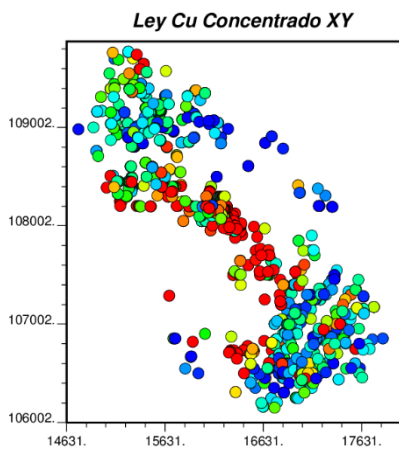


Ilustración 246: Mapeo de sondajes según Ley Cu Concentrado. UGM 1. Vista en planta

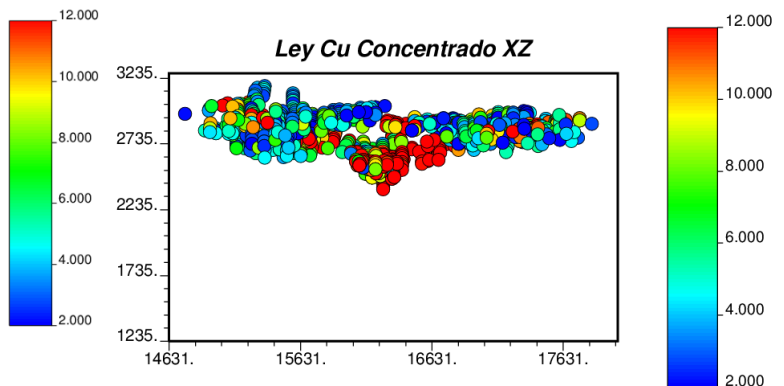


Ilustración 247: Mapeo de sondajes según Ley Cu Concentrado. UGM 1. Vista Vertical – Este

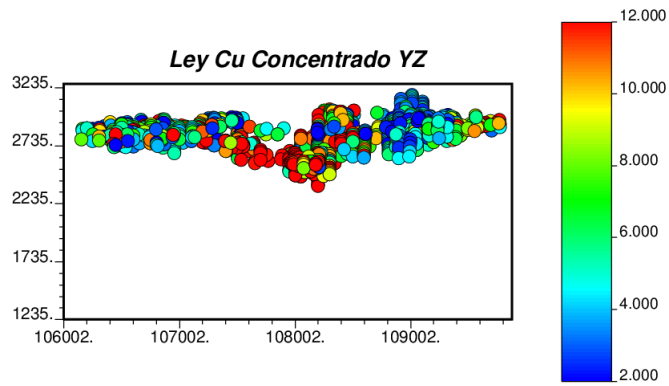


Ilustración 248: Mapeo de sondajes según Ley Cu Concentrado. UGM 1. Vista Vertical – Norte

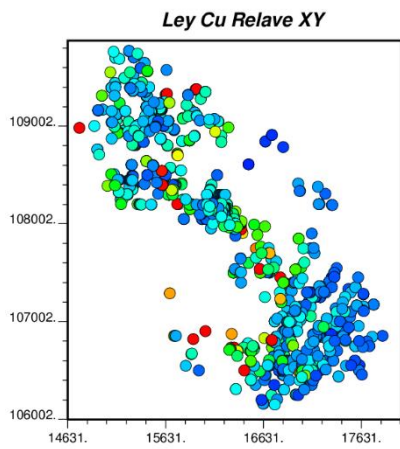


Ilustración 249: Mapeo de sondajes según Ley Cu Relave. UGM 1. Vista en planta

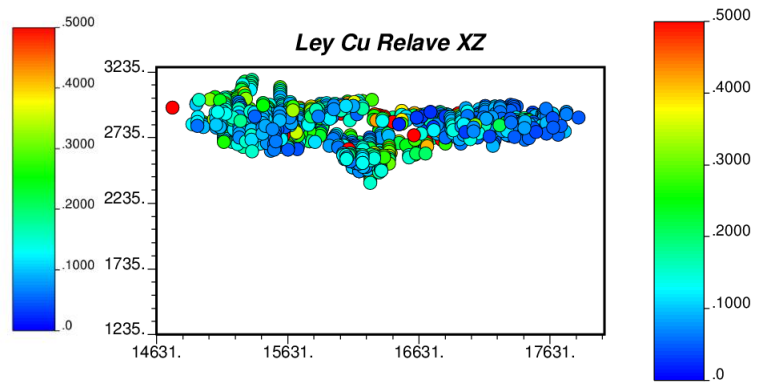


Ilustración 250: Mapeo de sondajes según Ley Cu Relave. UGM 1. Vista Vertical – Este

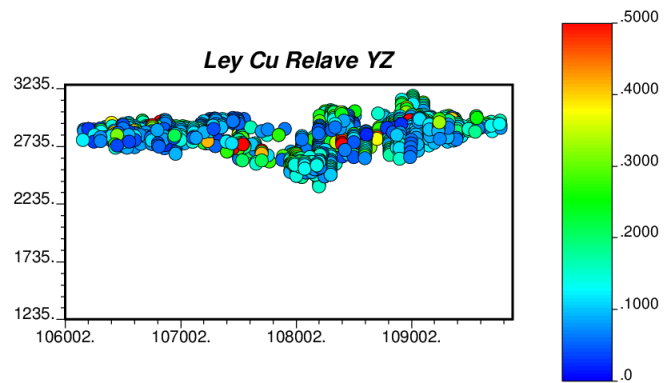


Ilustración 251: Mapeo de sondajes según Ley Cu Relave. UGM 1. Vista Vertical – Norte

11.10.1.1. Correlación entre variables

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1 Ley Cu Cabeza [%]	1.00																	
2 Ley Fe Cabeza [%]	-0.02	1.00																
3 Cu/Fe	0.72	-0.37	1.00															
4 Cu Oxidado [gr]	0.53	0.19	0.23	1.00														
5 Masa Concentrado [gr]	0.13	0.44	-0.09	0.15	1.00													
6 Masa Relave [gr]	-0.13	-0.44	0.10	-0.14	-1.00	1.00												
7 Masa Alimentación [gr]	0.01	-0.10	0.04	0.03	-0.04	0.11	1.00											
8 Ley Cu Relave [%]	0.62	-0.04	0.45	0.58	0.02	-0.03	-0.02	1.00										
9 Ley Fe Relave [%]	0.02	0.72	-0.17	0.18	0.13	-0.15	-0.20	0.19	1.00									
10 Ley Cu Concentrado [%]	0.87	-0.23	0.75	0.40	-0.27	0.27	0.02	0.50	-0.05	1.00								
11 Cu Recovery [%]	0.28	0.10	0.14	-0.10	0.25	-0.25	-0.03	-0.45	-0.19	0.25	1.00							
12 Ley Fe Concentrado [%]	-0.20	0.78	-0.50	0.05	0.05	-0.05	-0.01	-0.22	0.36	-0.27	0.08	1.00						
13 Fe Recovery [%]	-0.04	0.15	-0.22	-0.04	0.38	-0.37	0.15	-0.31	-0.44	-0.22	0.42	0.36	1.00					
14 Masa Cu Concentrado [gr]	0.99	-0.01	0.70	0.50	0.14	-0.14	0.02	0.53	-0.01	0.87	0.36	-0.18	0.00	1.00				
15 Masa Cu Relave [gr]	0.61	-0.08	0.46	0.57	-0.06	0.06	-0.01	0.99	0.17	0.52	-0.47	-0.23	-0.34	0.52	1.00			
16 Masa Cu Cabeza [gr]	1.00	-0.03	0.72	0.53	0.13	-0.13	0.02	0.62	0.01	0.87	0.28	-0.20	-0.04	0.99	0.60	1.00		
17 Masa Ganga Concentrado [gr]	0.00	0.44	-0.19	0.08	0.99	-0.99	-0.04	-0.05	0.14	-0.38	0.21	0.08	0.39	0.01	-0.13	0.00	1.00	
18 Masa Ganga Relave [gr]	-0.14	-0.44	0.09	-0.15	-1.00	1.00	0.11	-0.04	-0.15	0.26	-0.25	-0.05	-0.36	-0.15	0.04	-0.14	-0.99	1.00

Ilustración 252: Correlaciones entre variables. UGM 1

11.10.2. UGM 2

	Media	Desviación estándar	Varianza de la muestra	Mínimo	Máximo
Ley Cu Cabeza [%]	0,84	0,41	0,16	0,19	3,20
Ley Fe Cabeza [%]	1,79	1,13	1,29	0,27	16,01
Cu/Fe	0,62	0,55	0,30	0,04	10,61
Cu Oxidado [gr]	0,04	0,04	0,00	0,00	0,68
Masa Concentrado [gr]	115,20	43,87	1.924,38	26,30	403,40
Masa Relave [gr]	879,82	43,89	1.926,46	590,90	970,10
Masa Alimentación [gr]	995,02	3,47	12,06	966,00	1.001,80
Ley Cu Relave [%]	0,10	0,06	0,00	0,02	0,83
Ley Fe Relave [%]	0,40	0,36	0,13	0,07	4,02
Ley Cu Concentrado [%]	7,10	3,53	12,48	0,48	26,02
Cu Recovery [%]	88,34	5,26	27,71	38,33	98,51
Ley Fe Concentrado [%]	11,68	4,89	23,93	1,32	37,04
Fe Recovery [%]	77,49	14,87	221,03	7,29	96,03
Masa Cu Concentrado [gr]	7,53	3,86	14,90	1,60	29,79
Masa Cu Relave [gr]	0,92	0,52	0,27	0,19	7,57
Masa Cu Cabeza [gr]	8,37	4,05	16,38	1,85	31,79
Masa Ganga Concentrado [gr]	107,67	43,43	1.886,45	23,56	399,41
Masa Ganga Relave [gr]	878,90	43,82	1.920,15	589,19	969,59

Tabla 21: Estadísticas básicas por variable. UGM 2

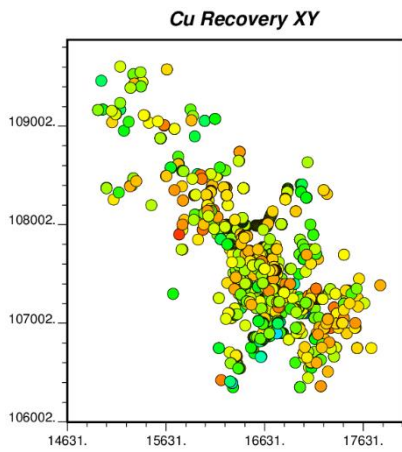


Ilustración 253: Mapeo de sondajes según Recuperación de cobre. UGM 2. Vista en planta

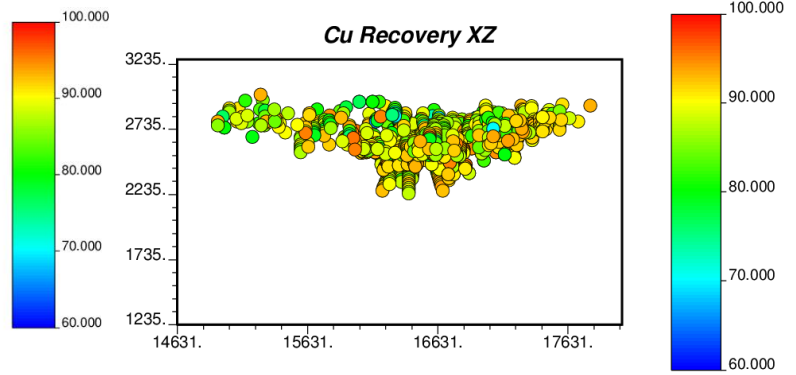


Ilustración 254: Mapeo de sondajes según Recuperación de cobre. UGM 2. Vista Vertical - Este

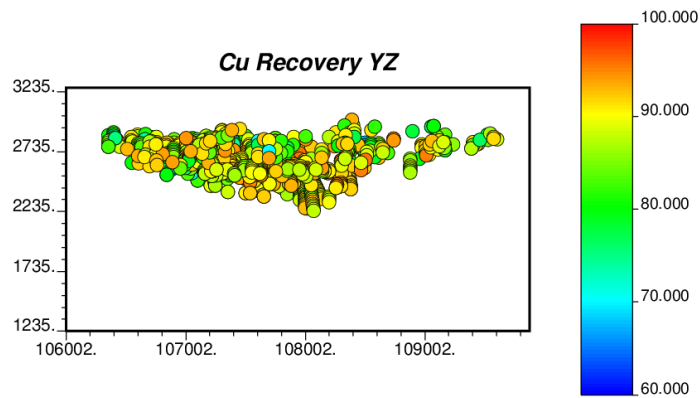


Ilustración 255: Mapeo de sondajes según Recuperación de cobre. UGM 2. Vista Vertical – Norte

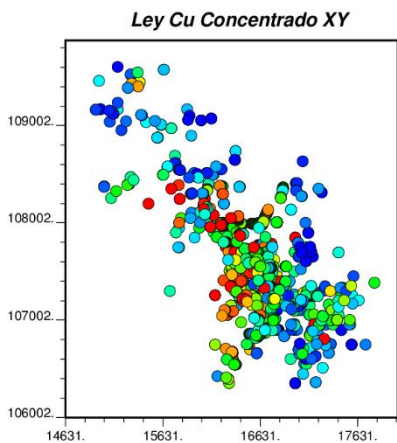


Ilustración 256: Mapeo de sondajes según Ley Cu Concentrado. UGM 2. Vista en planta

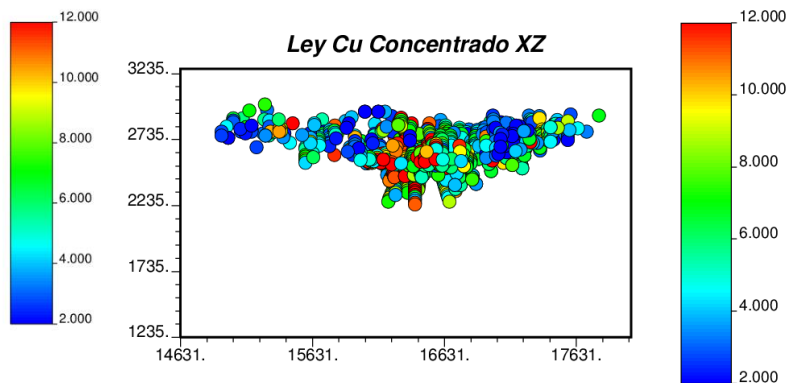


Ilustración 257: Mapeo de sondajes según Ley Cu Concentrado. UGM 2. Vista Vertical – Este

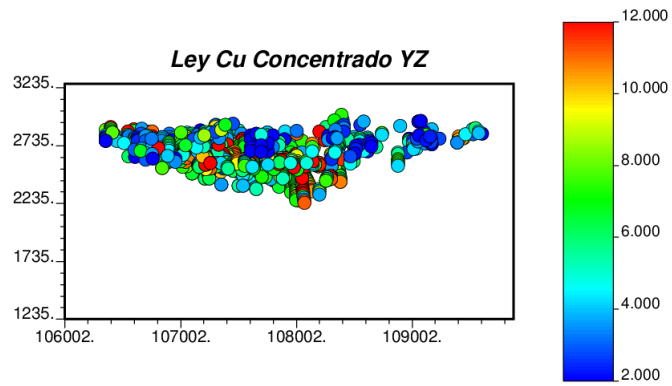


Ilustración 258: Mapeo de sondajes según Ley Cu Concentrado. UGM 2. Vista Vertical – Norte

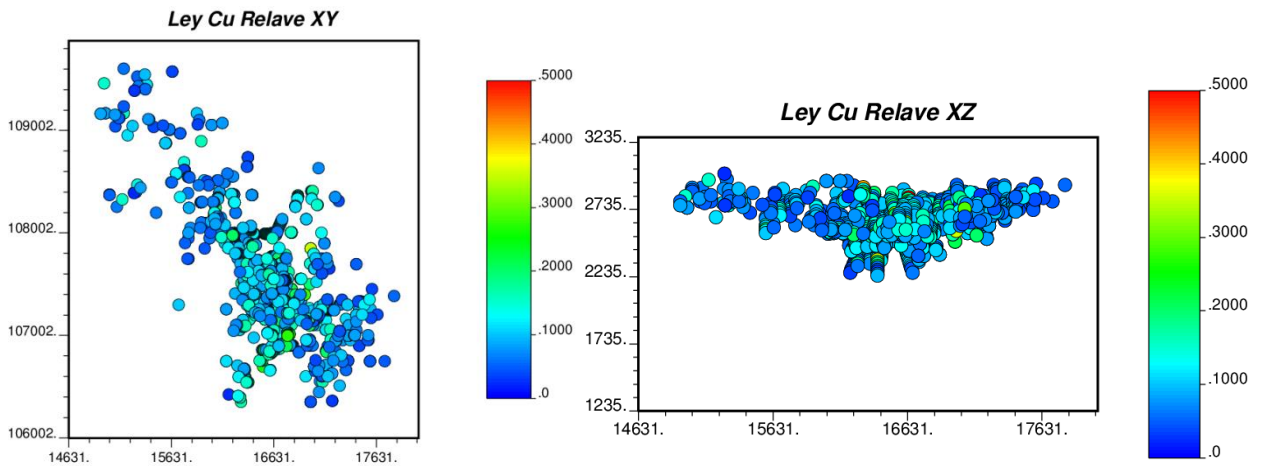


Ilustración 259: Mapeo de sondajes según Ley Cu Relave. UGM 2. Vista en planta

Ilustración 260: Mapeo de sondajes según Ley Cu Relave. UGM 2. Vista Vertical – Este

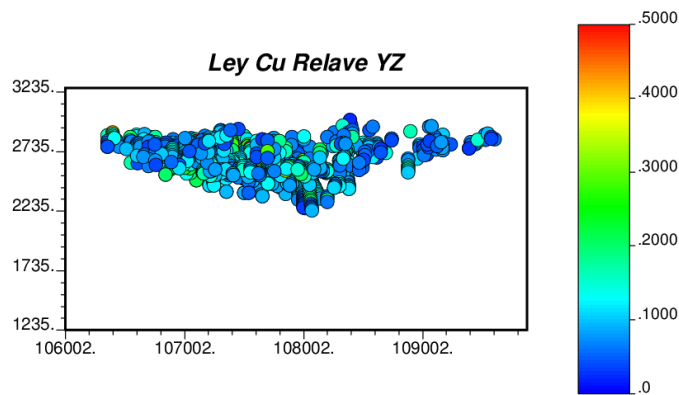


Ilustración 261: Mapeo de sondajes según Ley Cu Relave. UGM 2. Vista Vertical – Norte

11.10.2.1. Correlación entre variables

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1 Ley Cu Cabeza [%]	1.00																	
2 Ley Fe Cabeza [%]	0.04	1.00																
3 Cu/Fe	0.60	-0.43	1.00															
4 Cu Oxidado [gr]	0.41	0.12	0.27	1.00														
5 Masa Concentrado [gr]	0.13	0.59	-0.21	0.08	1.00													
6 Masa Relave [gr]	-0.12	-0.59	0.22	-0.08	-1.00	1.00												
7 Masa Alimentación [gr]	0.15	-0.02	0.08	0.04	0.03	0.05	1.00											
8 Ley Cu Relave [%]	0.57	-0.10	0.44	0.25	-0.06	0.06	0.05	1.00										
9 Ley Fe Relave [%]	-0.06	0.42	-0.21	0.05	-0.04	0.04	-0.10	0.13	1.00									
10 Ley Cu Concentrado [%]	0.76	-0.31	0.70	0.32	-0.42	0.43	0.11	0.46	0.00	1.00								
11 Cu Recovery [%]	0.31	0.15	0.10	0.11	0.26	-0.25	0.07	-0.52	-0.32	0.19	1.00							
12 Ley Fe Concentrado [%]	-0.07	0.80	-0.51	0.05	0.27	-0.27	-0.01	-0.16	0.16	-0.27	0.13	1.00						
13 Fe Recovery [%]	0.10	0.28	-0.19	0.02	0.55	-0.54	0.12	-0.17	-0.64	-0.31	0.39	0.43	1.00					
14 Masa Cu Concentrado [gr]	0.99	0.06	0.58	0.41	0.16	-0.14	0.16	0.47	-0.10	0.75	0.41	-0.05	0.14	1.00				
15 Masa Cu Relave [gr]	0.55	-0.14	0.45	0.24	-0.14	0.14	0.05	1.00	0.13	0.49	-0.54	-0.17	-0.21	0.45	1.00			
16 Masa Cu Cabeza [gr]	1.00	0.04	0.60	0.41	0.13	-0.12	0.15	0.57	-0.07	0.76	0.31	-0.07	0.10	0.99	0.55	1.00		
17 Masa Ganga Concentrado [gr]	0.05	0.59	-0.27	0.04	1.00	-0.99	0.02	-0.10	-0.04	-0.49	0.23	0.28	0.54	0.07	-0.18	0.05	1.00	
18 Masa Ganga Relave [gr]	-0.13	-0.59	0.22	-0.08	-1.00	1.00	0.05	0.05	0.03	0.43	-0.25	-0.27	-0.54	-0.15	0.13	-0.13	-0.99	1.00

Ilustración 262: Correlaciones entre variables. UGM 2

11.10.3. UGM 3

	Media	Desviación estándar	Varianza de la muestra	Mínimo	Máximo
Ley Cu Cabeza [%]	0,56	0,23	0,05	0,12	1,78
Ley Fe Cabeza [%]	3,10	0,91	0,82	0,81	6,15
Cu/Fe	0,21	0,13	0,02	0,03	0,91
Cu Oxidado [gr]	0,04	0,04	0,00	0,00	0,56
Masa Concentrado [gr]	77,95	31,35	983,01	26,20	254,00
Masa Relave [gr]	916,07	31,46	989,52	740,20	968,70
Masa Alimentación [gr]	994,02	3,47	12,07	978,60	1.000,10
Ley Cu Relave [%]	0,14	0,08	0,01	0,03	0,86
Ley Fe Relave [%]	2,20	0,83	0,70	0,23	5,49
Ley Cu Concentrado [%]	6,21	3,32	11,01	1,03	20,90
Cu Recovery [%]	76,95	7,30	53,26	39,38	94,66
Ley Fe Concentrado [%]	12,77	4,83	23,32	2,80	30,70
Fe Recovery [%]	33,74	17,91	320,91	6,24	93,80
Masa Cu Concentrado [gr]	4,26	1,85	3,44	0,92	14,88
Masa Cu Relave [gr]	1,24	0,70	0,50	0,22	7,81
Masa Cu Cabeza [gr]	5,56	2,26	5,10	1,19	17,62
Masa Ganga Concentrado [gr]	73,69	31,33	981,37	22,04	251,31
Masa Ganga Relave [gr]	914,83	31,36	983,54	739,67	967,88

Tabla 22: Estadísticas básicas por variable. UGM 3

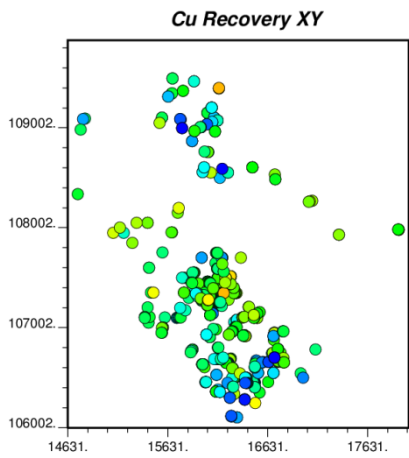


Ilustración 263: Mapeo de sondajes según Recuperación de cobre. UGM 3. Vista en planta

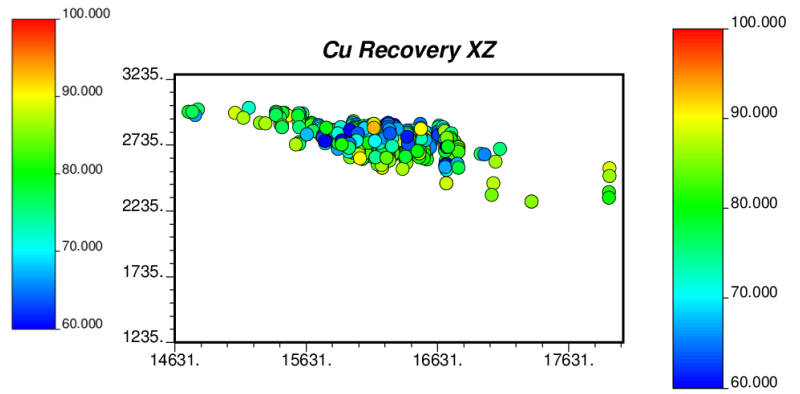


Ilustración 264: Mapeo de sondajes según Recuperación de cobre. UGM 3. Vista Vertical – Este

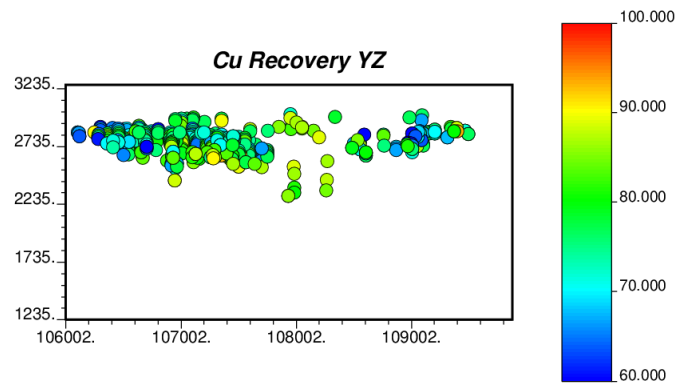


Ilustración 265: Mapeo de sondajes según Recuperación de cobre. UGM 3. Vista Vertical – Norte

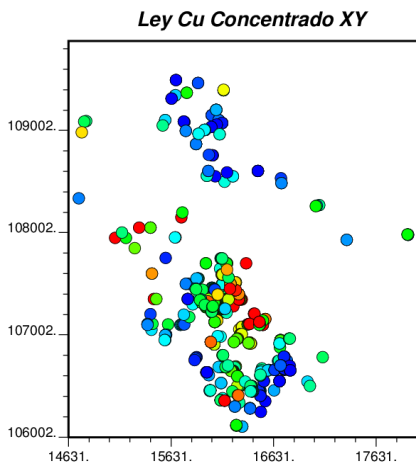


Ilustración 266: Mapeo de sondajes según Ley Cu Concentrado. UGM 3. Vista en planta

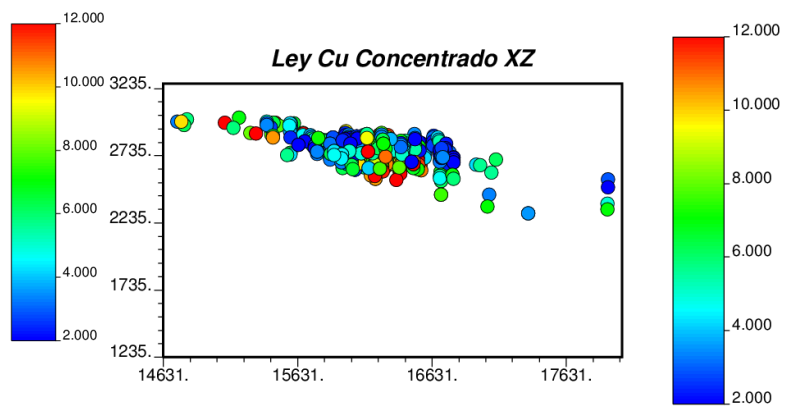


Ilustración 267: Mapeo de sondajes según Ley Cu Concentrado. UGM 3. Vista Vertical - Este

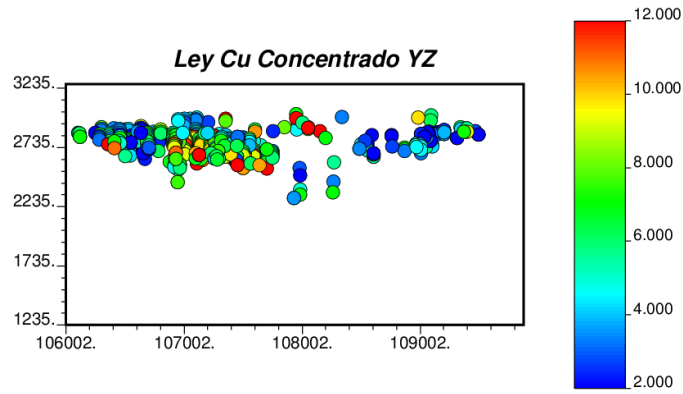


Ilustración 268: Mapeo de sondajes según Ley Cu Concentrado. UGM 3. Vista Vertical – Norte

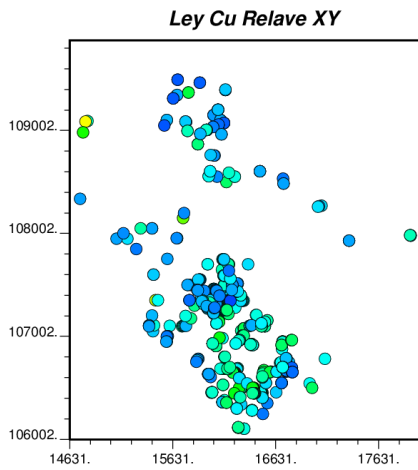


Ilustración 269: Mapeo de sondajes según Ley Cu Relave. UGM 3. Vista en planta

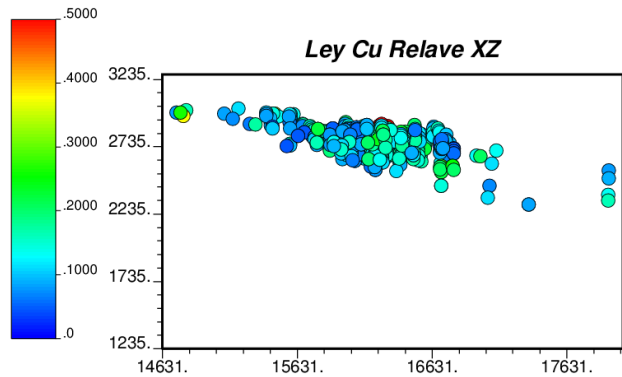


Ilustración 270: Mapeo de sondajes según Ley Cu Relave. UGM 3. Vista Vertical – Este

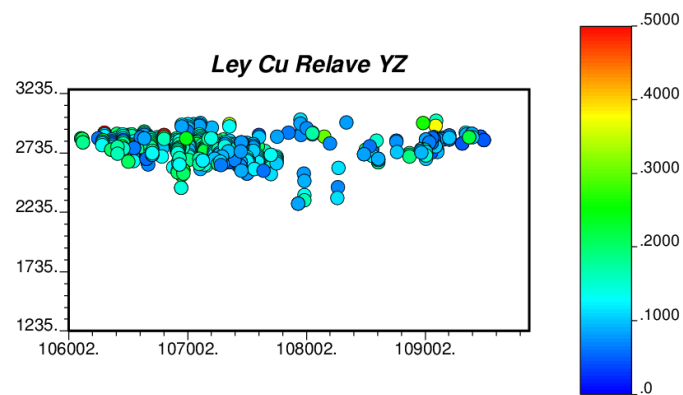


Ilustración 271: Mapeo de sondajes según Ley Cu Relave. UGM 3. Vista Vertical – Norte

11.10.3.1. Correlación entre variables

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1 Ley Cu Cabeza [%]	1.00																	
2 Ley Fe Cabeza [%]	-0.31	1.00																
3 Cu/Fe	0.78	-0.71	1.00															
4 Cu Oxidado [gr]	0.51	0.04	0.27	1.00														
5 Masa Concentrado [gr]	-0.01	0.31	-0.16	0.02	1.00													
6 Masa Relave [gr]	0.01	-0.33	0.17	-0.02	-0.99	1.00												
7 Masa Alimentación [gr]	0.06	-0.15	0.12	0.00	0.03	0.09	1.00											
8 Ley Cu Relave [%]	0.66	-0.10	0.42	0.37	-0.10	0.10	0.04	1.00										
9 Ley Fe Relave [%]	-0.30	0.68	-0.56	0.03	-0.27	0.25	-0.15	0.01	1.00									
10 Ley Cu Concentrado [%]	0.68	-0.50	0.70	0.33	-0.56	0.56	0.04	0.31	-0.16	1.00								
11 Cu Recovery [%]	0.17	-0.22	0.28	0.02	0.22	-0.22	0.04	-0.55	-0.41	0.25	1.00							
12 Ley Fe Concentrado [%]	-0.21	0.58	-0.41	-0.03	0.33	-0.34	-0.10	-0.18	-0.03	-0.40	0.01	1.00						
13 Fe Recovery [%]	0.02	0.06	0.03	-0.03	0.75	-0.74	0.05	-0.18	-0.64	-0.40	0.34	0.61	1.00					
14 Masa Cu Concentrado [gr]	0.96	-0.34	0.78	0.48	0.04	-0.04	0.06	0.43	-0.37	0.69	0.41	-0.18	0.10	1.00				
15 Masa Cu Relave [gr]	0.65	-0.12	0.42	0.37	-0.14	0.15	0.04	1.00	0.02	0.34	-0.55	-0.20	-0.21	0.42	1.00			
16 Masa Cu Cabeza [gr]	1.00	-0.32	0.78	0.51	-0.01	0.01	0.07	0.66	-0.30	0.68	0.17	-0.21	0.02	0.96	0.65	1.00		
17 Masa Ganga Concentrado [gr]	-0.06	0.33	-0.21	0.00	1.00	-0.99	0.02	-0.12	-0.25	-0.60	0.20	0.34	0.75	-0.02	-0.17	-0.06	1.00	
18 Masa Ganga Relave [gr]	0.00	-0.33	0.16	-0.03	-0.99	1.00	0.08	0.08	0.25	0.56	-0.21	-0.33	-0.74	-0.05	0.12	0.00	-0.99	1.00

Ilustración 272: Correlaciones entre variables. UGM 3

11.10.4. UGM 4

	Media	Desviación estándar	Varianza de la muestra	Mínimo	Máximo
Ley Cu Cabeza [%]	0,63	0,30	0,09	0,12	2,69
Ley Fe Cabeza [%]	2,45	1,64	2,69	0,53	15,90
Cu/Fe	0,33	0,25	0,06	0,04	2,07
Cu Oxidado [gr]	0,04	0,03	0,00	0,00	0,20
Masa Concentrado [gr]	139,69	71,40	5.097,33	36,80	598,40
Masa Relave [gr]	854,93	71,39	5.096,72	397,60	959,40
Masa Alimentación [gr]	994,62	3,04	9,26	979,00	999,60
Ley Cu Relave [%]	0,11	0,06	0,00	0,02	0,29
Ley Fe Relave [%]	0,71	0,74	0,55	0,13	4,78
Ley Cu Concentrado [%]	4,66	2,84	8,06	0,23	15,50
Cu Recovery [%]	84,70	7,05	49,65	55,92	97,04
Ley Fe Concentrado [%]	12,96	5,43	29,53	0,89	37,24
Fe Recovery [%]	74,14	20,54	421,76	13,70	96,02
Masa Cu Concentrado [gr]	5,39	2,86	8,19	0,90	25,51
Masa Cu Relave [gr]	0,92	0,52	0,27	0,17	2,61
Masa Cu Cabeza [gr]	6,30	2,99	8,91	1,20	26,68
Masa Ganga Concentrado [gr]	134,30	71,34	5.089,90	33,07	593,74
Masa Ganga Relave [gr]	854,01	71,17	5.065,53	397,20	958,25

Tabla 23: Estadísticas básicas por variable. UGM 4

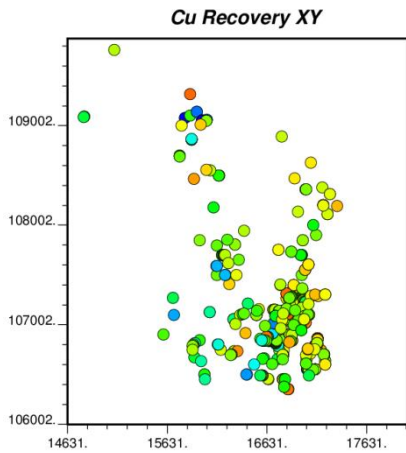


Ilustración 273: Mapeo de sondajes según Recuperación de cobre. UGM 4. Vista en planta

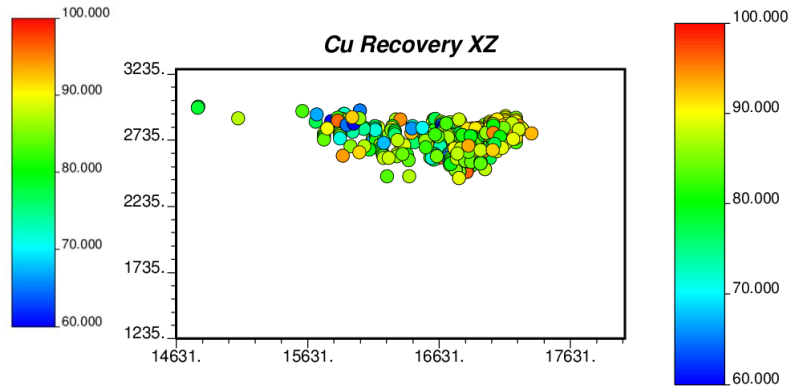


Ilustración 274: Mapeo de sondajes según Recuperación de cobre. UGM 4. Vista Vertical – Este

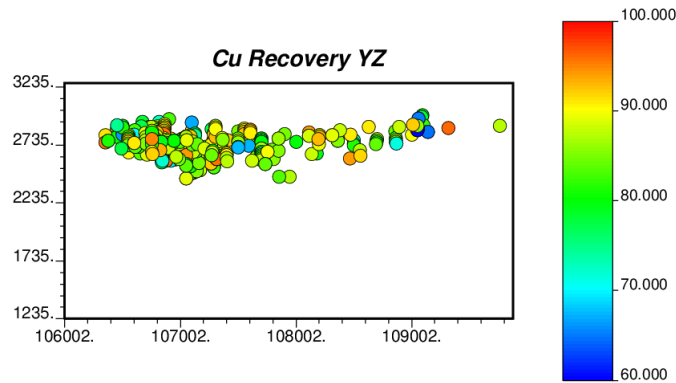


Ilustración 275: Mapeo de sondajes según Recuperación de cobre. UGM 4. Vista Vertical – Norte

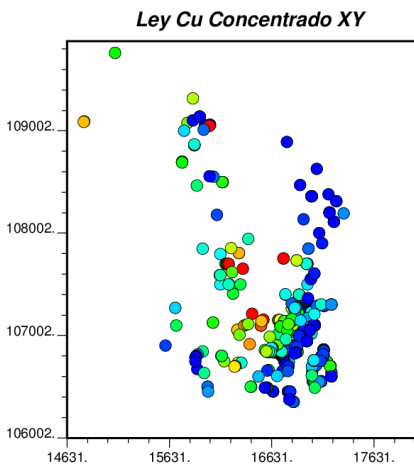


Ilustración 276: Mapeo de sondajes según Ley Cu Concentrado. UGM 4. Vista en planta

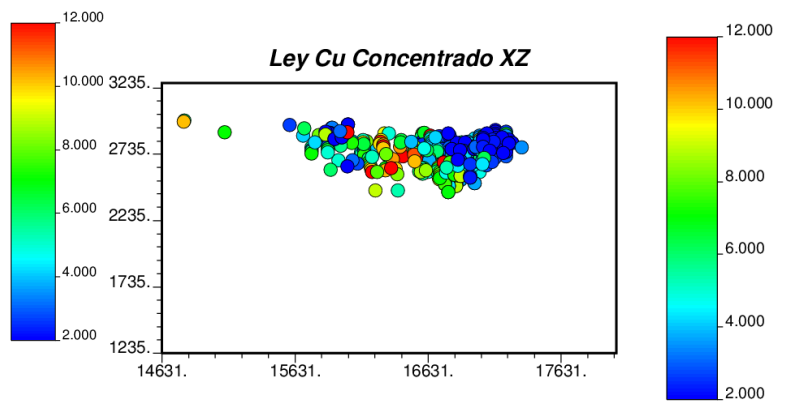


Ilustración 277: Mapeo de sondajes según Ley Cu Concentrado. UGM 4. Vista Vertical - Este

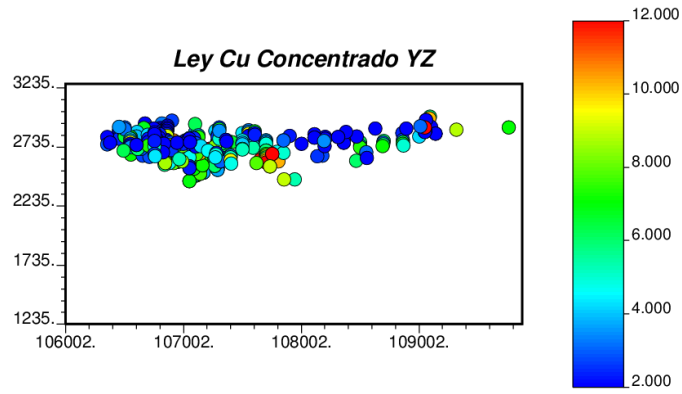


Ilustración 278: Mapeo de sondajes según Ley Cu Concentrado. UGM 4. Vista Vertical – Norte

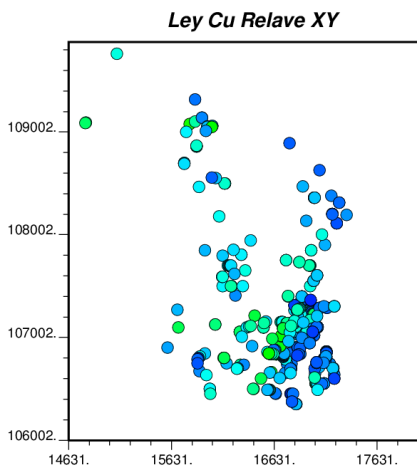


Ilustración 279: Mapeo de sondajes según Ley Cu Relave. UGM 4. Vista en planta

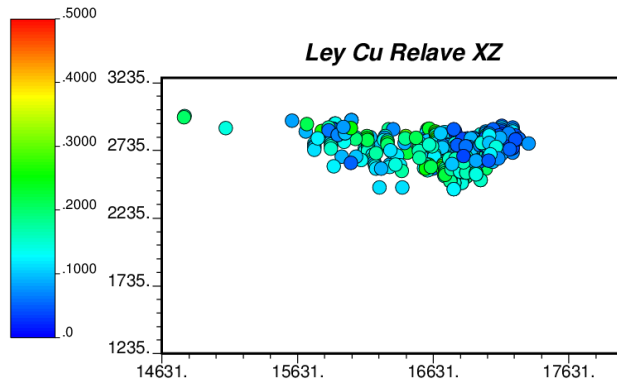


Ilustración 280: Mapeo de sondajes según Ley Cu Relave. UGM 4. Vista Vertical – Este

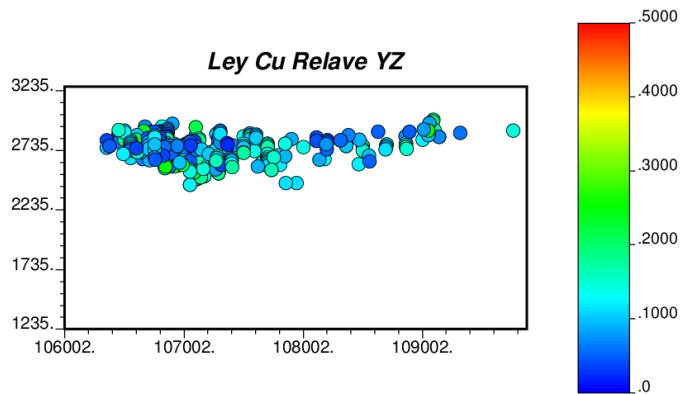


Ilustración 281: Mapeo de sondajes según Ley Cu Relave. UGM 4. Vista Vertical – Norte

11.10.4.1. Correlación entre variables

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1 Ley Cu Cabeza [%]	1.00																	
2 Ley Fe Cabeza [%]	0.11	1.00																
3 Cu/Fe	0.58	-0.45	1.00															
4 Cu Oxidado [gr]	0.43	0.35	0.12	1.00														
5 Masa Concentrado [gr]	-0.03	0.34	-0.19	0.10	1.00													
6 Masa Relave [gr]	0.03	-0.34	0.19	-0.10	-1.00	1.00												
7 Masa Alimentación [gr]	0.05	0.02	0.06	0.02	0.02	0.02	1.00											
8 Ley Cu Relave [%]	0.50	-0.07	0.39	0.19	-0.31	0.30	-0.13	1.00										
9 Ley Fe Relave [%]	0.06	0.52	-0.26	0.17	-0.14	0.14	-0.15	0.39	1.00									
10 Ley Cu Concentrado [%]	0.70	-0.22	0.64	0.21	-0.55	0.55	-0.02	0.59	0.14	1.00								
11 Cu Recovery [%]	0.23	0.11	0.11	0.14	0.37	-0.37	0.14	-0.64	-0.51	-0.10	1.00							
12 Ley Fe Concentrado [%]	0.02	0.77	-0.47	0.28	-0.02	0.02	0.07	-0.16	0.20	-0.13	0.15	1.00						
13 Fe Recovery [%]	-0.05	0.04	-0.07	0.00	0.47	-0.47	0.19	-0.56	-0.75	-0.46	0.68	0.24	1.00					
14 Masa Cu Concentrado [gr]	0.99	0.13	0.55	0.43	0.04	-0.03	0.08	0.36	-0.01	0.64	0.36	0.05	0.06	1.00				
15 Masa Cu Relave [gr]	0.46	-0.11	0.38	0.16	-0.43	0.43	-0.12	0.99	0.39	0.64	-0.67	-0.15	-0.61	0.32	1.00			
16 Masa Cu Cabeza [gr]	1.00	0.11	0.58	0.43	-0.03	0.03	0.05	0.50	0.06	0.70	0.23	0.02	-0.05	0.99	0.46	1.00		
17 Masa Ganga Concentrado [gr]	-0.07	0.34	-0.21	0.08	1.00	-1.00	0.02	-0.32	-0.14	-0.58	0.36	-0.02	0.47	0.00	-0.45	-0.07	1.00	
18 Masa Ganga Relave [gr]	0.03	-0.34	0.19	-0.10	-1.00	1.00	0.02	0.29	0.13	0.55	-0.36	0.02	-0.46	-0.04	0.42	0.03	-1.00	1.00

Ilustración 282: Correlaciones entre variables. UGM 4

11.10.5. UGM 5

	Media	Desviación estándar	Varianza de la muestra	Mínimo	Máximo
Ley Cu Cabeza [%]	0,80	0,44	0,20	0,31	2,49
Ley Fe Cabeza [%]	1,68	0,57	0,32	0,88	4,43
Cu/Fe	0,52	0,27	0,07	0,10	1,37
Cu Oxidado [gr]	0,12	0,06	0,00	0,03	0,28
Masa Concentrado [gr]	73,47	26,86	721,45	22,50	150,90
Masa Relave [gr]	920,67	27,56	759,60	844,70	965,50
Masa Alimentación [gr]	994,14	5,13	26,27	966,00	1.000,50
Ley Cu Relave [%]	0,15	0,10	0,01	0,04	0,72
Ley Fe Relave [%]	1,13	0,52	0,27	0,41	3,74
Ley Cu Concentrado [%]	9,90	5,59	31,25	2,56	25,28
Cu Recovery [%]	82,33	6,71	44,96	60,23	91,99
Ley Fe Concentrado [%]	8,62	3,27	10,70	2,92	19,70
Fe Recovery [%]	38,19	17,66	311,72	11,24	74,75
Masa Cu Concentrado [gr]	6,57	3,66	13,37	2,44	20,80
Masa Cu Relave [gr]	1,40	0,96	0,91	0,34	6,40
Masa Cu Cabeza [gr]	7,99	4,40	19,38	3,04	24,69
Masa Ganga Concentrado [gr]	66,90	26,91	724,18	19,78	145,01
Masa Ganga Relave [gr]	919,27	27,46	753,83	844,10	964,58

Tabla 24: Estadísticas básicas por variable. UGM 5

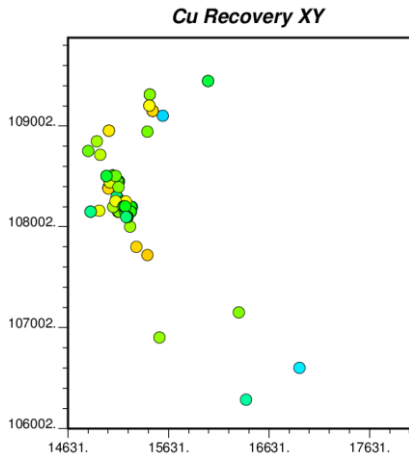


Ilustración 283: Mapeo de sondajes según Recuperación de cobre. UGM 5. Vista en planta

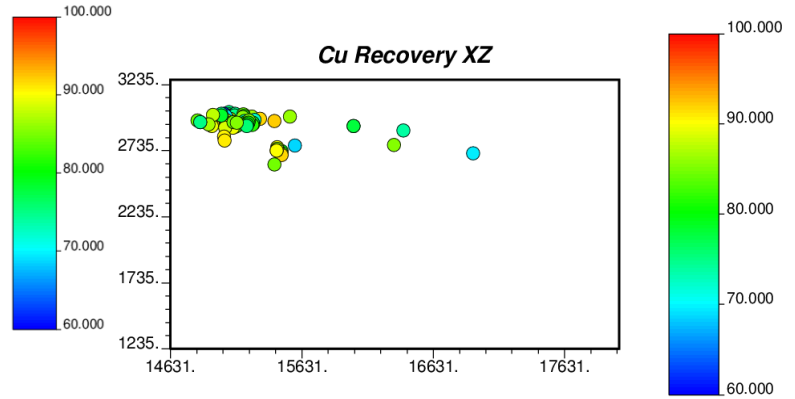


Ilustración 284: Mapeo de sondajes según Recuperación de cobre. UGM 5. Vista Vertical – Este

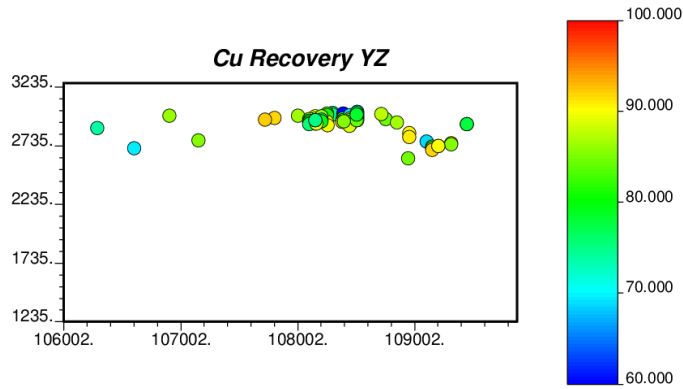


Ilustración 285: Mapeo de sondajes según Recuperación de cobre. UGM 5. Vista Vertical – Norte

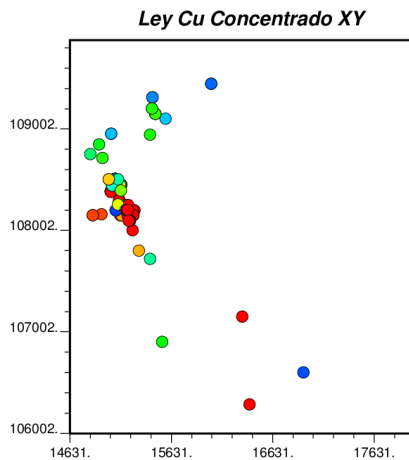


Ilustración 286: Mapeo de sondajes según Ley Cu Concentrado. UGM 5. Vista en planta

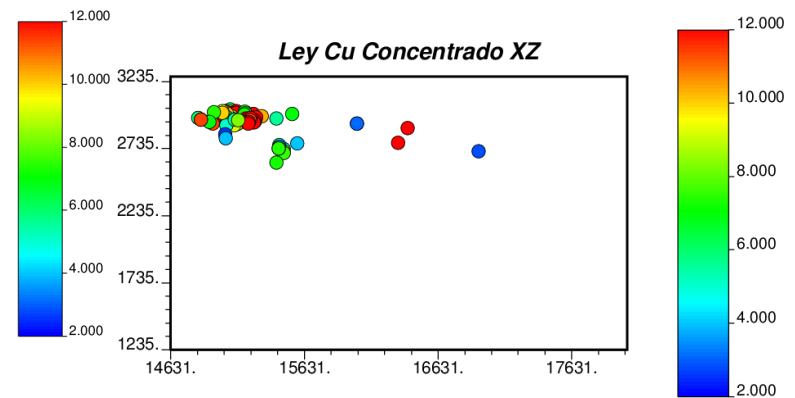


Ilustración 287: Mapeo de sondajes según Ley Cu Concentrado. UGM 5. Vista Vertical - Este

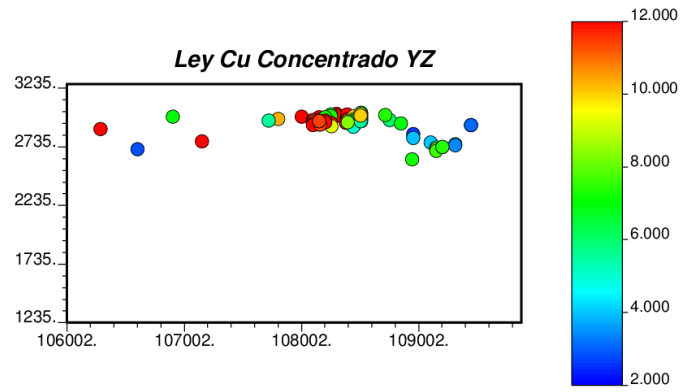


Ilustración 288: Mapeo de sondajes según Ley Cu Concentrado. UGM 5. Vista Vertical – Norte

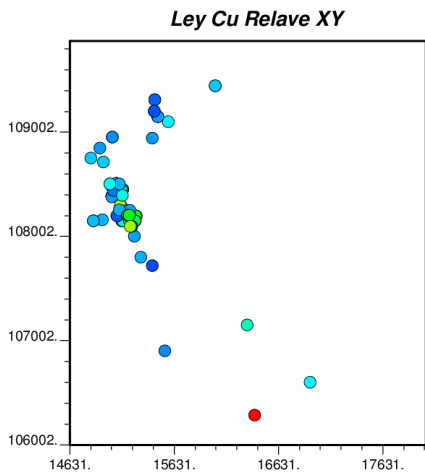


Ilustración 289: Mapeo de sondajes según Ley Cu Relave. UGM 5. Vista en planta

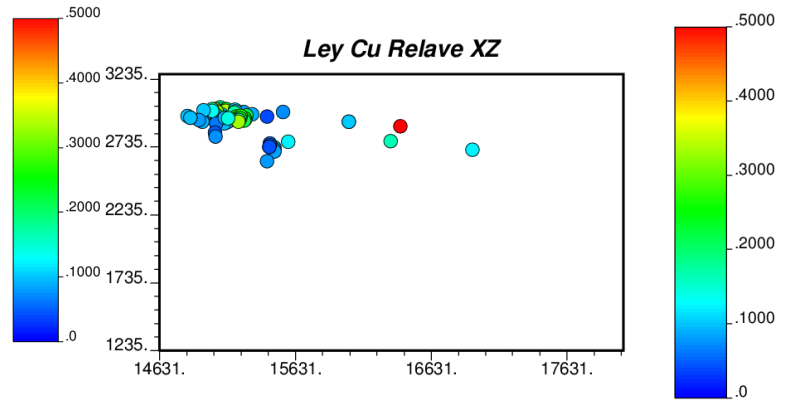


Ilustración 290: Mapeo de sondajes según Ley Cu Relave. UGM 5. Vista Vertical – Este

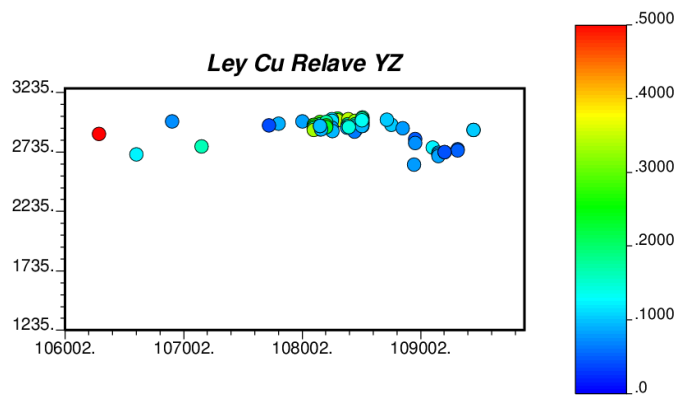


Ilustración 291: Mapeo de sondajes según Ley Cu Relave. UGM 5. Vista Vertical – Norte

11.10.5.1. Correlación entre variables

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1 Ley Cu Cabeza [%]	1.00																	
2 Ley Fe Cabeza [%]	-0.05	1.00																
3 Cu/Fe	0.86	-0.43	1.00															
4 Cu Oxidado [gr]	0.68	-0.11	0.65	1.00														
5 Masa Concentrado [gr]	0.02	0.24	-0.10	-0.15	1.00													
6 Masa Relave [gr]	-0.03	-0.25	0.10	0.14	-0.98	1.00												
7 Masa Alimentación [gr]	-0.04	-0.09	0.02	-0.04	-0.04	0.23	1.00											
8 Ley Cu Relave [%]	0.77	0.01	0.62	0.70	-0.08	0.08	0.04	1.00										
9 Ley Fe Relave [%]	0.08	0.81	-0.17	0.02	-0.16	0.13	-0.11	0.14	1.00									
10 Ley Cu Concentrado [%]	0.81	-0.22	0.81	0.64	-0.48	0.47	0.03	0.60	0.11	1.00								
11 Cu Recovery [%]	0.02	-0.07	0.04	-0.33	0.28	-0.30	-0.12	-0.53	-0.16	-0.05	1.00							
12 Ley Fe Concentrado [%]	-0.27	0.50	-0.49	-0.22	0.11	-0.11	-0.03	-0.21	0.08	-0.39	0.01	1.00						
13 Fe Recovery [%]	-0.17	-0.01	-0.22	-0.20	0.66	-0.64	0.02	-0.23	-0.56	-0.53	0.23	0.57	1.00					
14 Masa Cu Concentrado [gr]	0.98	-0.06	0.87	0.62	0.05	-0.06	-0.04	0.66	0.04	0.80	0.17	-0.25	-0.13	1.00				
15 Masa Cu Relave [gr]	0.77	0.00	0.62	0.72	-0.12	0.13	0.05	1.00	0.14	0.62	-0.54	-0.22	-0.26	0.65	1.00			
16 Masa Cu Cabeza [gr]	1.00	-0.05	0.87	0.68	0.02	-0.03	-0.03	0.77	0.07	0.81	0.02	-0.27	-0.17	0.98	0.77	1.00		
17 Masa Ganga Concentrado [gr]	-0.11	0.25	-0.22	-0.23	0.99	-0.97	-0.04	-0.17	-0.16	-0.58	0.26	0.14	0.67	-0.08	-0.21	-0.11	1.00	
18 Masa Ganga Relave [gr]	-0.05	-0.25	0.08	0.11	-0.98	1.00	0.23	0.05	0.13	0.45	-0.28	-0.10	-0.63	-0.08	0.09	-0.05	-0.97	1.00

Ilustración 292: Correlaciones entre variables. UGM 5

11.10.6. UGM 6

	Media	Desviación estándar	Varianza de la muestra	Mínimo	Máximo
Ley Cu Cabeza [%]	0,62	0,32	0,10	0,08	3,01
Ley Fe Cabeza [%]	1,73	1,02	1,03	0,44	9,96
Cu/Fe	0,44	0,27	0,07	0,04	1,65
Cu Oxidado [gr]	0,04	0,06	0,00	0,00	0,69
Masa Concentrado [gr]	75,99	32,54	1.058,67	22,10	244,80
Masa Relave [gr]	916,67	33,20	1.101,99	733,20	974,10
Masa Alimentación [gr]	992,66	5,77	33,25	922,20	1.000,20
Ley Cu Relave [%]	0,09	0,06	0,00	0,01	0,42
Ley Fe Relave [%]	0,85	0,60	0,35	0,17	3,83
Ley Cu Concentrado [%]	7,77	3,75	14,06	0,98	26,28
Cu Recovery [%]	87,19	6,01	36,09	55,49	96,74
Ley Fe Concentrado [%]	11,46	4,98	24,79	2,77	39,70
Fe Recovery [%]	53,05	20,63	425,70	9,04	94,90
Masa Cu Concentrado [gr]	5,41	2,84	8,07	0,62	25,61
Masa Cu Relave [gr]	0,78	0,53	0,29	0,08	3,69
Masa Cu Cabeza [gr]	6,17	3,19	10,16	0,78	29,94
Masa Ganga Concentrado [gr]	70,58	31,67	1.002,91	18,94	241,37
Masa Ganga Relave [gr]	915,89	33,28	1.107,77	732,69	973,81

Tabla 25: Estadísticas básicas por variable. UGM 6

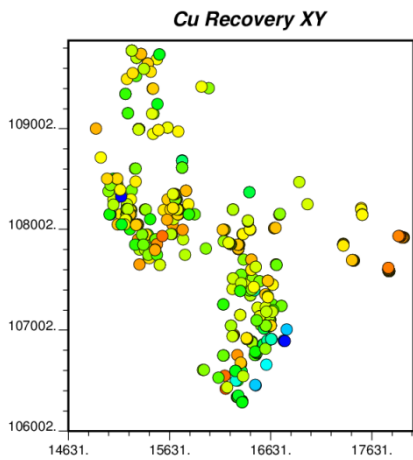


Ilustración 293: Mapeo de sondajes según Recuperación de cobre. UGM 6. Vista en planta

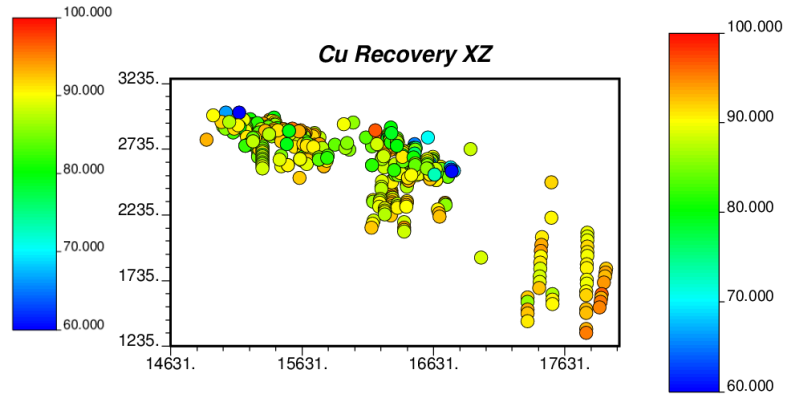


Ilustración 294: Mapeo de sondajes según Recuperación de cobre. UGM 6. Vista Vertical – Este

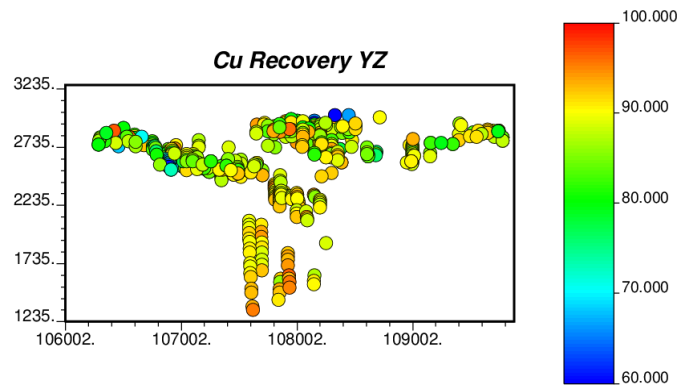


Ilustración 295: Mapeo de sondajes según Recuperación de cobre. UGM 6. Vista Vertical – Norte

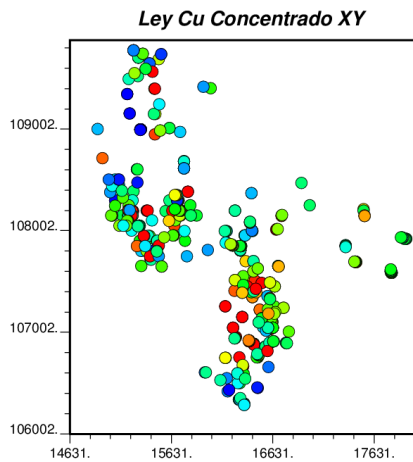


Ilustración 296: Mapeo de sondajes según Ley Cu Concentrado. UGM 6. Vista en planta

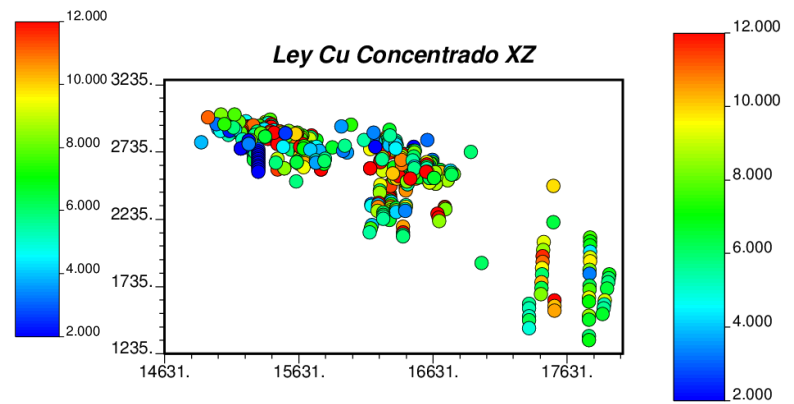


Ilustración 297: Mapeo de sondajes según Ley Cu Concentrado. UGM 6. Vista Vertical - Este

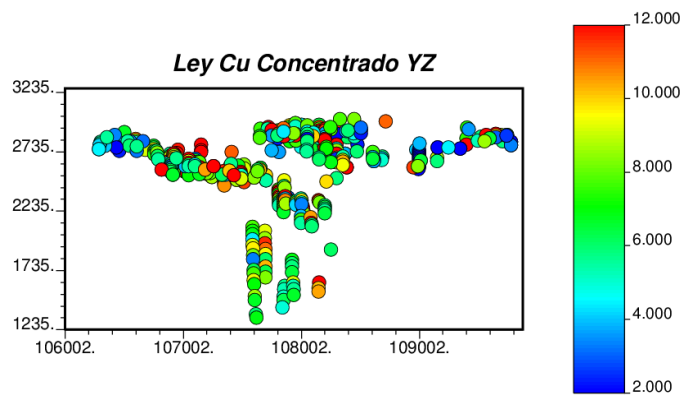


Ilustración 298: Mapeo de sondajes según Ley Cu Concentrado. UGM 6. Vista Vertical – Norte

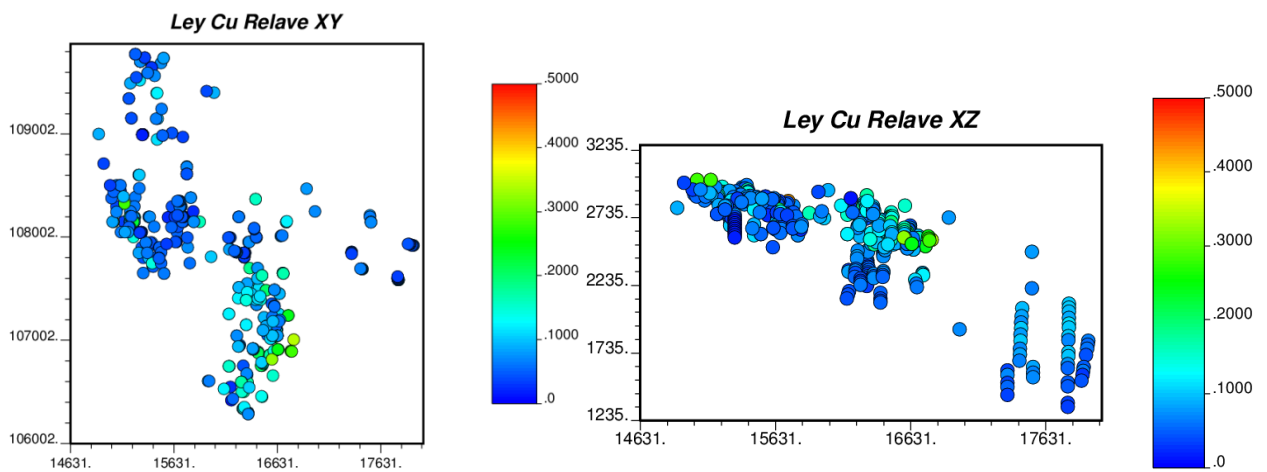


Ilustración 299: Mapeo de sondajes según Ley Cu Relave. UGM 6. Vista en planta

Ilustración 300: Mapeo de sondajes según Ley Cu Relave. UGM 6. Vista Vertical – Este

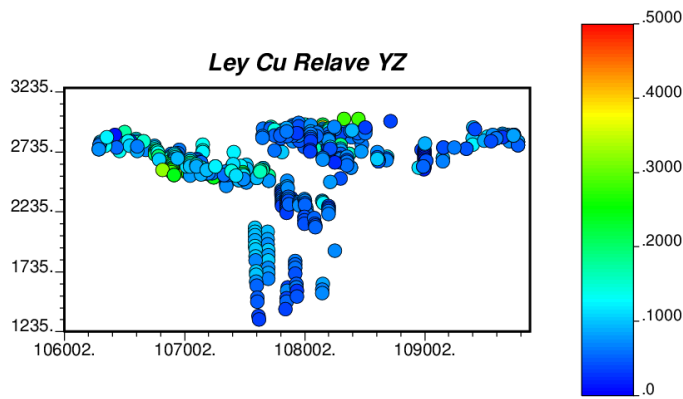


Ilustración 301: Mapeo de sondajes según Ley Cu Relave. UGM 6. Vista Vertical – Norte

11.10.6.1. Correlación entre variables

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1 Ley Cu Cabeza [%]	1.00																	
2 Ley Fe Cabeza [%]	0.13	1.00																
3 Cu/Fe	0.57	-0.54	1.00															
4 Cu Oxidado [gr]	0.23	0.10	0.07	1.00														
5 Masa Concentrado [gr]	0.34	0.59	-0.12	0.09	1.00													
6 Masa Relave [gr]	-0.31	-0.57	0.12	-0.08	-0.98	1.00												
7 Masa Alimentación [gr]	0.14	0.04	0.03	0.07	-0.03	0.20	1.00											
8 Ley Cu Relave [%]	0.69	0.29	0.21	0.22	0.23	-0.20	0.15	1.00										
9 Ley Fe Relave [%]	-0.04	0.61	-0.49	0.11	-0.03	0.03	0.05	0.27	1.00									
10 Ley Cu Concentrado [%]	0.60	-0.30	0.66	0.17	-0.40	0.42	0.16	0.32	-0.06	1.00								
11 Cu Recovery [%]	0.07	-0.29	0.30	-0.07	0.06	-0.07	-0.09	-0.63	-0.47	0.17	1.00							
12 Ley Fe Concentrado [%]	0.01	0.75	-0.50	-0.07	0.42	-0.40	0.05	0.09	0.18	-0.31	-0.14	1.00						
13 Fe Recovery [%]	0.22	0.12	0.13	-0.13	0.65	-0.64	-0.05	-0.01	-0.60	-0.30	0.26	0.45	1.00					
14 Masa Cu Concentrado [gr]	0.99	0.08	0.60	0.22	0.35	-0.31	0.14	0.58	-0.10	0.62	0.21	-0.02	0.26	1.00				
15 Masa Cu Relave [gr]	0.67	0.26	0.22	0.22	0.19	-0.15	0.16	1.00	0.28	0.34	-0.65	0.07	-0.04	0.56	1.00			
16 Masa Cu Cabeza [gr]	1.00	0.13	0.57	0.23	0.34	-0.31	0.15	0.69	-0.04	0.60	0.07	0.01	0.22	0.99	0.67	1.00		
17 Masa Ganga Concentrado [gr]	0.27	0.60	-0.18	0.07	1.00	-0.98	-0.04	0.19	-0.02	-0.47	0.04	0.43	0.64	0.26	0.14	0.26	1.00	
18 Masa Ganga Relave [gr]	-0.32	-0.57	0.12	-0.08	-0.99	1.00	0.20	-0.22	0.03	0.41	-0.06	-0.40	-0.64	-0.32	-0.17	-0.32	-0.98	1.00

Ilustración 302: Correlaciones entre variables. UGM 6

11.11. Variografía

11.11.1. UGM 1

11.11.1.1. Caso 2

Nomenclatura	Azimut [°]	Dip [°]
Azul	135	0
Rojo	45	0
Negro	0	90

Tabla 26: Direcciones de variogramas experimentales. Caso 2. UGM 1

Estructura	Alcance Horizontal 1 (m)	Alcance Horizontal 2 (m)	Alcance Vertical (m)
Pepita	0	0	0
ESF1	300	85	50
ESF2	300	85	∞
ESF3	300	∞	∞

Tabla 27: Alcances Variograma Caso 2. UGM 1

PEPA	Masa Cu Cabeza	Masa Cu Concentrado
Masa Cu Cabeza	4	3,73
Masa Cu Concentrado	3,73	3,53
ESF1	Masa Cu Cabeza	Masa Cu Concentrado
Masa Cu Cabeza	15	13,99
Masa Cu Concentrado	13,99	13,22
ESF2	Masa Cu Cabeza	Masa Cu Concentrado
Masa Cu Cabeza	4	3,73
Masa Cu Concentrado	3,73	3,53
ESF3	Masa Cu Cabeza	Masa Cu Concentrado
Masa Cu Cabeza	27	25,19
Masa Cu Concentrado	25,19	23,8

Tabla 28: Mesetas Variograma Caso 2. UGM 1

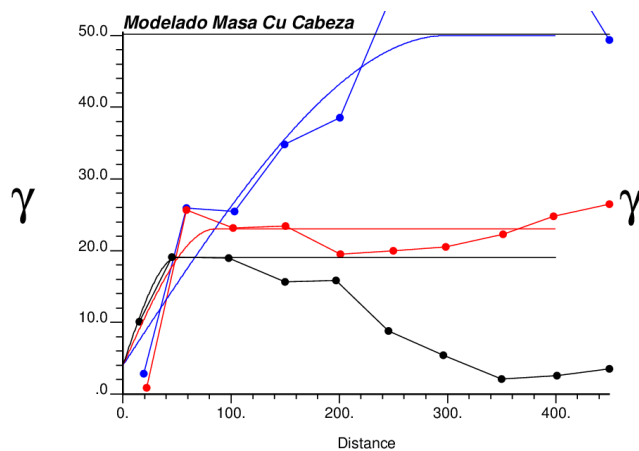


Ilustración 303: Variograma Modelado Directo Masa Cu Cabeza. UGM 1

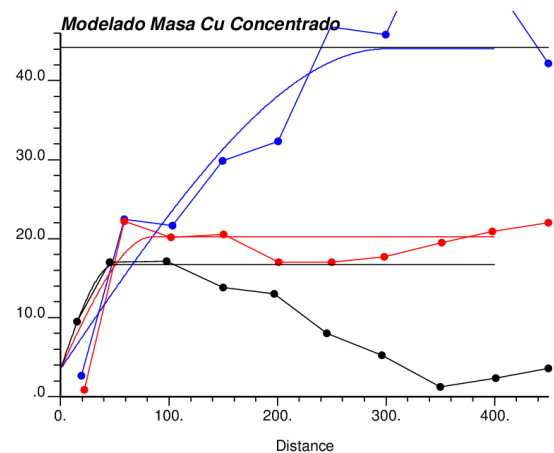


Ilustración 304: Variograma Modelado Directo Masa Cu Concentrado. UGM 1

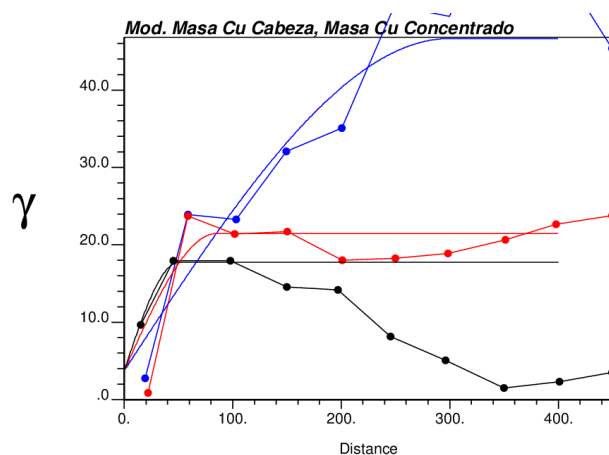


Ilustración 305: Variograma Modelado Cruzado Masa Cu Cabeza, Masa Cu Concentrado. UGM 1

11.11.1.2. Caso 3

Nomenclatura	Azimut [°]	Dip [°]
Azul	30	0
Rojo	120	0
Negro	0	90

Tabla 29: Direcciones de variogramas experimentales. Caso 3. UGM 1

Estructura	Alcance Horizontal 1 (m)	Alcance Horizontal 2 (m)	Alcance Vertical (m)	Meseta
Pepita	0	0	0	0,1
ESF1	320	300	150	0,1
ESF2	320	300	∞	0,37
ESF3	∞	300	∞	0,185

Tabla 30: Modelos, alcances y mesetas. Caso 3. UGM 1

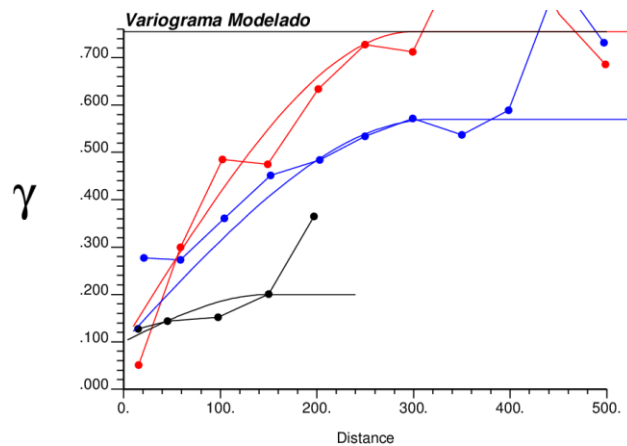


Ilustración 306: Variograma Modelado. Masa Cu Relave. UGM 1

11.11.1.3. Caso 4

Nomenclatura	Azimut [°]	Dip [°]
Azul	60	0
Rojo	150	0
Negro	0	90

Tabla 31: Direcciones de variogramas experimentales. Caso 4. UGM 1

Estructura	Alcance Horizontal 1 (m)	Alcance Horizontal 2 (m)	Alcance Vertical (m)	Meseta
Pepita	0	0	0	600
ESF1	320	300	250	75,9
ESF2	320	300	∞	592,3
ESF3	320	∞	∞	1064

Tabla 32: Modelos, alcances y mesetas Variograma Caso 4. UGM 1

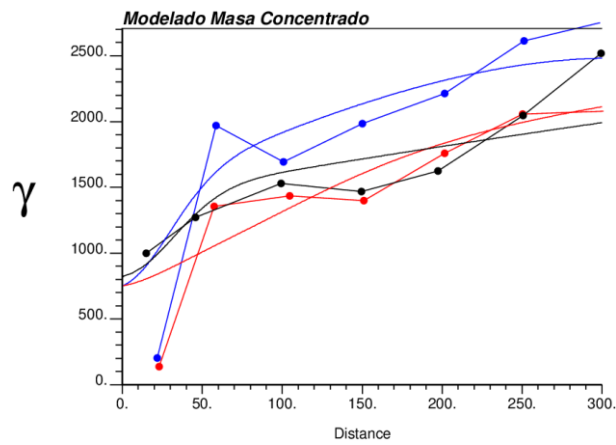


Ilustración 307: Variograma Modelado Directo Masa Concentrado. UGM 1

11.11.1.4. Caso 5

Nomenclatura	Azimut [°]	Dip [°]
Azul	45	0
Rojo	135	0
Negro	0	90

Tabla 33: Direcciones de variogramas experimentales. Caso 5. UGM 1

Estructura	Alcance Horizontal 1 (m)	Alcance Horizontal 2 (m)	Alcance Vertical (m)
Pepita	0	0	0
ESF1	60	320	57
ESF2	60	320	∞
ESF3	∞	320	∞

Tabla 34: Alcances Variograma Caso 5. UGM 1

PEPA	Ley Cu Concentrado	Ley Cu Cabeza	Cu/Fe
Ley Cu Concentrado	0,5	0,01	0,01
Ley Cu Cabeza	0,01	0,05	0,02
Cu/Fe	0,01	0,02	0,0086

ESF1	Ley Cu Concentrado	Ley Cu Cabeza	Cu/Fe
Ley Cu Concentrado	7	0,99	0,6
Ley Cu Cabeza	0,99	0,15	0,06
Cu/Fe	0,60	0,06	0,173

ESF2	Ley Cu Concentrado	Ley Cu Cabeza	Cu/Fe
Ley Cu Concentrado	4,00	0,31	0,60
Ley Cu Cabeza	0,31	0,05	0,06
Cu/Fe	0,60	0,06	0,10

ESF3	Ley Cu Concentrado	Ley Cu Cabeza	Cu/Fe
Ley Cu Concentrado	15	2,00	2,7
Ley Cu Cabeza	2,00	0,27	0,351
Cu/Fe	2,70	0,35	1

Tabla 35: Mesetas Variograma Caso 5. UGM 1

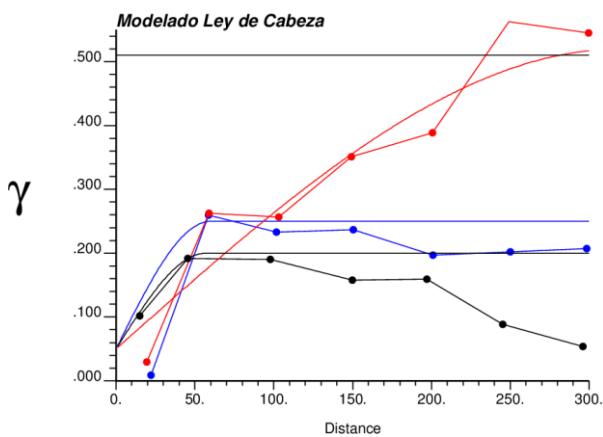


Ilustración 308: Variograma Modelado Directo Ley Cu Cabeza. UGM 1

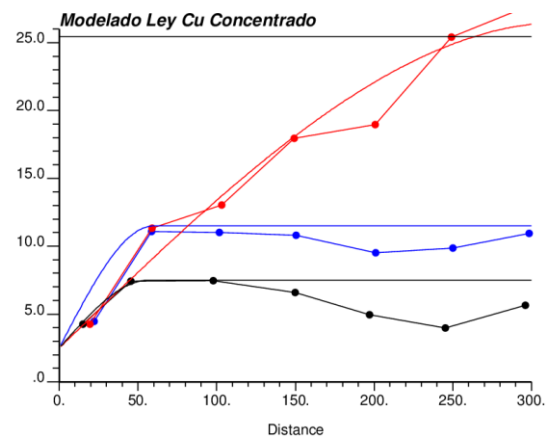


Ilustración 309: Variograma Modelado Directo Ley Cu Concentrado. UGM 1

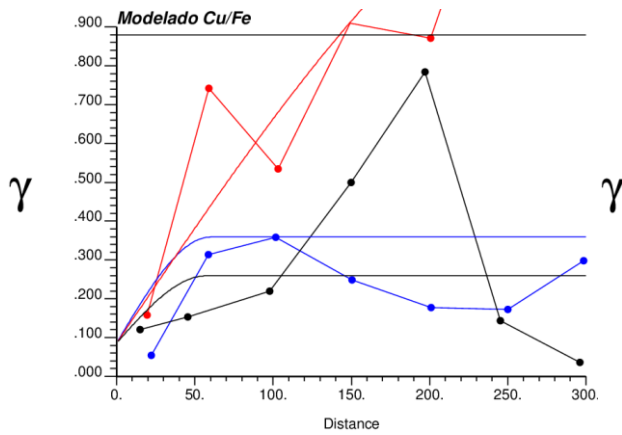


Ilustración 310: Variograma Modelado Directo Cu/Fe. UGM 1

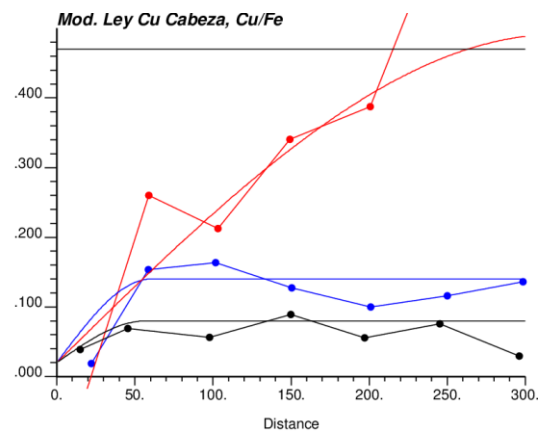


Ilustración 311: Variograma Modelado Cruzado Ley Cu Cabeza, Cu/Fe. UGM 1

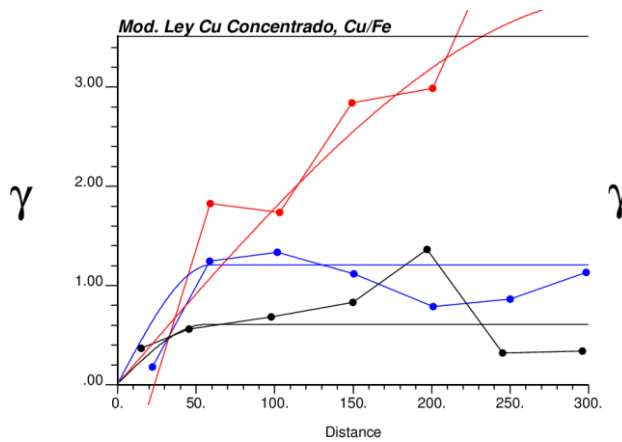


Ilustración 312: Variograma Modelado Cruzado Ley Cu Concentrado, Cu/Fe UGM 1

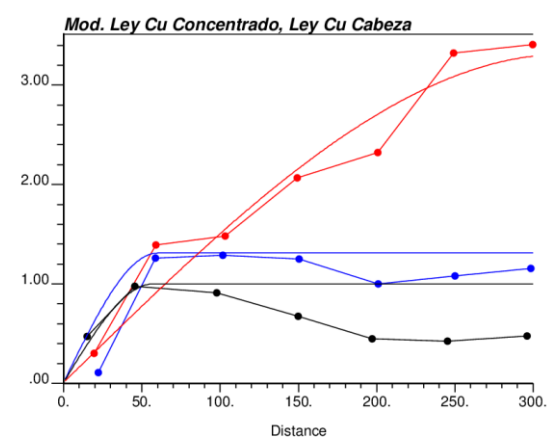


Ilustración 313: Variograma Modelado Cruzado Ley Cu Concentrado, Ley Cu Cabeza UGM 1

11.11.1.5. Caso 6

Nomenclatura	Azimut [°]	Dip [°]
Azul	30	0
Rojo	120	0
Negro	0	90

Tabla 36: Direcciones de variogramas experimentales. Caso 6. UGM 1

Estructura	Alcance Horizontal 1 (m)	Alcance Horizontal 2 (m)	Alcance Vertical (m)	Meseta
Pepita	0	0	0	0,00175
GAUSS1	300	300	100	0,0004
ESF1	300	300	∞	0,003
ESF2	∞	300	∞	0,005

Tabla 37: Modelos, alcances y mesetas. Caso 6. UGM 1

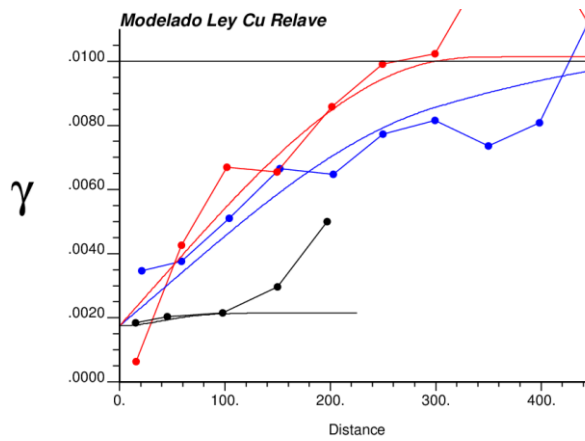


Ilustración 314: Variograma Modelado. Ley Cu Relave. UGM 1

11.11.2. UGM 2

11.11.2.1. Caso 1

Nomenclatura	Azimut [°]	Dip [°]
Azul	120	0
Rojo	30	30
Negro	0	90

Tabla 38: Direcciones de variogramas experimentales. Caso 1. UGM 2

Estructura	Alcance Horizontal 1 (m)	Alcance Horizontal 2 (m)	Alcance Vertical (m)	Meseta
Pepita	0	0	0	2,5
ESF1	60	110	60	13
ESF2	650	110	100	5

Tabla 39: Modelos, alcances y mesetas Variograma. Caso 1. UGM 2

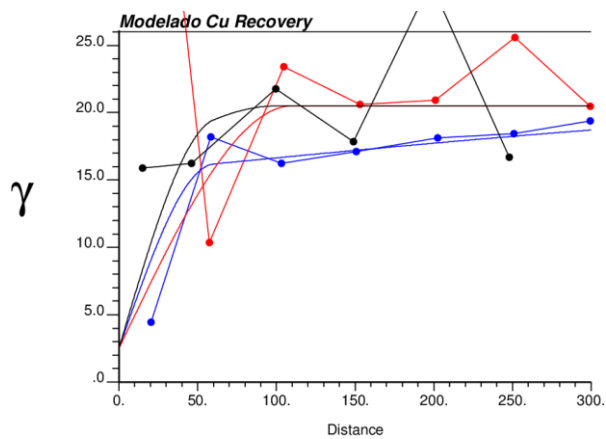


Ilustración 315: Variograma Modelado. Recuperación Cu. UGM 2

11.11.2.2. Caso 2

Nomenclatura	Azimut [°]	Dip [°]
Rojo	0	0
Rojo	90	0
Negro	0	90

Tabla 40: Direcciones de variogramas experimentales. Caso 2. UGM 2

Estructura	Alcance Horizontal 1 (m)	Alcance Horizontal 2 (m)	Alcance Vertical (m)
Pepita	0	0	0
ESF1	40	40	80
ESF2	700	700	80

Tabla 41: Alcances Variograma Caso 2. UGM 2

PEPA	Masa Cu Cabeza	Masa Cu Concentrado
Masa Cu Cabeza	3	2,85
Masa Cu Concentrado	2,85	2,74

ESF1	Masa Cu Cabeza	Masa Cu Concentrado
Masa Cu Cabeza	7	6,64
Masa Cu Concentrado	6,64	6,4

ESF2	Masa Cu Cabeza	Masa Cu Concentrado
Masa Cu Cabeza	6	5,69
Masa Cu Concentrado	5,69	5,49

Tabla 42: Mesetas Variograma Caso 2. UGM 2

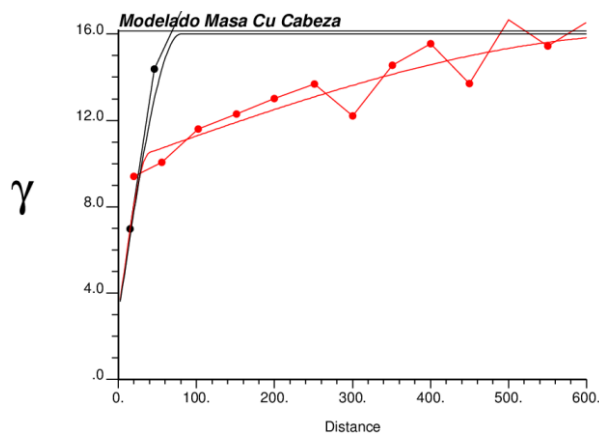


Ilustración 316: Variograma Modelado Directo Masa Cu Cabeza. UGM 2

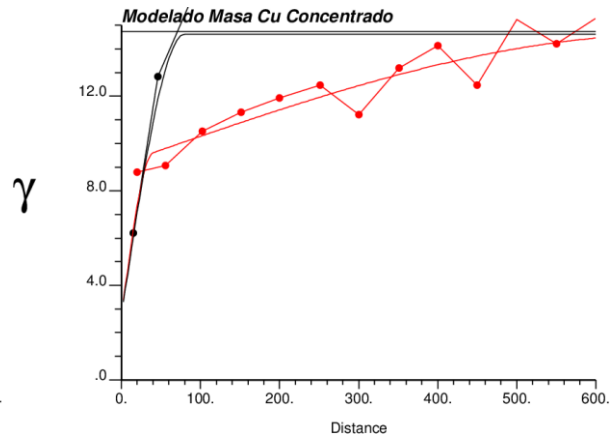


Ilustración 317: Variograma Modelado Directo Masa Cu Concentrado. UGM 2

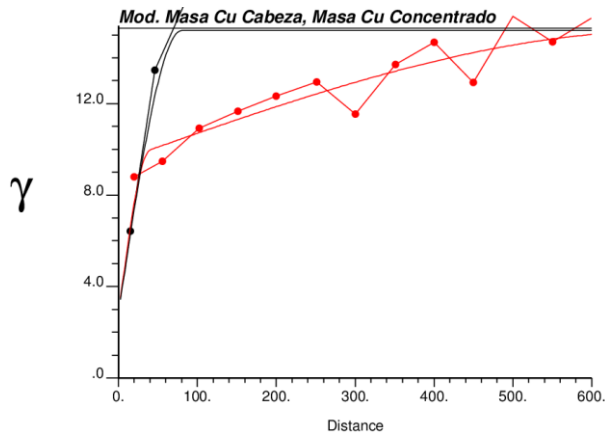


Ilustración 318: Variograma Modelado Cruzado Masa Cu Cabeza, Masa Cu Concentrado. UGM 2

11.11.2.3. Caso 3

Nomenclatura	Azimut [°]	Dip [°]
Rojo	0	0
Rojo	90	0
Negro	0	90

Tabla 43: Direcciones de variogramas experimentales. Caso 3. UGM 2

Estructura	Alcance Horizontal 1 (m)	Alcance Horizontal 2 (m)	Alcance Vertical (m)	Meseta
Pepita	0	0	0	0,07
ESF1	200	200	50	0,176

Tabla 44: Alcances y Mesetas Variograma Caso 3. UGM 2

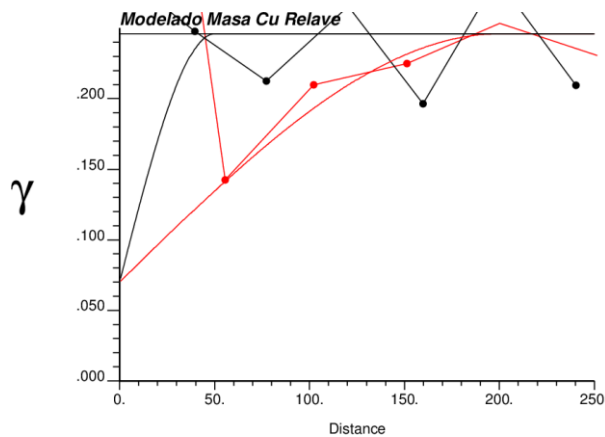


Ilustración 319: Variograma Modelado. Masa Cu Relayé. UGM 2

11.11.2.4. Caso 4

Nomenclatura	Azimut [°]	Dip [°]
Azul	-15	0
Rojo	75	30
Negro	75	-60

Tabla 45: Direcciones de variogramas experimentales. Caso 4. UGM 2

Estructura	Alcance Horizontal 1 (m)	Alcance Horizontal 2 (m)	Alcance Vertical (m)	Meseta
Pepita	0	0	0	400
ESF1	180	30	120	500
ESF2	180	150	120	200
ESF3	180	∞	120	150
ESF4	180	∞	∞	250

Tabla 46: Modelos, alcances y mesetas Variograma Caso 4. UGM 2

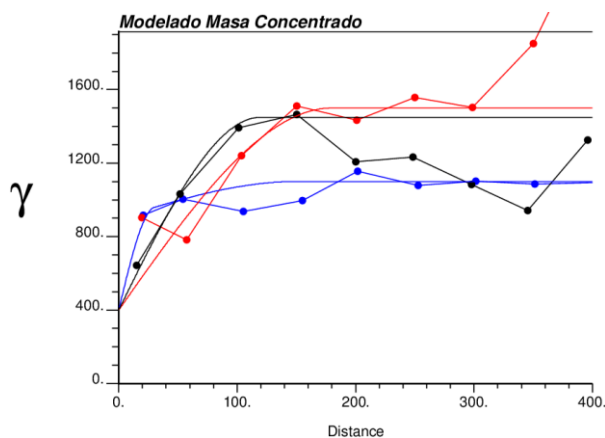


Ilustración 320: Variograma Modelado Directo Masa Concentrado. UGM 2

11.11.2.5. Caso 5

Nomenclatura	Azimut [°]	Dip [°]
Rojo	0	0
Rojo	90	0
Negro	0	90

Tabla 47: Direcciones de variogramas experimentales. Caso 5. UGM 2

Estructura	Alcance Horizontal 1 (m)	Alcance Horizontal 2 (m)	Alcance Vertical (m)	Meseta
Pepita	0	0	0	5
EXP1	600	600	75	6,1

Tabla 48: Modelos, alcances y mesetas. Caso 5. UGM 2

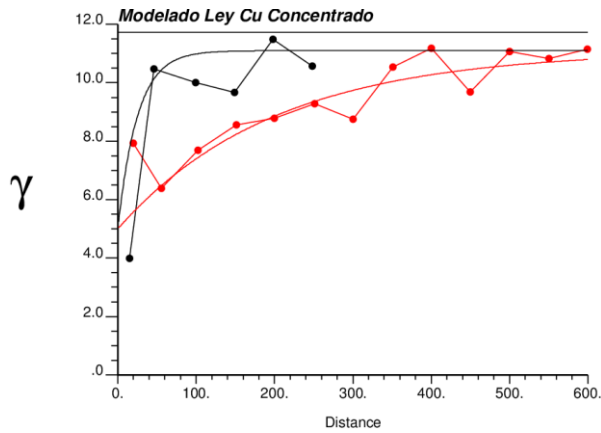


Ilustración 321: Variograma Modelado. Ley Cu Concentrado. UGM 2

11.11.2.6. Caso 6

Nomenclatura	Azimut [°]	Dip [°]
Rojo	0	0
Rojo	90	0
Negro	0	90

Tabla 49: Direcciones de variogramas experimentales. Caso 6. UGM 2

Estructura	Alcance Horizontal 1 (m)	Alcance Horizontal 2 (m)	Alcance Vertical (m)	Meseta
Pepita	0	0	0	0,00045
EXP1	200	200	25	0,00265

Tabla 50: Modelos, alcances y mesetas. Caso 6. UGM 2

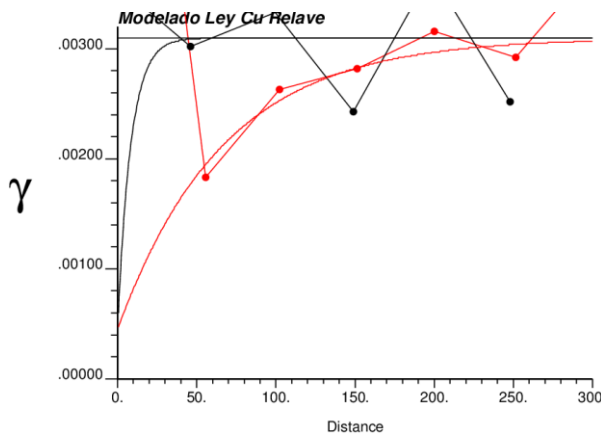


Ilustración 322: Variograma Modelado. Ley Cu Relave. UGM 2

11.11.3. UGM 3

11.11.3.1. Caso 1

Nomenclatura	Azimut [°]	Dip [°]
Rojo	0	0
Rojo	90	0
Negro	0	0

Tabla 51: Direcciones de variogramas experimentales. Caso 1. UGM 3

Estructura	Alcance Horizontal 1 (m)	Alcance Horizontal 2 (m)	Alcance Vertical (m)	Meseta
Pepita	0	0	0	2
ESF1	∞	∞	130	80
ESF2	80	80	∞	20
ESF3	400	400	∞	20

Tabla 52: Modelos, alcances y mesetas. Caso 1. UGM 3

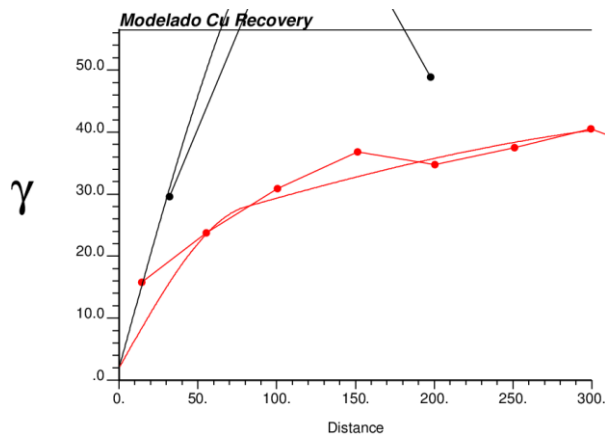


Ilustración 323: Variograma Modelado. Recuperación Cu. UGM 3

11.11.3.2. Caso 2

Nomenclatura	Azimut [°]	Dip [°]
Azul	15	0
Rojo	105	60
Negro	105	-30

Tabla 53: Direcciones de variogramas experimentales. Caso 2. UGM 3

Estructura	Alcance Horizontal 1 (m)	Alcance Horizontal 2 (m)	Alcance Vertical (m)
Pepita	0	0	0
ESF1	∞	∞	30
ESF2	500	40	∞
ESF3	500	365	30
ESF4	500	∞	250

Tabla 54: Alcances Variograma Caso 2. UGM 3

PEPA	Masa Cu Cabeza	Masa Cu Concentrado
Masa Cu Cabeza	0,4	0,32
Masa Cu Concentrado	0,32	0,27
ESF1	Masa Cu Cabeza	Masa Cu Concentrado
Masa Cu Cabeza	0,55	0,00
Masa Cu Concentrado	0,00	0,01
ESF2	Masa Cu Cabeza	Masa Cu Concentrado
Masa Cu Cabeza	0,95	0,75
Masa Cu Concentrado	0,75	0,75
ESF4	Masa Cu Cabeza	Masa Cu Concentrado
Masa Cu Cabeza	1,5	1,19
Masa Cu Concentrado	1,19	1,02
ESF4	Masa Cu Cabeza	Masa Cu Concentrado
Masa Cu Cabeza	2,45	1,64
Masa Cu Concentrado	1,64	1,10

Tabla 55: Mesetas Variograma Caso 2. UGM 3

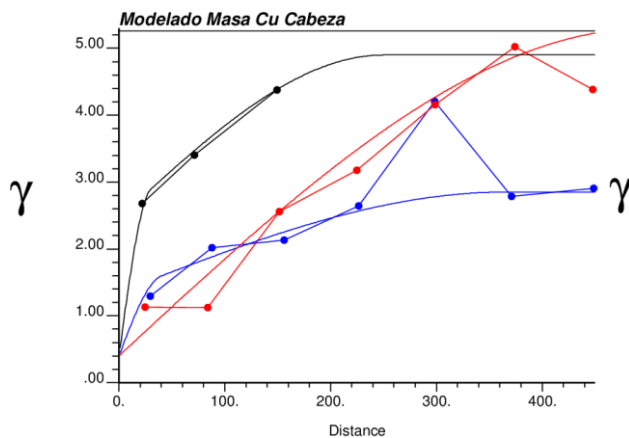


Ilustración 324: Variograma Modelado Directo Masa Cu Cabeza. UGM 3

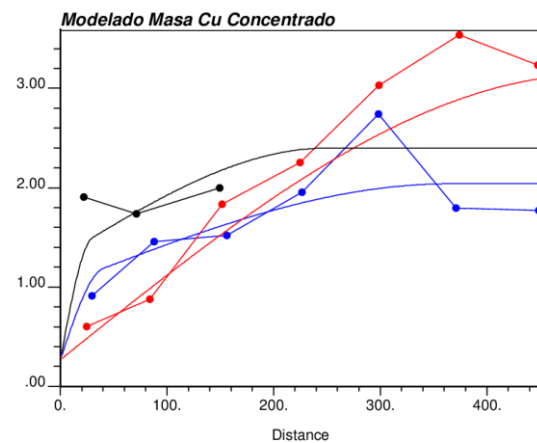


Ilustración 325: Variograma Modelado Directo Masa Cu Concentrado. UGM 3

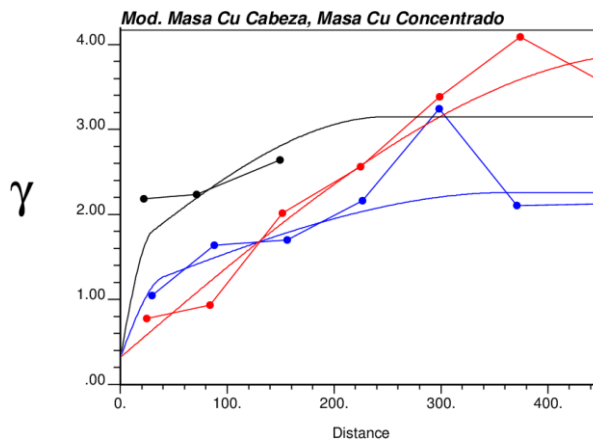


Ilustración 326: Variograma Modelado Cruzado Masa Cu Cabeza, Masa Cu Concentrado. UGM 3

11.11.3.3. Caso 3

Nomenclatura	Azimut [°]	Dip [°]
Rojo	0	0
Rojo	90	0
Negro	0	90

Tabla 56: Direcciones de variogramas experimentales. Caso 3. UGM 3

Estructura	Alcance Horizontal 1 (m)	Alcance Horizontal 2 (m)	Alcance Vertical (m)	Meseta
Pepita	0	0	0	0,01
GAUSS1	240	240	180	0,33

Tabla 57: Modelos, alcances y mesetas. Caso 3. UGM 3

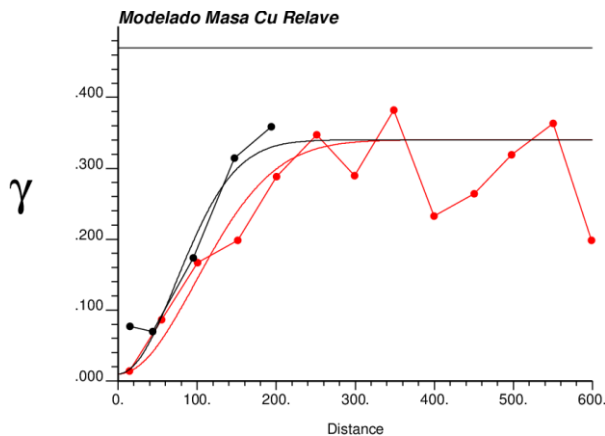


Ilustración 327: Variograma Modelado. Masa Cu Relave. UGM 3

11.11.3.4. Caso 4

Nomenclatura	Azimut [°]	Dip [°]
Rojo	0	0
Rojo	90	0
Rojo	0	90

Tabla 58: Direcciones de variogramas experimentales. Caso 4. UGM 3

Estructura	Alcance Horizontal 1 (m)	Alcance Horizontal 2 (m)	Alcance Vertical (m)	Meseta
Pepita	0	0	0	425
ESF1	650	650	650	425

Tabla 59: Modelos, alcances y mesetas Variograma Caso 4. UGM 3

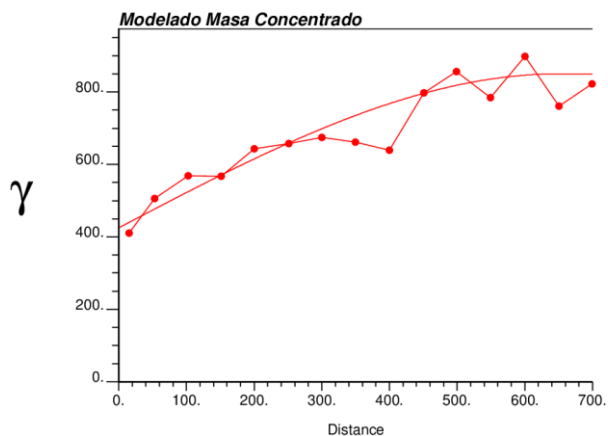


Ilustración 328: Variograma Modelado Directo Masa Concentrado. UGM 3

11.11.3.5. Caso 5

Nomenclatura	Azimut [°]	Dip [°]
Azul	105	0
Rojo	15	30
Negro	15	-60

Tabla 60: Direcciones de variogramas experimentales. Caso 5. UGM 3

Estructura	Alcance Horizontal 1 (m)	Alcance Horizontal 2 (m)	Alcance Vertical (m)	Meseta
Pepita	0	0	0	3
ESF1	360	430	150	3,5
ESF2	∞	430	150	4,42

Tabla 61: Modelos, alcances y mesetas. Caso 5. UGM 3

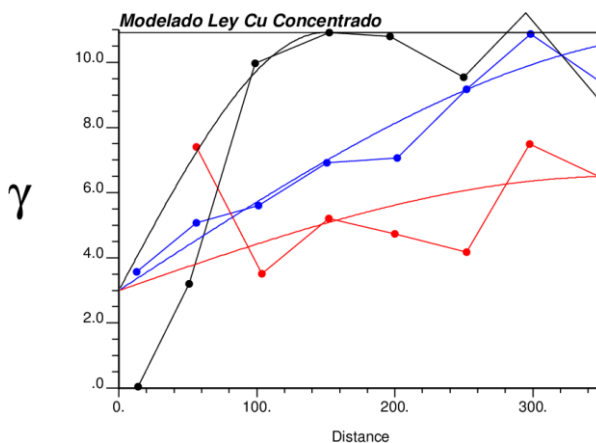


Ilustración 329: Variograma Modelado. Ley Cu Concentrado. UGM 3

11.11.3.6. Caso 6

Nomenclatura	Azimut [°]	Dip [°]
Rojo	0	0
Rojo	90	0
Rojo	0	90

Tabla 62: Direcciones de variogramas experimentales. Caso 6. UGM 3

Estructura	Alcance Horizontal 1 (m)	Alcance Horizontal 2 (m)	Alcance Vertical (m)	Meseta
Pepita	0	0	0	0,001
ESF1	320	320	320	0,0045

Tabla 63: Modelos, alcances y mesetas. Caso 6. UGM 3

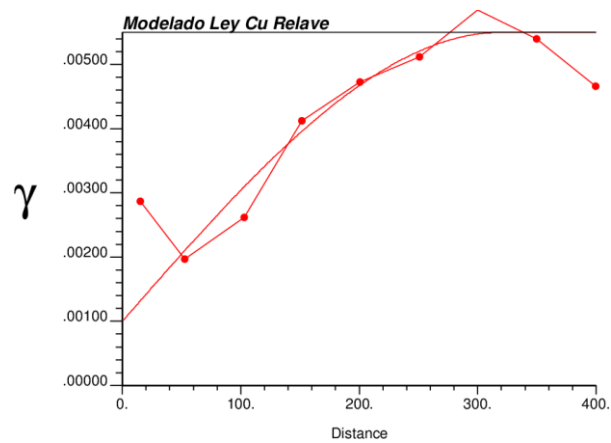


Ilustración 330: Variograma Modelado. Ley Cu Relave. UGM 3

11.11.4. UGM 4

11.11.4.1. Caso 1

Nomenclatura	Azimut [°]	Dip [°]
Azul	165	0
Rojo	75	0
Negro	0	90

Tabla 64: Direcciones de variogramas experimentales. Caso 1. UGM 4

Estructura	Alcance Horizontal 1 (m)	Alcance Horizontal 2 (m)	Alcance Vertical (m)	Meseta
Pepita	0	0	0	2
EXP1	150	85	150	28
ESF1	∞	85	150	4
ESF2	∞	85	∞	12

Tabla 65: Modelos, alcances y mesetas. Caso 1. UGM 4

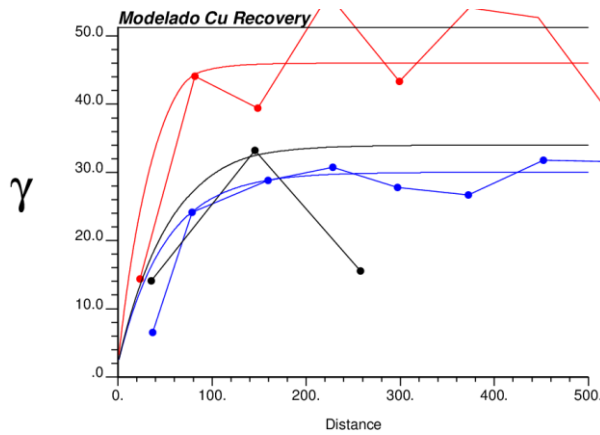


Ilustración 331: Variograma Modelado. Recuperación Cu. UGM 4

11.11.4.2. Caso 2

Nomenclatura	Azimut [°]	Dip [°]
Azul	45	0
Rojo	135	0
Negro	0	90

Tabla 66: Direcciones de variogramas experimentales. Caso 2. UGM 4

Estructura	Alcance Horizontal 1 (m)	Alcance Horizontal 2 (m)	Alcance Vertical (m)
Pepita	0	0	0
ESF1	∞	30	∞
ESF2	∞	400	∞
EXP1	500	∞	∞
ESF3	∞	∞	30

Tabla 67: Alcances Variograma Caso 2. UGM 4

PEPA	Masa Cu Cabeza	Masa Cu Concentrado
Masa Cu Cabeza	1	0,95
Masa Cu Concentrado	0,95	0,93
ESF1	Masa Cu Cabeza	Masa Cu Concentrado
Masa Cu Cabeza	2,5	2,38
Masa Cu Concentrado	2,38	2,32
ESF2	Masa Cu Cabeza	Masa Cu Concentrado
Masa Cu Cabeza	6	5,71
Masa Cu Concentrado	5,71	5,58
EXP1	Masa Cu Cabeza	Masa Cu Concentrado
Masa Cu Cabeza	8,2	7,30
Masa Cu Concentrado	7,30	7,50
ESF3	Masa Cu Cabeza	Masa Cu Concentrado
Masa Cu Cabeza	8,4	7,99
Masa Cu Concentrado	7,99	7,81

Tabla 68: Mesetas Variograma Caso 2. UGM 4

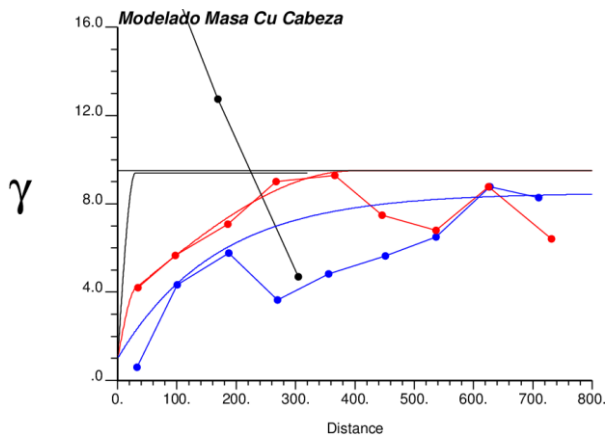


Ilustración 332: Variograma Modelado Directo Masa Cu Cabeza. UGM 4

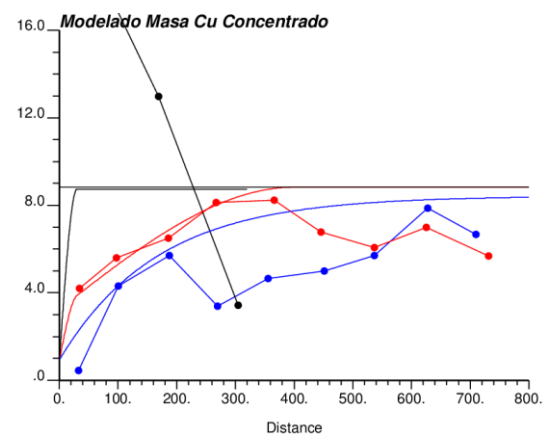


Ilustración 333: Variograma Modelado Directo Masa Cu Concentrado. UGM 4

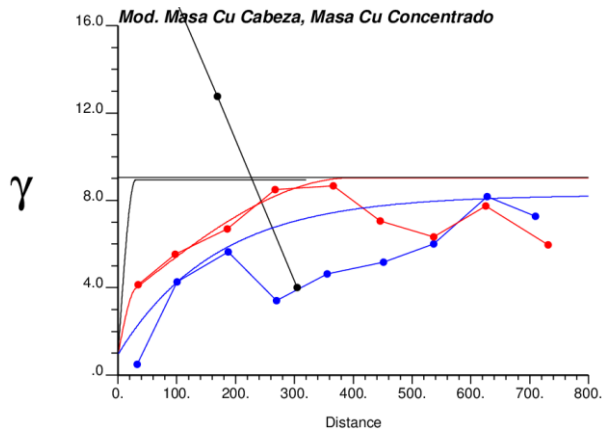


Ilustración 334: Variograma Modelado Cruzado Masa Cu Cabeza, Masa Cu Concentrado. UGM 4

11.11.4.3. Caso 3

Nomenclatura	Azimut [°]	Dip [°]
Azul	90	0
Rojo	0	30
Negro	0	-60

Tabla 69: Direcciones de variogramas experimentales. Caso 3. UGM 4

Estructura	Alcance Horizontal 1 (m)	Alcance Horizontal 2 (m)	Alcance Vertical (m)	Meseta
Pepita	0	0	0	0,01
ESF1	300	80	200	0,15
ESF2	∞	80	200	0,023
ESF3	∞	350	200	0,07

Tabla 70: Modelos, alcances y mesetas. Caso 3. UGM 4

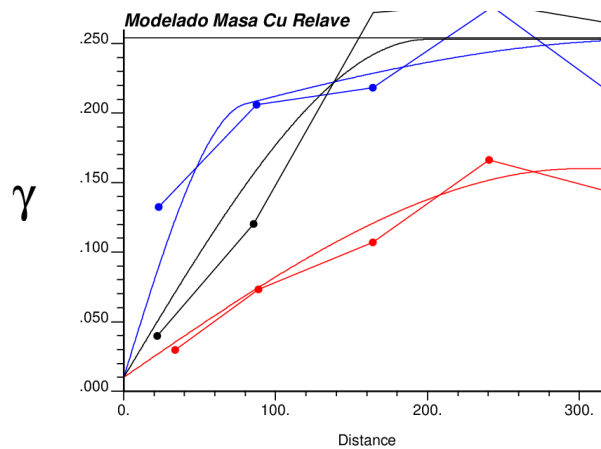


Ilustración 335: Variograma Modelado. Masa Cu Relave. UGM 4

11.11.4.4. Caso 4

Nomenclatura	Azimut [°]	Dip [°]
Rojo	0	0
Rojo	90	0
Negro	0	90

Tabla 71: Direcciones de variogramas experimentales. Caso 4. UGM 4

Estructura	Alcance Horizontal 1 (m)	Alcance Horizontal 2 (m)	Alcance Vertical (m)	Meseta
Pepita	0	0	0	1800
ESF1	1500	1500	20	3382

Tabla 72: Modelos, alcances y mesetas Variograma Caso 4. UGM 4

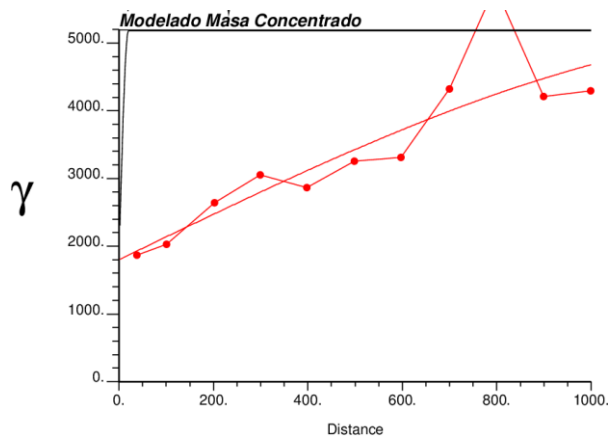


Ilustración 336: Variograma Modelado Directo Masa Concentrado. UGM 4

11.11.4.5. Caso 5

Nomenclatura	Azimut [°]	Dip [°]
Azul	120	0
Rojo	30	60
Negro	30	-30

Tabla 73: Direcciones de variogramas experimentales. Caso 5. UGM 4

Estructura	Alcance Horizontal 1 (m)	Alcance Horizontal 2 (m)	Alcance Vertical (m)	Meseta
Pepita	0	0	0	1,7
GAUSS1	350	400	450	3,2
GAUSS2	350	400	∞	0,4
ESF1	∞	75	∞	2,4

Tabla 74: Modelos, alcances y mesetas. Caso 5. UGM 4

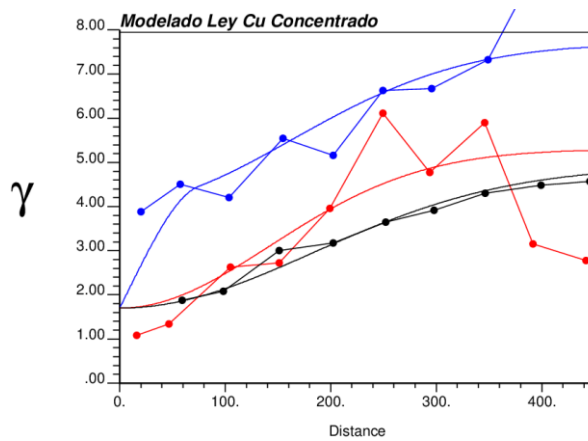


Ilustración 337: Variograma Modelado. Ley Cu Concentrado. UGM 4

11.11.4.6. Caso 6

Nomenclatura	Azimut [°]	Dip [°]
Azul	105	0
Rojo	15	45
Negro	15	-45

Tabla 75: Direcciones de variogramas experimentales. Caso 6. UGM 4

Estructura	Alcance Horizontal 1 (m)	Alcance Horizontal 2 (m)	Alcance Vertical (m)	Meseta
Pepita	0	0	0	0,0004
ESF1	525	80	220	0,00259

Tabla 76: Modelos, alcances y mesetas. Caso 6. UGM 4

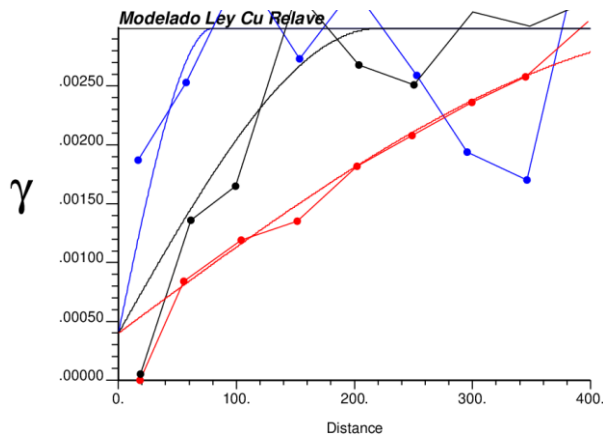


Ilustración 338: Variograma Modelado. Ley Cu Relave. UGM 4

11.11.5. UGM 5

11.11.5.1. Caso 1

Nomenclatura	Azimut [°]	Dip [°]
Rojo	0	0
Rojo	90	0
Rojo	0	90

Tabla 77: Direcciones de variogramas experimentales. Caso 1. UGM 5

Estructura	Alcance Horizontal 1 (m)	Alcance Horizontal 2 (m)	Alcance Vertical (m)	Meseta
Pepita	0	0	0	4
ESF1	120	120	120	42

Tabla 78: Modelos, alcances y mesetas. Caso 1. UGM 5

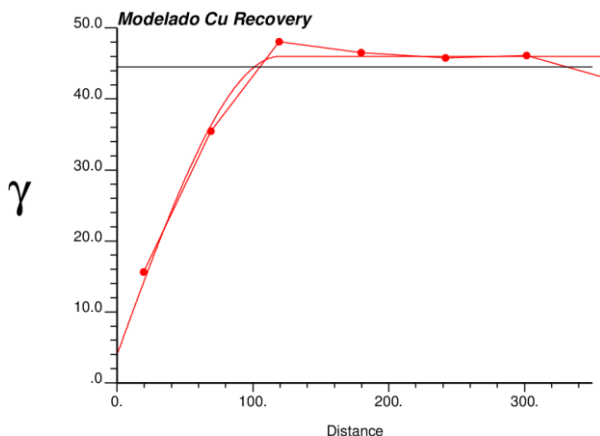


Ilustración 339: Variograma Modelado. Recuperación Cu. UGM 5

11.11.5.2. Caso 2

Nomenclatura	Azimut [°]	Dip [°]
Rojo	0	0
Rojo	90	0
Rojo	0	90

Tabla 79: Direcciones de variogramas experimentales. Caso 2. UGM 5

Estructura	Alcance Horizontal 1 (m)	Alcance Horizontal 2 (m)	Alcance Vertical (m)
Pepita	0	0	0
ESF1	240	240	240
ESF1	800	800	800

Tabla 80: Alcances Variograma Caso 2. UGM 5

PEPA	Masa Cu Cabeza	Masa Cu Concentrado
Masa Cu Cabeza	5	4,4
Masa Cu Concentrado	4,4	4,3
ESF1	Masa Cu Cabeza	Masa Cu Concentrado
Masa Cu Cabeza	13	11
Masa Cu Concentrado	11	9,4
ESF2	Masa Cu Cabeza	Masa Cu Concentrado
Masa Cu Cabeza	1,7	0,41
Masa Cu Concentrado	0,41	0,1

Tabla 81: Mesetas Variograma Caso 2. UGM 5

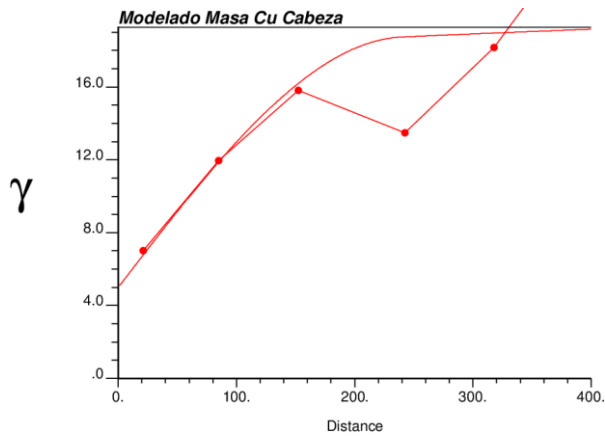


Ilustración 340: Variograma Modelado Directo Masa Cu Cabeza. UGM 5

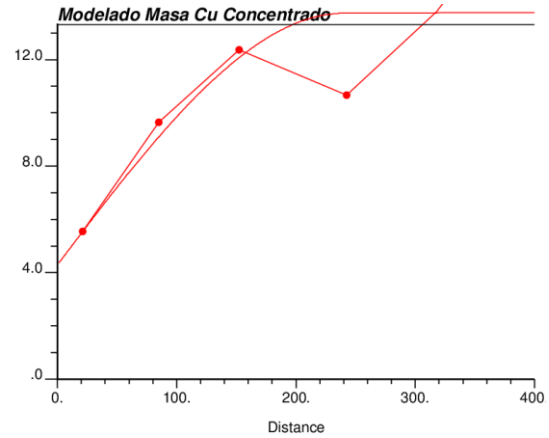


Ilustración 341: Variograma Modelado Directo Masa Cu Concentrado. UGM 5

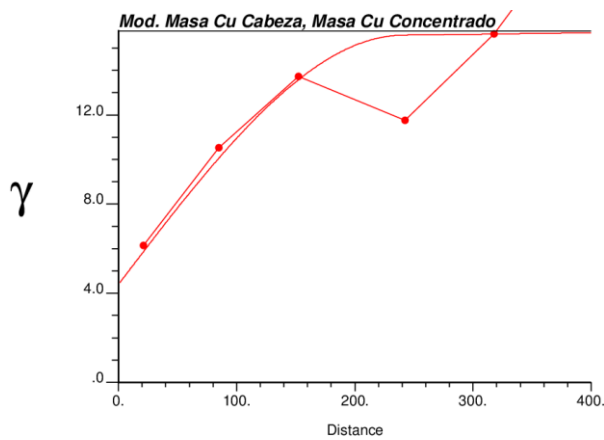


Ilustración 342: Variograma Modelado Cruzado Masa Cu Cabeza, Masa Cu Concentrado. UGM 5

11.11.5.3. Caso 3

Nomenclatura	Azimut [°]	Dip [°]
Rojo	0	0
Rojo	90	0
Rojo	0	90

Tabla 82: Direcciones de variogramas experimentales. Caso 3. UGM 5

Estructura	Alcance Horizontal 1 (m)	Alcance Horizontal 2 (m)	Alcance Vertical (m)	Meseta
Pepita	0	0	0	0,08
EXP1	400	400	400	0,817

Tabla 83: Modelos, alcances y mesetas. Caso 3. UGM 5

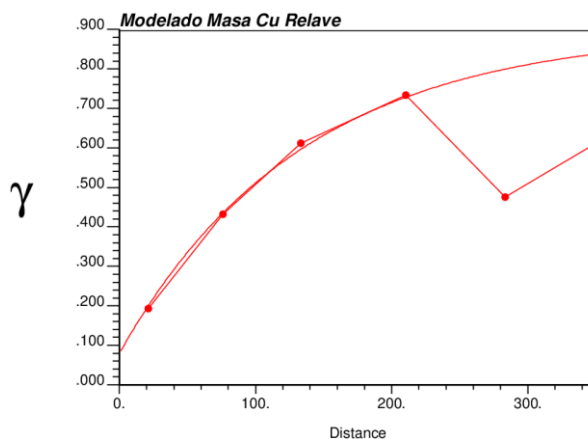


Ilustración 343: Variograma Modelado. Masa Cu Relave. UGM 5

11.11.5.4. Caso 4

Nomenclatura	Azimet [°]	Dip [°]
Rojo	0	0
Rojo	90	0
Rojo	0	90

Tabla 84: Direcciones de variogramas experimentales. Caso 4. UGM 5

Estructura	Alcance Horizontal 1 (m)	Alcance Horizontal 2 (m)	Alcance Vertical (m)	Meseta
Pepita	0	0	0	100
EXP1	20	20	20	473
ESF1	550	550	550	186,48

Tabla 85: Modelos, alcances y mesetas Variograma Caso 4. UGM 5

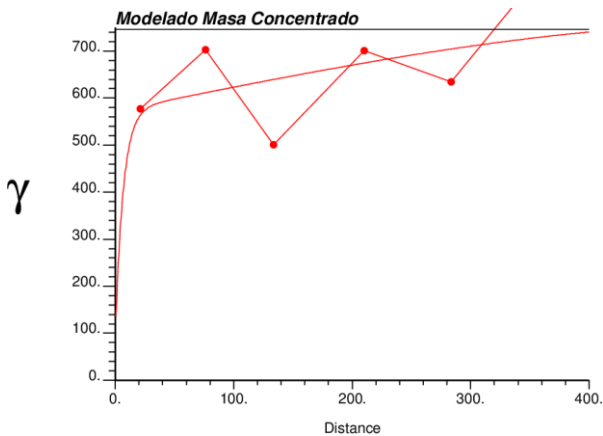


Ilustración 344: Variograma Modelado Directo Masa Concentrado. UGM 5

11.11.5.5. Caso 5

Nomenclatura	Azimut [°]	Dip [°]
Rojo	0	0
Rojo	90	0
Rojo	0	90

Tabla 86: Direcciones de variogramas experimentales. Caso 5. UGM 5

Estructura	Alcance Horizontal 1 (m)	Alcance Horizontal 2 (m)	Alcance Vertical (m)
Pepita	0	0	0
ESF1	280	280	280

Tabla 87: Alcances Variograma Caso 5. UGM 5

PEPA	Ley Cu Concentrado	Ley Cu Cabeza	Cu/Fe
Ley Cu Concentrado	8	0,4	0,175
Ley Cu Cabeza	0,40	0,055	0,025
Cu/Fe	0,18	0,03	0,016

ESF1	Ley Cu Concentrado	Ley Cu Cabeza	Cu/Fe
Ley Cu Concentrado	25,73	1,67	1,1
Ley Cu Cabeza	1,67	0,14	0,08
Cu/Fe	1,10	0,08	0,063

Tabla 88: Mesetas Variograma Caso 5. UGM 5

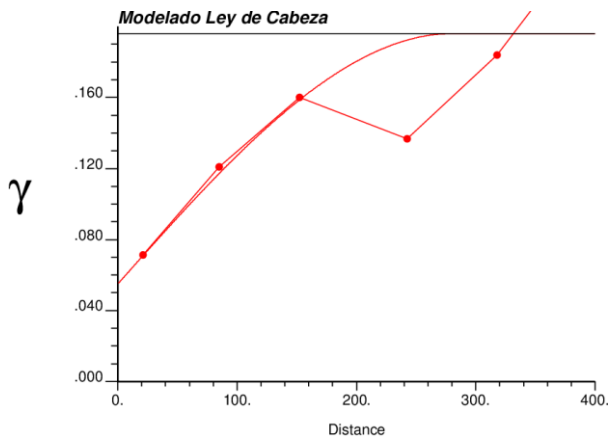


Ilustración 345: Variograma Modelado Directo Ley Cu Cabeza. UGM 5

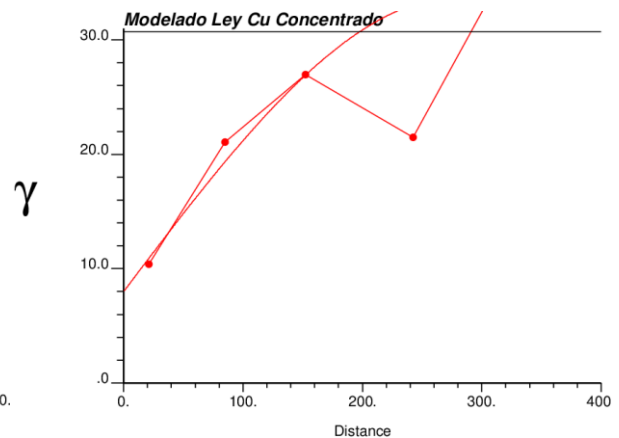


Ilustración 346: Variograma Modelado Directo Ley Cu Concentrado. UGM 5

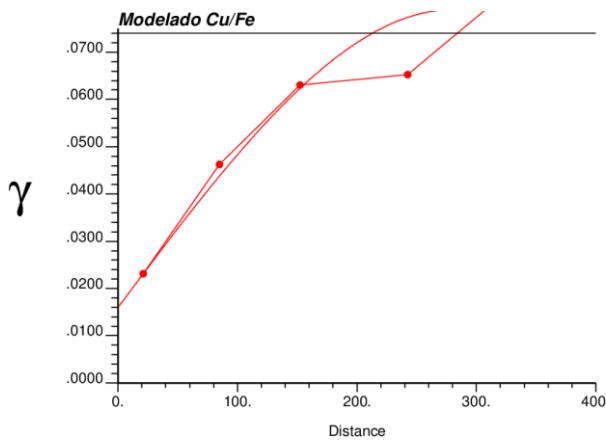


Ilustración 347: Variograma Modelado Directo Cu/Fe. UGM 5

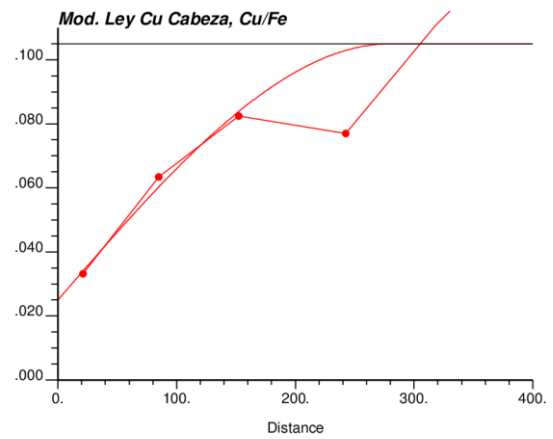


Ilustración 348: Variograma Modelado Cruzado Ley Cu Cabeza, Cu/Fe. UGM 5

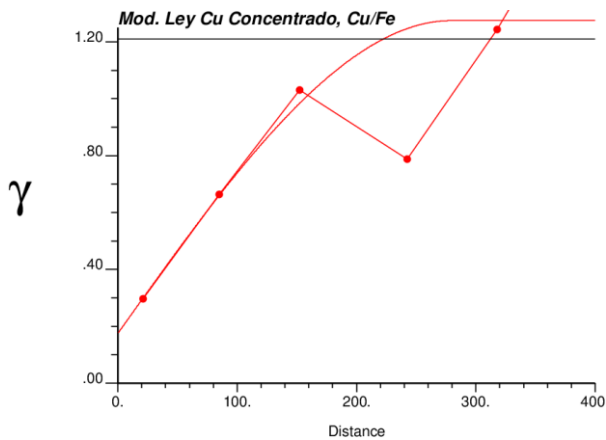


Ilustración 349: Variograma Modelado Cruzado Ley Cu Concentrado, Cu/Fe UGM 5

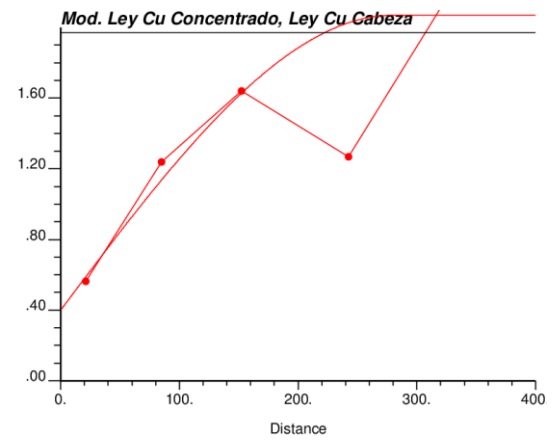


Ilustración 350: Variograma Modelado Cruzado Ley Cu Concentrado, Ley Cu Cabeza UGM 5

11.11.5.6. Caso 6

Nomenclatura	Azimut [°]	Dip [°]
Rojo	0	0
Rojo	90	0
Rojo	0	90

Tabla 89: Direcciones de variogramas experimentales. Caso 6. UGM 5

Estructura	Alcance Horizontal 1 (m)	Alcance Horizontal 2 (m)	Alcance Vertical (m)	Meseta
Pepita	0	0	0	0,001
EXP1	400	400	400	0,0092

Tabla 90: Modelos, alcances y mesetas. Caso 6. UGM 5

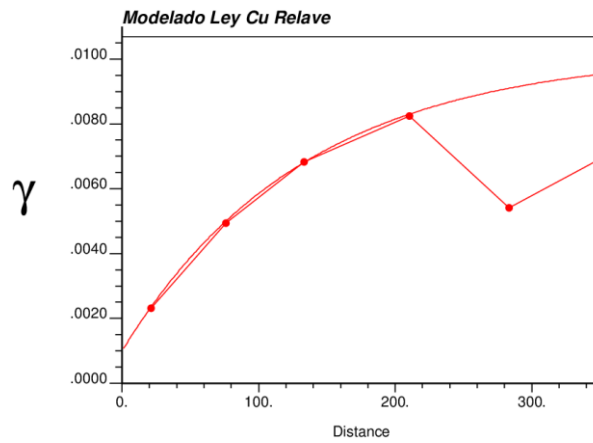


Ilustración 351: Variograma Modelado. Ley Cu Relave. UGM 5

11.11.6. UGM 6

11.11.6.1. Caso 1

Nomenclatura	Azimut [°]	Dip [°]
Rojo	0	0
Rojo	90	0
Negro	0	90

Tabla 91: Direcciones de variogramas experimentales. Caso 1. UGM 6

Estructura	Alcance Horizontal 1 (m)	Alcance Horizontal 2 (m)	Alcance Vertical (m)	Meseta
Pepita	0	0	0	1
GAUSS1	200	200	200	17
ESF1	200	200	∞	17,6

Tabla 92: Modelos, alcances y mesetas. Caso 1. UGM 6

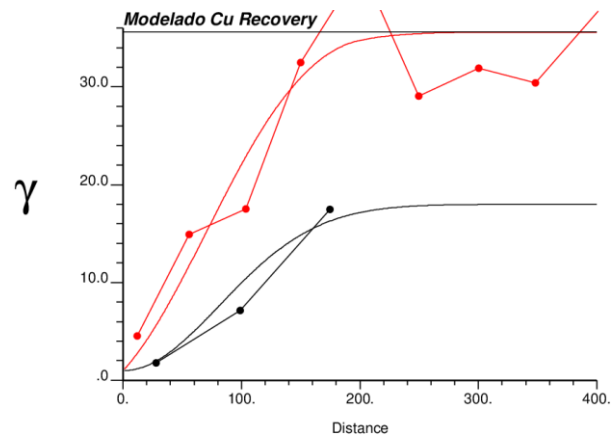


Ilustración 352: Variograma Modelado. Recuperación Cu. UGM 6

11.11.6.2. Caso 2

Nomenclatura	Azimut [°]	Dip [°]
Rojo	0	0
Rojo	90	0
Rojo	0	90

Tabla 93: Direcciones de variogramas experimentales. Caso 2. UGM 6

Estructura	Alcance Horizontal 1 (m)	Alcance Horizontal 2 (m)	Alcance Vertical (m)
Pepita	0	0	0
ESF1	240	240	240
ESF1	800	800	800

Tabla 94: Alcances Variograma Caso 2. UGM 6

PEPA	Masa Cu Cabeza	Masa Cu Concentrado
Masa Cu Cabeza	2,75	2,4
Masa Cu Concentrado	2,4	2,4

ESF1	Masa Cu Cabeza	Masa Cu Concentrado
Masa Cu Cabeza	7,4	6,42
Masa Cu Concentrado	6,42	5,58

Tabla 95: Mesetas Variograma Caso 2. UGM 6

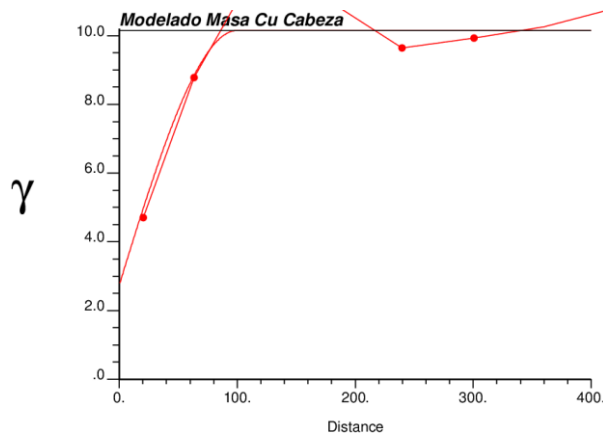


Ilustración 353: Variograma Modelado Directo Masa Cu Cabeza. UGM 6

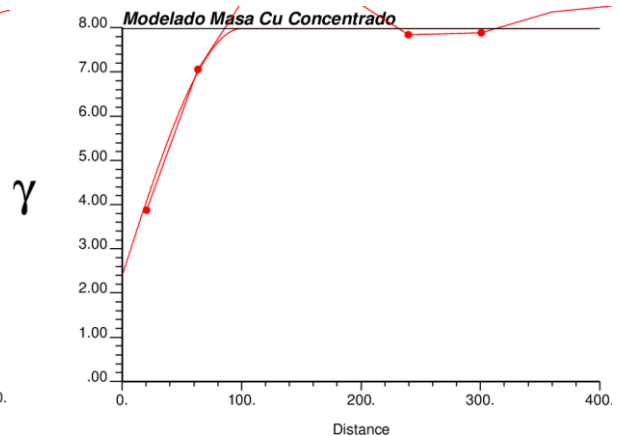


Ilustración 354: Variograma Modelado Directo Masa Cu Concentrado. UGM 6

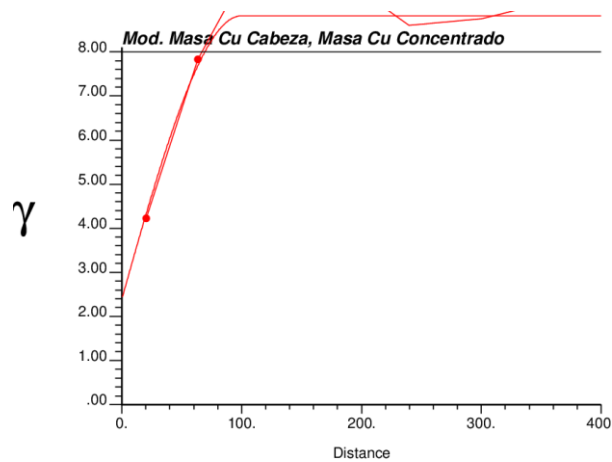


Ilustración 355: Variograma Modelado Cruzado Masa Cu Cabeza, Masa Cu Concentrado. UGM 6

11.11.6.3. Caso 3

Nomenclatura	Azimut [°]	Dip [°]
Rojo	0	0
Rojo	90	0
Negro	0	90

Tabla 96: Direcciones de variogramas experimentales. Caso 3. UGM 6

Estructura	Alcance Horizontal 1 (m)	Alcance Horizontal 2 (m)	Alcance Vertical (m)	Meseta
Pepita	0	0	0	0,04
EXP1	150	150	280	0,25

Tabla 97: Modelos, alcances y mesetas. Caso 3. UGM 6

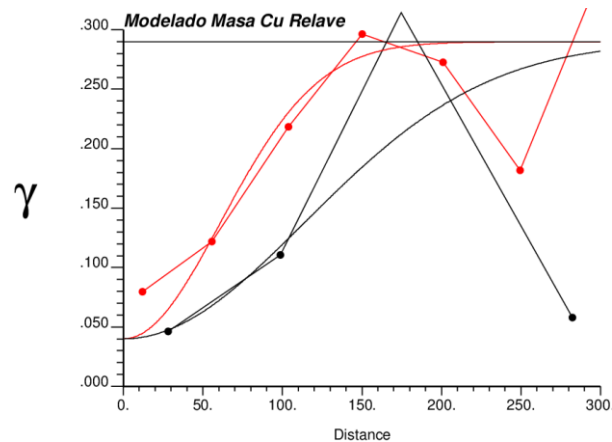


Ilustración 356: Variograma Modelado. Masa Cu Relave. UGM 6

11.11.6.4. Caso 4

Nomenclatura	Azimut [°]	Dip [°]
Rojo	0	0
Rojo	90	0
Negro	0	90

Tabla 98: Direcciones de variogramas experimentales. Caso 4. UGM 6

Estructura	Alcance Horizontal 1 (m)	Alcance Horizontal 2 (m)	Alcance Vertical (m)	Meseta
Pepita	0	0	0	100
EXP1	215	215	250	550
EXP2	215	215	∞	495,34

Tabla 99: Modelos, alcances y mesetas Variograma Caso 4. UGM 6

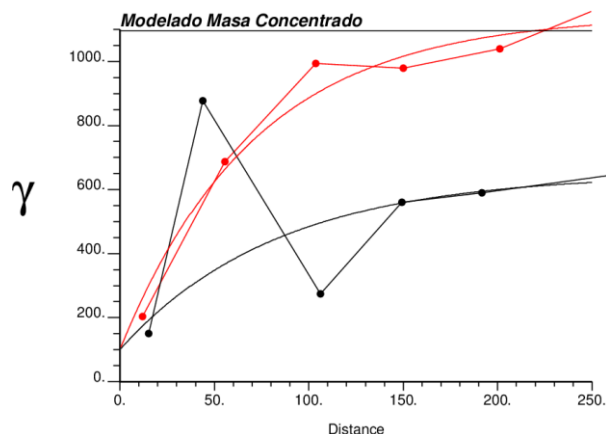


Ilustración 357: Variograma Modelado Directo Masa Concentrado. UGM 6

11.11.6.5. Caso 5

Nomenclatura	Azimut [°]	Dip [°]
Rojo	0	0
Rojo	90	0
Rojo	0	90

Tabla 100: Direcciones de variogramas experimentales. Caso 5. UGM 6

Estructura	Alcance Horizontal 1 (m)	Alcance Horizontal 2 (m)	Alcance Vertical (m)	Meseta
Pepita	0	0	0	7
ESF1	200	200	200	6,97

Tabla 101: Modelos, alcances y mesetas. Caso 5. UGM 6

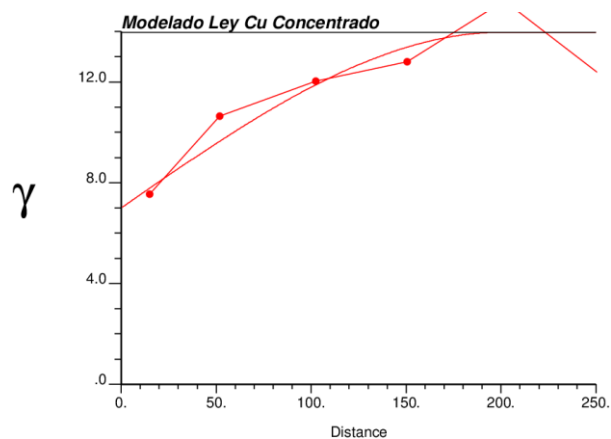


Ilustración 358: Variograma Modelado. Ley Cu Concentrado. UGM 6

11.11.6.6. Caso 6

Nomenclatura	Azimut [°]	Dip [°]
Rojo	0	0
Rojo	90	0
Rojo	0	90

Tabla 102: Direcciones de variogramas experimentales. Caso 6. UGM 6

Estructura	Alcance Horizontal 1 (m)	Alcance Horizontal 2 (m)	Alcance Vertical (m)	Meseta
Pepita	0	0	0	0,0012
EXP1	200	200	200	0,0022

Tabla 103: Modelos, alcances y mesetas. Caso 6. UGM 6

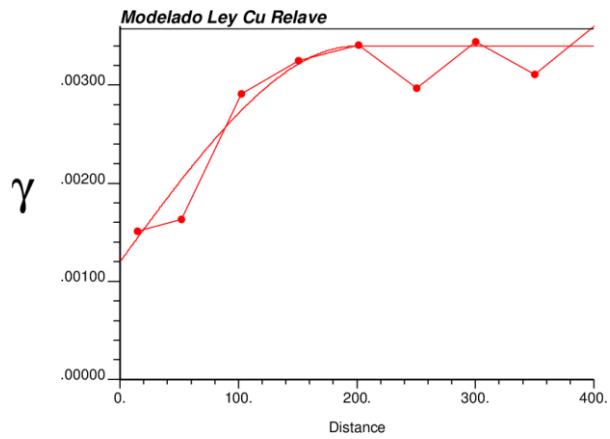


Ilustración 359: Variograma Modelado. Ley Cu Relave. UGM 6

11.12. Validación Cruzada UGM 1

Recuperación Cu						
	Media Error	Media Error Estandarizado	Pendiente	Intersección	R2	Datos Robustos
3x Oct	-0,03	-0,01	0,62	33,07	0,56	97,66%
4x Oct	-0,04	-0,01	0,62	33,26	0,55	97,51%
5x Oct	-0,04	-0,01	0,62	33,30	0,55	97,59%
24 Max	-0,01	0,00	0,63	32,87	0,56	97,51%
32 Max	-0,01	0,00	0,63	32,79	0,56	97,66%
40 Max	-0,01	0,00	0,63	32,92	0,56	97,66%

Tabla 104: Resumen Validación Cruzada. Recuperación Cu. UGM 1

Masa Cu Concentrado						
	Media Error	Media Error Estandarizado	Pendiente	Intersección	R2	Datos Robustos
3x Oct	0,05	0,01	0,61	3,97	0,53	96,91%
4x Oct	0,05	0,01	0,61	3,97	0,53	96,99%
5x Oct	0,07	0,01	0,61	4,02	0,52	96,91%
24 Max	0,06	0,01	0,61	4,01	0,52	96,91%
32 Max	0,06	0,01	0,61	4,02	0,52	96,83%
40 Max	0,06	0,01	0,61	4,02	0,52	96,91%

Tabla 105: Resumen Validación Cruzada. Masa Cu Concentrado. UGM 1

Masa Cu Cabeza						
	Media Error	Media Error Estandarizado	Pendiente	Intersección	R2	Datos Robustos
3x Oct	0,09	0,02	0,63	4,22	0,56	96,95%
4x Oct	0,04	0,01	0,63	4,19	0,56	97,08%
5x Oct	0,11	0,02	0,64	4,15	0,56	96,86%
24 Max	0,13	0,02	0,63	4,27	0,55	96,83%
32 Max	0,12	0,02	0,62	4,33	0,54	96,79%
40 Max	0,10	0,02	0,62	4,32	0,54	96,79%

Tabla 106: Resumen Validación Cruzada. Masa Cu Cabeza. UGM 1

Masa Cu Relave						
	Media Error	Media Error Estandarizado	Pendiente	Intersección	R2	Datos Robustos
3x Oct	0,05	0,01	0,61	4,42	0,54	96,76%
4x Oct	0,05	0,01	0,61	4,41	0,54	96,83%
5x Oct	0,07	0,01	0,61	4,46	0,53	96,76%
24 Max	0,06	0,01	0,61	4,45	0,53	96,68%
32 Max	0,06	0,01	0,61	4,46	0,53	96,61%
40 Max	0,06	0,01	0,61	4,46	0,53	96,68%

Tabla 107: Resumen Validación Cruzada. Masa Cu Relave. UGM 1

Masa Concentrado						
	Media Error	Media Error Estandarizado	Pendiente	Intersección	R2	Datos Robustos
3x Oct	0,01	0,00	0,39	86,65	0,35	97,14%
4x Oct	-0,02	0,00	0,39	86,52	0,35	97,14%
5x Oct	-0,04	0,00	0,39	86,58	0,35	97,14%
24 Max	-0,09	0,00	0,39	86,60	0,34	97,14%
32 Max	-0,03	0,00	0,39	86,86	0,34	97,22%
40 Max	0,00	0,00	0,39	87,06	0,34	97,14%

Tabla 108: Resumen Validación Cruzada. Masa Concentrado. UGM 1

Ley Cu Concentrado						
	Media Error	Media Error Estandarizado	Pendiente	Intersección	R2	Datos Robustos
3x Oct	0,03	0,01	0,66	2,63	0,58	97,13%
4x Oct	0,03	0,01	0,66	2,61	0,58	97,13%
5x Oct	0,03	0,01	0,66	2,62	0,58	97,05%
24 Max	0,04	0,01	0,66	2,61	0,58	97,13%
32 Max	0,04	0,01	0,66	2,61	0,58	97,05%
40 Max	0,03	0,01	0,66	2,61	0,58	97,28%

Tabla 109: Resumen Validación Cruzada. Ley Cu Concentrado. UGM 1

Ley Cu Cabeza						
	Media Error	Media Error Estandarizado	Pendiente	Intersección	R2	Datos Robustos
3x Oct	0,01	0,01	0,62	0,44	0,54	96,67%
4x Oct	0,01	0,01	0,62	0,44	0,53	96,67%
5x Oct	0,01	0,01	0,62	0,44	0,53	96,75%
24 Max	0,01	0,01	0,62	0,44	0,53	96,75%
32 Max	0,01	0,01	0,62	0,44	0,53	96,75%
40 Max	0,01	0,01	0,62	0,44	0,53	96,75%

Tabla 110: Resumen Validación Cruzada. Ley Cu Cabeza. UGM 1

Cu/Fe						
	Media Error	Media Error Estandarizado	Pendiente	Intersección	R2	Datos Robustos
3x Oct	0,01	0,01	0,59	0,33	0,48	95,77%
4x Oct	0,01	0,01	0,60	0,33	0,48	95,84%
5x Oct	0,01	0,01	0,59	0,33	0,48	95,84%
24 Max	0,01	0,01	0,60	0,33	0,47	95,69%
32 Max	0,01	0,01	0,59	0,33	0,47	95,77%
40 Max	0,01	0,01	0,59	0,33	0,47	95,77%

Tabla 111: Resumen Validación Cruzada. Cu/Fe. UGM 1

Ley Cu Relave						
	Media Error	Media Error Estandarizado	Pendiente	Intersección	R2	Datos Robustos
3x Oct	0,00	0,01	0,47	0,08	0,41	96,85%
4x Oct	0,00	0,01	0,46	0,08	0,41	96,56%
5x Oct	0,00	0,01	0,46	0,08	0,41	96,70%
24 Max	0,00	0,01	0,46	0,08	0,42	96,78%
32 Max	0,00	0,00	0,46	0,08	0,41	96,70%
40 Max	0,00	0,00	0,46	0,08	0,41	96,63%

Tabla 112: Resumen Validación Cruzada. Ley Cu Relave. UGM 1

11.13. Validación Cruzada UGM 2

Recuperación Cu						
	Media Error	Media Error Estandarizado	Pendiente	Intersección	R2	Datos Robustos
3x Oct	-0,10	-0,02	0,49	45,39	0,41	97,70%
4x Oct	-0,09	-0,02	0,48	45,65	0,42	97,70%
5x Oct	-0,08	-0,02	0,48	45,66	0,42	97,62%
24 Max	-0,10	-0,02	0,48	45,86	0,42	97,55%
32 Max	-0,08	-0,02	0,48	46,17	0,42	97,55%
40 Max	-0,08	-0,02	0,48	46,14	0,42	97,55%

Tabla 113: Resumen Validación Cruzada. Recuperación Cu. UGM 2

Masa Cu Concentrado						
	Media Error	Media Error Estandarizado	Pendiente	Intersección	R2	Datos Robustos
3x Oct	0,01	0,00	0,44	4,24	0,40	96,48%
4x Oct	0,01	0,00	0,44	4,26	0,40	96,48%
5x Oct	0,02	0,01	0,44	4,26	0,40	96,48%
24 Max	0,01	0,00	0,44	4,26	0,40	96,48%
32 Max	0,01	0,00	0,44	4,26	0,40	96,48%
40 Max	0,01	0,00	0,44	4,26	0,40	96,40%

Tabla 114: Resumen Validación Cruzada. Masa Cu Concentrado. UGM 2

Masa Cu Cabeza						
	Media Error	Media Error Estandarizado	Pendiente	Intersección	R2	Datos Robustos
3x Oct	0,01	0,00	0,44	4,76	0,40	96,33%
4x Oct	0,01	0,00	0,43	4,78	0,40	96,25%
5x Oct	0,02	0,01	0,43	4,78	0,40	96,40%
24 Max	0,02	0,00	0,43	4,78	0,40	96,33%
32 Max	0,02	0,00	0,43	4,78	0,40	96,40%
40 Max	0,01	0,00	0,43	4,78	0,40	96,40%

Tabla 115: Resumen Validación Cruzada. Masa Cu Cabeza. UGM 2

Masa Cu Relave						
	Media Error	Media Error Estandarizado	Pendiente	Intersección	R2	Datos Robustos
3x Oct	0,01	0,01	0,41	0,55	0,33	97,94%
4x Oct	0,00	0,01	0,41	0,55	0,33	97,94%
5x Oct	0,00	0,01	0,41	0,55	0,33	97,94%
24 Max	0,00	0,01	0,41	0,55	0,33	98,02%
32 Max	0,00	0,01	0,41	0,55	0,33	98,02%
40 Max	0,00	0,01	0,41	0,55	0,33	97,94%

Tabla 116: Resumen Validación Cruzada. Masa Cu Relave. UGM 2

Masa Concentrado						
	Media Error	Media Error Estandarizado	Pendiente	Intersección	R2	Datos Robustos
3x Oct	-0,05	0,00	0,43	65,69	0,36	97,60%
4x Oct	-0,04	0,00	0,43	65,84	0,36	97,60%
5x Oct	0,02	0,00	0,43	65,92	0,36	97,53%
24 Max	0,00	0,00	0,43	65,74	0,36	97,53%
32 Max	0,05	0,00	0,43	65,80	0,37	97,45%
40 Max	0,10	0,00	0,43	65,80	0,37	97,45%

Tabla 117: Resumen Validación Cruzada. Masa Concentrado. UGM 2

Ley Cu Concentrado						
	Media Error	Media Error Estandarizado	Pendiente	Intersección	R2	Datos Robustos
3x Oct	0,01	0,00	0,34	4,67	0,33	96,84%
4x Oct	0,01	0,00	0,34	4,70	0,33	96,91%
5x Oct	0,01	0,00	0,34	4,71	0,34	96,99%
24 Max	0,02	0,01	0,34	4,71	0,34	96,84%
32 Max	0,02	0,01	0,34	4,71	0,34	96,91%
40 Max	0,01	0,00	0,34	4,71	0,34	96,99%

Tabla 118: Resumen Validación Cruzada. Ley Cu Concentrado. UGM 2

Ley Cu Relave						
	Media Error	Media Error Estandarizado	Pendiente	Intersección	R2	Datos Robustos
3x Oct	0,00	0,00	0,35	0,07	0,26	98,02%
4x Oct	0,00	0,00	0,34	0,07	0,26	98,02%
5x Oct	0,00	0,00	0,34	0,07	0,26	98,02%
24 Max	0,00	0,00	0,34	0,07	0,26	98,02%
32 Max	0,00	0,00	0,34	0,07	0,26	98,02%
40 Max	0,00	0,00	0,34	0,07	0,26	98,02%

Tabla 119: Resumen Validación Cruzada. Ley Cu Relave. UGM 2

11.14. Validación Cruzada UGM 3

Recuperación Cu						
	Media Error	Media Error Estandarizado	Pendiente	Intersección	R2	Datos Robustos
3x Oct	-0,15	-0,02	0,43	43,93	0,24	98,51%
4x Oct	-0,14	-0,02	0,43	43,34	0,25	98,51%
5x Oct	-0,21	-0,03	0,43	43,73	0,24	98,08%
24 Max	-0,13	-0,02	0,41	45,38	0,22	98,08%
32 Max	-0,10	-0,01	0,40	45,87	0,22	98,08%
40 Max	-0,14	-0,02	0,41	45,08	0,24	97,65%

Tabla 120: Resumen Validación Cruzada. Recuperación Cu. UGM 3

Masa Cu Concentrado						
	Media Error	Media Error Estandarizado	Pendiente	Intersección	R2	Datos Robustos
3x Oct	-0,02	-0,01	0,36	2,71	0,25	95,99%
4x Oct	-0,02	-0,01	0,36	2,69	0,26	96,20%
5x Oct	-0,01	-0,01	0,36	2,70	0,25	95,99%
24 Max	-0,03	-0,02	0,37	2,66	0,26	96,20%
32 Max	-0,02	-0,01	0,37	2,67	0,26	96,20%
40 Max	-0,01	-0,01	0,37	2,69	0,26	96,20%

Tabla 121: Resumen Validación Cruzada. Masa Cu Concentrado. UGM 3

Masa Cu Cabeza						
	Media Error	Media Error Estandarizado	Pendiente	Intersección	R2	Datos Robustos
3x Oct	-0,02	-0,01	0,36	3,54	0,25	96,20%
4x Oct	-0,02	-0,01	0,36	3,53	0,25	95,99%
5x Oct	-0,01	-0,01	0,36	3,54	0,25	95,99%
24 Max	-0,03	-0,02	0,37	3,47	0,26	95,99%
32 Max	-0,03	-0,01	0,37	3,49	0,26	96,20%
40 Max	-0,02	-0,01	0,36	3,52	0,25	96,20%

Tabla 122: Resumen Validación Cruzada. Masa Cu Cabeza. UGM 3

Masa Cu Relave						
	Media Error	Media Error Estandarizado	Pendiente	Intersección	R2	Datos Robustos
3x Oct	0,00	-0,01	0,42	0,72	0,27	97,20%
4x Oct	-0,01	-0,01	0,42	0,72	0,28	97,20%
5x Oct	-0,01	-0,02	0,42	0,72	0,28	97,20%
24 Max	-0,01	-0,02	0,41	0,72	0,27	97,20%
32 Max	-0,01	-0,01	0,42	0,72	0,28	97,20%
40 Max	0,00	-0,01	0,42	0,72	0,28	97,20%

Tabla 123: Resumen Validación Cruzada. Masa Cu Relave. UGM 3

Masa Concentrado						
	Media Error	Media Error Estandarizado	Pendiente	Intersección	R2	Datos Robustos
3x Oct	0,09	0,00	0,32	53,14	0,29	97,90%
4x Oct	0,03	0,00	0,32	53,33	0,29	97,90%
5x Oct	0,05	0,00	0,32	53,06	0,30	97,90%
24 Max	0,03	0,00	0,33	51,89	0,30	97,90%
32 Max	0,13	0,01	0,33	52,61	0,30	97,90%
40 Max	0,20	0,01	0,32	52,92	0,30	97,90%

Tabla 124: Resumen Validación Cruzada. Masa Concentrado. UGM 3

Ley Cu Concentrado						
	Media Error	Media Error Estandarizado	Pendiente	Intersección	R2	Datos Robustos
3x Oct	-0,05	-0,02	0,52	2,95	0,47	96,80%
4x Oct	-0,04	-0,02	0,52	2,96	0,47	97,01%
5x Oct	-0,04	-0,02	0,52	2,96	0,48	97,01%
24 Max	-0,06	-0,02	0,52	2,95	0,48	97,01%
32 Max	-0,06	-0,02	0,52	2,95	0,47	97,01%
40 Max	-0,06	-0,02	0,52	2,94	0,48	97,01%

Tabla 125: Resumen Validación Cruzada. Ley Cu Concentrado. UGM 3

Ley Cu Relave						
	Media Error	Media Error Estandarizado	Pendiente	Intersección	R2	Datos Robustos
3x Oct	0,00	0,00	0,33	0,09	0,24	97,05%
4x Oct	0,00	0,00	0,33	0,09	0,24	97,05%
5x Oct	0,00	0,00	0,34	0,09	0,25	97,05%
24 Max	0,00	0,00	0,33	0,09	0,24	97,05%
32 Max	0,00	0,00	0,33	0,09	0,25	97,05%
40 Max	0,00	0,00	0,34	0,09	0,25	97,05%

Tabla 126: Resumen Validación Cruzada. Ley Cu Relave. UGM 3

11.15. Validación Cruzada UGM 4

Recuperación Cu						
	Media Error	Media Error Estandarizado	Pendiente	Intersección	R2	Datos Robustos
3x Oct	-0,22	-0,04	0,47	44,85	0,34	97,49%
4x Oct	-0,20	-0,03	0,45	46,18	0,32	96,94%
5x Oct	-0,19	-0,03	0,45	46,29	0,32	96,94%
24 Max	-0,19	-0,03	0,45	46,29	0,32	96,94%
32 Max	-0,19	-0,03	0,45	46,29	0,32	96,94%
40 Max	-0,19	-0,03	0,45	46,29	0,32	96,94%

Tabla 127: Resumen Validación Cruzada. Recuperación Cu. UGM 4

Masa Cu Concentrado						
	Media Error	Media Error Estandarizado	Pendiente	Intersección	R2	Datos Robustos
3x Oct	0,00	0,00	0,26	3,98	0,11	95,99%
4x Oct	-0,01	0,00	0,27	3,90	0,12	95,99%
5x Oct	0,02	0,01	0,27	3,93	0,12	95,99%
24 Max	-0,03	-0,01	0,27	3,89	0,11	95,99%
32 Max	-0,01	0,00	0,28	3,86	0,12	95,99%
40 Max	0,00	0,00	0,28	3,88	0,12	95,99%

Tabla 128: Resumen Validación Cruzada. Masa Cu Concentrado. UGM 4

Masa Cu Cabeza						
	Media Error	Media Error Estandarizado	Pendiente	Intersección	R2	Datos Robustos
3x Oct	0,00	0,00	0,31	4,37	0,16	96,26%
4x Oct	-0,01	0,00	0,32	4,28	0,16	96,26%
5x Oct	0,02	0,01	0,32	4,34	0,15	95,99%
24 Max	-0,03	-0,01	0,31	4,30	0,15	95,99%
32 Max	-0,01	0,00	0,32	4,25	0,16	95,99%
40 Max	0,00	0,00	0,32	4,29	0,16	96,26%

Tabla 129: Resumen Validación Cruzada. Masa Cu Cabeza. UGM 4

Masa Cu Relave						
	Media Error	Media Error Estandarizado	Pendiente	Intersección	R2	Datos Robustos
3x Oct	0,01	0,03	0,59	0,39	0,47	97,20%
4x Oct	0,01	0,03	0,59	0,39	0,47	97,20%
5x Oct	0,01	0,03	0,59	0,39	0,47	97,20%
24 Max	0,01	0,03	0,59	0,39	0,47	97,20%
32 Max	0,01	0,03	0,59	0,39	0,47	97,20%
40 Max	0,01	0,03	0,59	0,39	0,47	97,20%

Tabla 130: Resumen Validación Cruzada. Masa Cu Relave. UGM 4

Masa Concentrado						
	Media Error	Media Error Estandarizado	Pendiente	Intersección	R2	Datos Robustos
3x Oct	-0,46	-0,01	0,20	111,79	0,11	96,20%
4x Oct	-0,68	-0,01	0,19	111,94	0,11	96,20%
5x Oct	-0,69	-0,01	0,19	111,84	0,11	96,20%
24 Max	-0,91	-0,01	0,19	111,54	0,11	96,20%
32 Max	-0,67	-0,01	0,20	111,53	0,11	96,20%
40 Max	-0,78	-0,01	0,20	111,30	0,11	96,20%

Tabla 131: Resumen Validación Cruzada. Masa Concentrado. UGM 4

Ley Cu Concentrado						
	Media Error	Media Error Estandarizado	Pendiente	Intersección	R2	Datos Robustos
3x Oct	-0,01	0,00	0,52	2,22	0,44	97,73%
4x Oct	-0,02	-0,01	0,51	2,24	0,44	97,47%
5x Oct	-0,02	-0,01	0,51	2,26	0,43	97,47%
24 Max	-0,02	-0,01	0,51	2,26	0,43	97,47%
32 Max	-0,02	-0,01	0,51	2,25	0,44	97,47%
40 Max	-0,01	0,00	0,51	2,27	0,43	97,47%

Tabla 132: Resumen Validación Cruzada. Ley Cu Concentrado. UGM 4

Ley Cu Relave						
	Media Error	Media Error Estandarizado	Pendiente	Intersección	R2	Datos Robustos
3x Oct	0,00	0,03	0,57	0,05	0,45	96,53%
4x Oct	0,00	0,02	0,57	0,05	0,45	96,53%
5x Oct	0,00	0,02	0,57	0,05	0,45	96,53%
24 Max	0,00	0,02	0,57	0,05	0,45	96,53%
32 Max	0,00	0,02	0,57	0,05	0,45	96,53%
40 Max	0,00	0,02	0,57	0,05	0,45	96,53%

Tabla 133: Resumen Validación Cruzada. Ley Cu Relave. UGM 4

11.16. Validación Cruzada UGM 5

Recuperación Cu						
	Media Error	Media Error Estandarizado	Pendiente	Intersección	R2	Datos Robustos
3x Oct	-0,18	-0,04	0,40	48,93	0,39	98,21%
4x Oct	-0,20	-0,04	0,40	49,24	0,38	98,21%
5x Oct	-0,22	-0,04	0,39	49,43	0,37	98,21%
24 Max	-0,23	-0,05	0,39	49,53	0,37	98,21%
32 Max	-0,23	-0,05	0,39	49,53	0,37	98,21%
40 Max	-0,23	-0,05	0,39	49,53	0,37	98,21%

Tabla 134: Resumen Validación Cruzada. Recuperación Cu. UGM 5

Masa Cu Concentrado						
	Media Error	Media Error Estandarizado	Pendiente	Intersección	R2	Datos Robustos
3x Oct	0,13	0,05	0,48	3,48	0,46	97,06%
4x Oct	0,11	0,04	0,48	3,47	0,46	97,06%
5x Oct	0,11	0,04	0,47	3,51	0,46	97,06%
24 Max	0,14	0,05	0,48	3,50	0,47	97,06%
32 Max	0,14	0,06	0,48	3,49	0,48	97,06%
40 Max	0,13	0,05	0,47	3,53	0,48	97,06%

Tabla 135: Resumen Validación Cruzada. Masa Cu Concentrado. UGM 5

Masa Cu Cabeza						
	Media Error	Media Error Estandarizado	Pendiente	Intersección	R2	Datos Robustos
3x Oct	0,15	0,05	0,52	3,92	0,50	95,59%
4x Oct	0,13	0,05	0,52	3,89	0,50	95,59%
5x Oct	0,13	0,05	0,51	3,94	0,49	97,06%
24 Max	0,17	0,06	0,52	3,92	0,51	97,06%
32 Max	0,16	0,06	0,52	3,89	0,52	97,06%
40 Max	0,15	0,05	0,52	3,92	0,52	97,06%

Tabla 136: Resumen Validación Cruzada. Masa Cu Cabeza. UGM 5

Masa Cu Relave						
	Media Error	Media Error Estandarizado	Pendiente	Intersección	R2	Datos Robustos
3x Oct	0,02	0,05	0,56	0,62	0,59	98,51%
4x Oct	0,03	0,05	0,56	0,63	0,58	98,51%
5x Oct	0,03	0,05	0,56	0,62	0,58	98,51%
24 Max	0,03	0,06	0,56	0,62	0,59	98,51%
32 Max	0,02	0,05	0,56	0,61	0,59	98,51%
40 Max	0,02	0,04	0,57	0,61	0,59	98,51%

Tabla 137: Resumen Validación Cruzada. Masa Cu Relave. UGM 5

Masa Concentrado						
	Media Error	Media Error Estandarizado	Pendiente	Intersección	R2	Datos Robustos
3x Oct	1,56	0,06	0,12	65,39	0,09	98,51%
4x Oct	1,27	0,05	0,12	65,33	0,09	98,51%
5x Oct	1,22	0,05	0,11	65,89	0,09	98,51%
24 Max	0,83	0,03	0,10	66,52	0,08	98,51%
32 Max	0,72	0,03	0,10	66,41	0,07	98,51%
40 Max	0,67	0,03	0,10	66,11	0,08	98,51%

Tabla 138: Resumen Validación Cruzada. Masa Concentrado. UGM 5

Ley Cu Concentrado						
	Media Error	Media Error Estandarizado	Pendiente	Intersección	R2	Datos Robustos
3x Oct	0,02	0,01	0,61	3,98	0,62	96,97%
4x Oct	-0,01	0,00	0,61	3,90	0,63	96,97%
5x Oct	-0,02	-0,01	0,61	3,91	0,63	96,97%
24 Max	-0,01	0,00	0,62	3,84	0,63	96,97%
32 Max	-0,01	0,00	0,61	3,87	0,63	96,97%
40 Max	-0,03	-0,01	0,61	3,86	0,62	96,97%

Tabla 139: Resumen Validación Cruzada. Ley Cu Concentrado. UGM 5

Ley Cu Cabeza						
	Media Error	Media Error Estandarizado	Pendiente	Intersección	R2	Datos Robustos
3x Oct	0,01	0,03	0,49	0,42	0,46	96,97%
4x Oct	0,01	0,03	0,49	0,41	0,45	96,97%
5x Oct	0,01	0,03	0,50	0,41	0,46	96,97%
24 Max	0,01	0,03	0,50	0,41	0,46	96,97%
32 Max	0,01	0,03	0,50	0,41	0,46	96,97%
40 Max	0,01	0,02	0,50	0,41	0,46	96,97%

Tabla 140: Resumen Validación Cruzada. Ley Cu Cabeza. UGM 5

Cu/Fe						
	Media Error	Media Error Estandarizado	Pendiente	Intersección	R2	Datos Robustos
3x Oct	0,01	0,04	0,56	0,24	0,56	96,97%
4x Oct	0,00	0,03	0,57	0,23	0,57	96,97%
5x Oct	0,00	0,02	0,57	0,23	0,57	96,97%
24 Max	0,00	0,01	0,58	0,23	0,58	96,97%
32 Max	0,00	0,02	0,58	0,23	0,57	96,97%
40 Max	0,00	0,01	0,57	0,23	0,57	96,97%

Tabla 141: Resumen Validación Cruzada. Cu/Fe. UGM 5

Ley Cu Relave						
	Media Error	Media Error Estandarizado	Pendiente	Intersección	R2	Datos Robustos
3x Oct	0,00	0,05	0,54	0,07	0,56	97,01%
4x Oct	0,00	0,05	0,54	0,07	0,55	97,01%
5x Oct	0,00	0,06	0,54	0,07	0,56	97,01%
24 Max	0,00	0,06	0,55	0,07	0,56	97,01%
32 Max	0,00	0,05	0,55	0,07	0,57	97,01%
40 Max	0,00	0,05	0,55	0,07	0,57	97,01%

Tabla 142: Resumen Validación Cruzada. Ley Cu Relave. UGM 5

11.17. Validación Cruzada UGM 6

Recuperación Cu						
	Media Error	Media Error Estandarizado	Pendiente	Intersección	R2	Datos Robustos
3x Oct	0,04	0,01	0,57	37,21	0,40	97,55%
4x Oct	0,03	0,01	0,57	37,07	0,41	97,30%
5x Oct	0,04	0,01	0,58	37,04	0,41	97,55%
24 Max	0,04	0,01	0,58	36,73	0,41	97,55%
32 Max	0,04	0,01	0,58	36,81	0,41	97,55%
40 Max	0,04	0,01	0,58	36,84	0,41	97,55%

Tabla 143: Resumen Validación Cruzada. Recuperación Cu. UGM 6

Masa Cu Concentrado						
	Media Error	Media Error Estandarizado	Pendiente	Intersección	R2	Datos Robustos
3x Oct	0,00	0,00	0,35	3,55	0,25	97,14%
4x Oct	0,00	0,00	0,35	3,55	0,26	97,14%
5x Oct	0,00	0,00	0,35	3,54	0,26	97,14%
24 Max	0,00	0,00	0,35	3,54	0,26	97,43%
32 Max	0,00	0,00	0,35	3,54	0,26	97,43%
40 Max	0,00	0,00	0,35	3,54	0,26	97,43%

Tabla 144: Resumen Validación Cruzada. Masa Cu Concentrado. UGM 6

Masa Cu Cabeza						
	Media Error	Media Error Estandarizado	Pendiente	Intersección	R2	Datos Robustos
3x Oct	0,00	0,00	0,36	3,97	0,27	97,14%
4x Oct	0,00	0,00	0,36	3,97	0,27	97,43%
5x Oct	0,00	0,00	0,36	3,97	0,27	97,43%
24 Max	0,00	0,00	0,36	3,97	0,27	97,71%
32 Max	0,00	0,00	0,36	3,97	0,27	97,71%
40 Max	0,00	0,00	0,36	3,97	0,27	97,71%

Tabla 145: Resumen Validación Cruzada. Masa Cu Cabeza. UGM 6

Masa Cu Relave						
	Media Error	Media Error Estandarizado	Pendiente	Intersección	R2	Datos Robustos
3x Oct	-0,01	-0,02	0,49	0,39	0,39	97,73%
4x Oct	-0,01	-0,02	0,49	0,39	0,39	97,23%
5x Oct	-0,01	-0,02	0,49	0,39	0,38	97,23%
24 Max	-0,01	-0,02	0,49	0,39	0,39	97,23%
32 Max	-0,01	-0,02	0,49	0,39	0,39	97,23%
40 Max	-0,01	-0,02	0,49	0,39	0,39	97,23%

Tabla 146: Resumen Validación Cruzada. Masa Cu Relave. UGM 6

Masa Concentrado						
	Media Error	Media Error Estandarizado	Pendiente	Intersección	R2	Datos Robustos
3x Oct	-0,33	-0,01	0,27	55,06	0,14	96,81%
4x Oct	-0,29	-0,01	0,26	55,31	0,14	97,06%
5x Oct	-0,27	-0,01	0,27	55,16	0,14	97,06%
24 Max	-0,25	-0,01	0,26	55,42	0,14	96,81%
32 Max	-0,28	-0,01	0,26	55,42	0,14	96,81%
40 Max	-0,28	-0,01	0,26	55,40	0,14	97,06%

Tabla 147: Resumen Validación Cruzada. Masa Concentrado. UGM 6

Ley Cu Concentrado						
	Media Error	Media Error Estandarizado	Pendiente	Intersección	R2	Datos Robustos
3x Oct	0,06	0,02	0,29	5,63	0,22	97,79%
4x Oct	0,06	0,02	0,29	5,64	0,22	97,79%
5x Oct	0,05	0,02	0,29	5,62	0,22	97,79%
24 Max	0,06	0,02	0,29	5,62	0,23	97,79%
32 Max	0,06	0,02	0,29	5,62	0,23	97,79%
40 Max	0,06	0,02	0,29	5,62	0,23	97,79%

Tabla 148: Resumen Validación Cruzada. Ley Cu Concentrado. UGM 6

Ley Cu Relave						
	Media Error	Media Error Estandarizado	Pendiente	Intersección	R2	Datos Robustos
3x Oct	0,00	-0,02	0,47	0,04	0,43	97,06%
4x Oct	0,00	-0,01	0,47	0,04	0,43	97,06%
5x Oct	0,00	-0,01	0,47	0,04	0,43	97,06%
24 Max	0,00	-0,01	0,47	0,04	0,44	97,30%
32 Max	0,00	-0,01	0,47	0,04	0,43	97,06%
40 Max	0,00	-0,01	0,47	0,04	0,44	97,06%

Tabla 149: Resumen Validación Cruzada. Ley Cu Relave. UGM 6