



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

ANÁLISIS DE LA SENSIBILIDAD DEL ÍNDICE DE UNIFORMIDAD

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL DE MINAS

LUIS ALBERTO CASTILLO MORALES

**PROFESOR GUÍA:
JAIME CHACÓN F.**

**MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
ENRIQUE RUBIO ESQUIVEL
ANDRÉS SUSAETA MARGULIS**

**SANTIAGO DE CHILE
ENERO 2009**

RESUMEN

El presente trabajo de título se concentra en un estudio, utilización y análisis de la base histórica de datos que posee la mina El Inca Norte de la División El Salvador de Codelco Chile.

El objetivo principal del estudio presentado en este documento es encontrar una relación analítica entre el comportamiento histórico del índice de uniformidad en los puntos de extracción y los modelos de dilución basados en los gráficos de porcentaje de dilución versus porcentaje de extracción de un punto, propuestos por Andrés Susaeta (2000). Como objetivo secundario se realizó un análisis de sensibilidad en cuanto a los parámetros de entrada que se incorporan en el cálculo del índice de uniformidad planteado por Andrés Susaeta (2000), los cuales son el radio y los períodos de tiempos considerados para el cálculo de tonelaje utilizado en la fórmula.

Básicamente se analizaron los puntos desde el punto de vista de la uniformidad y desde el punto de vista de la Teoría Gravitacional (modelos de dilución), y se pretendió correlacionar los índices de uniformidad obtenidos para los puntos de extracción, con distintos radios y períodos de tiempo, con el comportamiento de los puntos de extracción en cuanto al modelo gravitacional. Finalmente se estimó cuáles eran los parámetros de radio y período de tiempo, para el cálculo del índice de uniformidad, que correlacionaran mejor con el comportamiento de los puntos de extracción.

La mejor correlación entre los índices de uniformidad y la teoría gravitacional fueron obtenidos con parámetros de radio igual a 17 metros y períodos de tiempo de tres turnos, de 8 horas cada uno.

Dado estos parámetros se analizó el comportamiento de los puntos de extracción desde el punto de vista de la uniformidad, semiuniformidad y desuniformidad, y se logró establecer que existe una gran relación entre la dilución y la forma de extraer el punto (uniforme, semiuniforme y desuniforme).

Un mejor conocimiento del índice de uniformidad conlleva a una mayor información respecto a la dilución y por consiguiente una mejora en los planes de producción y a optar por una mayor recuperación de las reservas.

ÍNDICE

INDICE DE CONTENIDOS

Página

RESUMEN.....	1
CAPÍTULO 1 Introducción.....	1
1.1 Objetivos generales	2
1.2 Objetivos específicos	2
1.3 Alcances	2
1.4 Metodología.....	3
CAPÍTULO 2 Antecedentes bibliográficos	4
2.1 Comportamiento de un punto de extracción.....	4
2.2 Comportamiento del flujo gravitacional	5
2.3 Índice de Uniformidad.....	6
2.3.1 Análisis de la ecuación	7
2.3.2 Interpretación del Índice	8
2.4 Teoría Interactiva de Flujo (A. Susaeta).....	9
CAPÍTULO 3 Cálculo del Índice de Uniformidad.....	12
3.1 Base de Datos	12
3.2 Cálculo del Índice de Uniformidad.....	13
3.2.1 Cálculo de los tonelajes.	13
3.2.1 Definición de radios a estudiar.	17
3.2.3 Determinación de matrices de uniformidad	20
3.2.4 Cálculo de la uniformidad.....	29
CAPÍTULO 4 Categorización de los puntos de extracción	30
4.1 Cálculo del porcentaje de extracción de los puntos	30
4.1.1 Cálculo del porcentaje de extracción.....	30
4.1.2 Cálculo del porcentaje de dilución.....	31
4.2 Categorización de los puntos de extracción.....	31
4.2.1 Criterio del PED10 (Porcentaje de Entrada de la Dilución igual a 10).....	32
4.2.2 Criterio visual.....	34
4.2.2 Comparación entre ambos criterios.....	36
CAPÍTULO 5 Estudios realizados para determinar los mejores parámetros de inicio en el cálculo del IU.....	37
5.1 Términos más utilizados en este estudio.....	37

5.3 Criterios de categorización	39
5.3.1 Criterio del PED10.....	41
5.3.1.1 Porcentaje de Tonelaje extraído con tiraje uniforme	41
5.3.1.2 Porcentaje de Tonelaje extraído de forma desuniforme.....	49
5.3.1.3 Porcentaje de Tonelaje extraído con tiraje uniforme + Tonelaje extraído con tiraje desuniforme.....	56
5.3.2 Criterio Visual	58
5.3.2.1 Porcentaje de Tonelaje extraído con tiraje uniforme	58
5.3.2.2 Porcentaje de Tonelaje extraído con tiraje desuniforme	63
5.3.2.3 Porcentaje de Tonelaje extraído con tiraje uniforme + Tonelaje extraído con tiraje desuniforme	69
5.4 Elección del mejor Criterio para Categorizar el Modelo de Dilución.....	71
5.5 Mejores parámetros de radio y periodo de tiempo para el Criterio Visual.....	72
CAPÍTULO 6 Estudios realizados dado que los mejores parámetros para el cálculo del IU son 17 o 19 metros y periodo de 3 turnos.....	79
6.1 Porcentaje acumulado de uniformidad, semiuniformidad y desuniformidad al PED10	80
6.2.1 Puntos Aislados.....	81
6.2.2 Puntos Aislado-interactivos	82
6.2.3 Puntos Interactivos.....	83
6.2 Porcentaje acumulado de uniformidad y desuniformidad compositado cada 500 toneladas extraídas hasta las 17500 toneladas extraídas.....	84
6.2.1 Porcentaje de Desuniformidad	85
6.2.2 Porcentaje de Uniformidad	90
6.3 Boxplot (diagrama de caja).....	94
6.3.1 Uniformidad	95
6.3.2 Semiuniformidad	98
6.3.3 Desuniformidad	101
CAPÍTULO 7 Conclusiones.....	104
7.1 RECOMENDACIONES.....	107
7.2 CONSIDERACIONES.....	108
CAPÍTULO 8 Bibliografía.....	109
CAPÍTULO 9 ANEXO A: Errores	110
9.1 Criterio PED.....	110
9.1.1 Errores según Porcentaje de Ton Uniformes.	110
9.1.2 Errores según Porcentaje de Ton Desuniformes.....	112
9.1.3 Errores según porcentaje de Ton Uniformes + Desuniformes.....	113
9.2 Criterio Visual.....	114
9.2.1 Errores según Porcentaje de Ton Uniformes.	114
9.2.2 Errores según Porcentaje de Ton Desuniformes.....	114
9.2.3 Errores según porcentaje de Ton Uniformes + Desuniformes.....	116

9.3 Elección del mejor Criterio para Categorizar el Modelo de Flujo basado en el error	117
---	------------

**CAPÍTULO 10 ANEXO B: Estadísticas básicas por intervalo de tonelaje
extraído. 118**

10.1 Puntos Aislados	118
10.1.1 % Uniforme	118
10.1.2 % Semiuniforme	120
10.1.3 % Desuniforme	122
10.2 Puntos Aislado-Interactivos	124
10.2.1 % Uniforme	124
10.2.2 % Semiuniforme	126
10.2.3 % Desuniforme	128
10.3 Puntos Interactivos	130
10.3.1 % Uniforme	130
10.3.2 % Semiuniforme	132
10.3.3 % Desuniforme	134

INDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1: Modelo de flujo gravitacional	4
Figura 2: Comportamiento del Flujo Granulométrico	5
Figura 3: Comportamiento de 2 puntos vecinos.....	9
Figura 4: flujo interactivo, flujo aislado interactivo y flujo aislado.....	10
Figura 5: Grafico porcentaje de dilución vs porcentaje de extracción.....	11
Figura 6: Esquema para radio de 13 metros	13
Figura 7: Esquema para radio de 15 metros.....	13
Figura 8: Esquema para radio de 17 metros	14
Figura 9: Esquema para radio de 19 metros	14
Figura 10: Esquema para radio de 21 metros.....	14
Figura 11: Esquema para radio de 23 metros.....	14
Figura 12: Esquema para radio de 25 metros.....	15
Figura 13: Vista en Planta de los 578 puntos por flujo interactivo, aislado-interactivo y aislado según criterio PED10.....	33
Figura 14: porcentaje dilución vs porcentaje extracción.....	34
Figura 15: gráfico porcentaje dilución vs porcentaje extracción punto IN0823E	34
Figura 16: gráfico porcentaje dilución vs porcentaje extracción punto IN0822E	34
Figura 17: gráfico porcentaje dilución vs porcentaje extracción punto IN0712W	35
Figura 18: gráfico porcentaje dilución vs porcentaje extracción punto IN0516W	35
Figura 19: gráfico porcentaje dilución vs porcentaje extracción punto IN0812W	35
Figura 20: gráfico porcentaje dilución vs porcentaje extracción punto IN0412W	35
Figura 21: Vista en Planta de los 578 organizados en flujo interactivo, aislado-interactivo y aislado según criterio Visual.....	36
Figura 22: gráfico % tonelaje uniforme vs % Tonelaje al PED10	41
Figura 23: gráfico porcentaje toneladas uniforme vs Ton PED10	42
Figura 24: gráfico % tonelaje uniforme vs % Tonelaje al PED10 para puntos Interactivos.....	42
Figura 25: gráfico % tonelaje uniforme vs ton al PED10 para puntos Interactivos.....	42
Figura 26: gráfico % tonelaje uniforme vs % Tonelaje al PED10 para puntos Aisl-Interactivos.....	43
Figura 27: gráfico % tonelaje uniforme vs ton al PED10 para puntos Aislado-Interactivos.....	43
Figura 28: gráfico % tonelaje uniforme vs % Tonelaje al PED10 para puntos Aislados	43
Figura 29: gráfico % tonelaje uniforme vs ton al PED10 para puntos Aislados.....	43
Figura 30: gráfico de frecuencia vs porcentaje de Uniformidad y estadísticas básicas para puntos Interactivos	44
Figura 31: gráfico de frecuencia vs porcentaje de Uniformidad y estadísticas básicas para puntos Aislado-Interactivos	44
Figura 32: gráfico de frecuencia vs porcentaje de Uniformidad y estadísticas básicas para puntos Aislados	45
Figura 33: gráfico % tonelaje desuniforme vs % de tonelaje al PED10	49
Figura 34: gráfico % tonelaje desuniforme vs tonelaje al PED10.....	50
Figura 35: gráfico % tonelaje desuniforme vs % Tonelaje al PED10 para puntos Interactivos.....	51

Figura 36: gráfico % tonelaje desuniforme vs ton al PED10 para puntos Interactivos.....	51
Figura 37: gráfico % tonelaje desuniforme vs % Tonelaje al PED10 para puntos Aisl-Interactivos.....	51
Figura 38: gráfico % tonelaje desuniforme vs ton al PED10 para puntos Aislado-Interactivos	51
Figura 39: gráfico % tonelaje desuniforme vs % Tonelaje al PED10 para puntos Aislados	52
Figura 40: gráfico % tonelaje desuniforme vs ton al PED10 para puntos Aislados.....	52
Figura 41: gráfico de frecuencia vs porcentaje de Desuniformidad y estadísticas básicas para puntos Interactivos	52
Figura 42: gráfico de frecuencia vs porcentaje de Desuniformidad y estadísticas básicas para puntos Aislado-Interactivos	53
Figura 43: gráfico de frecuencia vs porcentaje de Desuniformidad y estadísticas básicas para puntos Aislados	53
Figura 44: gráfico % tonelaje uniforme vs % Tonelaje al PED10 para puntos Interactivos	58
Figura 45: gráfico % tonelaje uniforme vs ton al PED10 para puntos Interactivos.....	58
Figura 46: gráfico % tonelaje uniforme vs % Tonelaje al PED10 para puntos Aisl-Interactivos.....	59
Figura 47: gráfico % tonelaje uniforme vs ton al PED10 para puntos Aisl-Interactivos	59
Figura 48: gráfico % tonelaje uniforme vs % Tonelaje al PED10 para puntos Aislados	59
Figura 49: gráfico % tonelaje uniforme vs ton al PED10 para puntos Aislados.....	59
Figura 50: gráfico de frecuencia vs porcentaje de Uniformidad y estadísticas básicas para puntos Interactivos según el criterio Visual.....	60
Figura 51: gráfico de frecuencia vs porcentaje de Uniformidad y estadísticas básicas para puntos Aislado-Interactivos según el criterio Visual	60
Figura 52: gráfico de frecuencia vs porcentaje de Uniformidad y estadísticas básicas para puntos Aislados según el criterio Visual	61
Figura 53: gráfico % tonelaje desuniforme vs % Tonelaje al PED10 para puntos Interactivos	64
Figura 54: gráfico % tonelaje desuniforme vs ton al PED10 para puntos Interactivos.....	64
Figura 55: gráfico % tonelaje desuniforme vs % Tonelaje al PED10 para puntos Aisl-interactivos.....	64
Figura 56: gráfico % tonelaje desuniforme vs ton al PED10 para puntos Aisl-interactivos	64
Figura 57: gráfico % tonelaje desuniforme vs % Tonelaje al PED10 para puntos Aislados	65
Figura 58: gráfico % tonelaje desuniforme vs ton al PED10 para puntos aislados	65
Figura 59: gráfico de frecuencia vs porcentaje de Desuniformidad y estadísticas básicas para puntos Interactivos según el criterio Visual.....	66
Figura 60: gráfico de frecuencia vs porcentaje de Desuniformidad y estadísticas básicas para puntos Aislado-Interactivos según el criterio Visual	67
Figura 61: gráfico de frecuencia vs porcentaje de Desuniformidad y estadísticas básicas para puntos Aislados según el criterio Visual	67
Figura 62: gráfico de valores de interacción promedio PED10 vs rango de % de uniformidad	72
Figura 63: gráfico de valores de interacción promedio PED10 vs rango de % de desuniformidad	72
Figura 64: gráfico de frecuencia vs porcentaje de uniformidad, calculado para radio 17 metros y periodo de 3 turnos, para puntos interactivos	73
Figura 65: gráfico de frecuencia vs porcentaje de uniformidad, calculado para radio 17 metros y periodo de 3 turnos, para puntos aislado-interactivos	73
Figura 66: gráfico de frecuencia vs porcentaje de uniformidad, calculado para radio 17 metros y periodo de 3 turnos, para puntos aislados	74
Figura 67: gráfico de frecuencia vs porcentaje de desuniformidad, calculado para radio 17 metros y periodo de 3 turnos, para puntos interactivos	75

Figura 68: gráfico de frecuencia vs porcentaje de desuniformidad, calculado para radio 17 metros y periodo de 3 turnos, para puntos aislado-interactivos	75
Figura 69: gráfico de frecuencia vs porcentaje de desuniformidad, calculado para radio 17 metros y periodo de 3 turnos, para puntos aislados.....	76
Figura 70: gráfico porcentaje acumulado de desuniformidad para puntos interactivos	77
Figura 71: gráfico porcentaje acumulado de uniformidad para puntos aislados	77
Figura 72: gráfico de toneladas U, SU y DU vs tonelaje al PED10 para puntos Aislados	81
Figura 73: gráfico de porcentaje U, SU y DU vs tonelaje al PED10 para puntos Aislados.....	81
Figura 74: gráfico de toneladas U, SU y DU vs tonelaje al PED10 para puntos Aisl-Int.....	82
Figura 75: gráfico de porcentaje U, SU y DU vs tonelaje al PED10 para puntos Aisl-Int	82
Figura 76: gráfico de toneladas U, SU y DU vs tonelaje al PED10 para puntos Interactivos	83
Figura 77: gráfico de porcentaje U, SU y DU vs tonelaje al PED10 para puntos Interactivos.....	83
Figura 78: histograma de % de datos acumulados vs % de Desuniformidad para tonelaje acumulado extraído de 0 a 3500 toneladas	85
Figura 79: histograma de % de datos acumulados vs % de Desuniformidad para tonelaje acumulado extraído de 3500 a 7000 toneladas.....	86
Figura 80: histograma de % de datos acumulados vs % de Desuniformidad para tonelaje acumulado extraído de 7000 a 10500 toneladas.....	86
Figura 81: histograma de % de datos acumulados vs % de Desuniformidad para tonelaje acumulado extraído de 10500 a 14000 toneladas.....	87
Figura 82: histograma de % de datos acumulados vs % de Desuniformidad para tonelaje acumulado extraído de 14000 a 17500 toneladas.....	88
Figura 83: histograma de % de datos acumulados vs % de Desuniformidad para tonelaje acumulado extraído de 30000 a 33500 toneladas.....	89
Figura 84: histograma de % de datos acumulados vs % de Uuniformidad para tonelaje acumulado extraído de 0 a 3500 toneladas	90
Figura 85: histograma de % de datos acumulados vs % de Uuniformidad para tonelaje acumulado extraído de 3500 a 7000 toneladas.....	91
Figura 86: histograma de % de datos acumulados vs % de Uuniformidad para tonelaje acumulado extraído de 7000 a 10500 toneladas.....	91
Figura 87: histograma de % de datos acumulados vs % de Uuniformidad para tonelaje acumulado extraído de 10500 a 14000 toneladas.....	92
Figura 88: histograma de % de datos acumulados vs % de Uuniformidad para tonelaje acumulado extraído de 14000 a 17500 toneladas.....	93
Figura 89: histograma de % de datos acumulados vs % de Uuniformidad para tonelaje acumulado extraído de 30000 a 33500 toneladas.....	93
Figura 90: Boxplot (diagrama de caja)	94
Figura 91: Diagrama de caja de % de Uniformidad vs intervalo de tonelaje acumulado extraído para los datos de puntos aislados	95
Figura 92: Diagrama de caja de % de Uniformidad vs intervalo de tonelaje acumulado extraído para los datos de puntos aislado-interactivos	95
Figura 93: Diagrama de caja de % de Uniformidad vs intervalo de tonelaje acumulado extraído para los datos de puntos interactivos	95
Figura 94: Diagrama de caja de % de Uniformidad vs intervalo de tonelaje acumulado extraído para los datos de puntos aislados	96
Figura 95: Diagrama de caja de % de Uniformidad vs intervalo de tonelaje acumulado extraído para los datos de puntos aislado-interactivos	96

Figura 96: Diagrama de caja de % de Uniformidad vs intervalo de tonelaje acumulado extraído para los datos de puntos interactivos	96
Figura 97: Diagrama de caja de % de Uniformidad vs intervalo de tonelaje acumulado extraído para los datos de puntos aislados	97
Figura 98: Diagrama de caja de % de Uniformidad vs intervalo de tonelaje acumulado extraído para los datos de puntos aislado-activos	97
Figura 99: Diagrama de caja de % de Uniformidad vs intervalo de tonelaje acumulado extraído para los datos de puntos interactivos	97
Figura 100: Diagrama de caja de % de Semiuniformidad vs intervalo de tonelaje acumulado extraído para los datos de puntos aislados.....	98
Figura 101: Diagrama de caja de % de Semiuniformidad vs intervalo de tonelaje acumulado extraído para los datos de puntos aisl-activos	98
Figura 102: Diagrama de caja de % de Semiuniformidad vs intervalo de tonelaje acumulado extraído para los datos de puntos interactivos	98
Figura 103: Diagrama de caja de % de Semiuniformidad vs intervalo de tonelaje acumulado extraído para los datos de puntos aislados.....	99
Figura 104: Diagrama de caja de % de Semiuniformidad vs intervalo de tonelaje acumulado extraído para los datos de puntos aisl-activos	99
Figura 105: Diagrama de caja de % de Semiuniformidad vs intervalo de tonelaje acumulado extraído para los datos de puntos interactivos	99
Figura 106: Diagrama de caja de % de Semiuniformidad vs intervalo de tonelaje acumulado extraído para los datos de puntos aislados.....	100
Figura 107: Diagrama de caja de % de Semiuniformidad vs intervalo de tonelaje acumulado extraído para los datos de puntos aisl-activos	100
Figura 108: Diagrama de caja de % de Semiuniformidad vs intervalo de tonelaje acumulado extraído para los datos de puntos interactivos	100
Figura 109: Diagrama de caja de % de Desuniformidad vs intervalo de tonelaje acumulado extraído para los datos de puntos aislados.....	101
Figura 110: Diagrama de caja de % de Desuniformidad vs intervalo de tonelaje acumulado extraído para los datos de puntos aisl-activos	101
Figura 111: Diagrama de caja de % de Desuniformidad vs intervalo de tonelaje acumulado extraído para los datos de puntos interactivos	101
Figura 112: Diagrama de caja de % de Desuniformidad vs intervalo de tonelaje acumulado extraído para los datos de puntos aislados.....	102
Figura 113: Diagrama de caja de % de Desuniformidad vs intervalo de tonelaje acumulado extraído para los datos de puntos aisl-activos	102
Figura 114: Diagrama de caja de % de Desuniformidad vs intervalo de tonelaje acumulado extraído para los datos de puntos interactivos	102
Figura 115: Diagrama de caja de % de Desuniformidad vs intervalo de tonelaje acumulado extraído para los datos de puntos aislados.....	103
Figura 116: Diagrama de caja de % de Desuniformidad vs intervalo de tonelaje acumulado extraído para los datos de puntos aisl-activos	103
Figura 117: Diagrama de caja de % de Desuniformidad vs intervalo de tonelaje acumulado extraído para los datos de puntos interactivos	103

INDICE DE TABLAS

Página

Tabla 1: Comportamiento del IEU	8
Tabla 2: Matriz de Uniformidad.....	8
Tabla 3: Relación de velocidades por tipo de flujo. Susaeta (2000).....	10
Tabla 4: Tonelajes por fecha y turno para punto.....	15
Tabla 5: ejemplo de tabla con fecha de inicio y termino de cada punto.....	16
Tabla 6: Tonelajes acumulado por fecha y turno para punto para un período de 3 turnos	16
Tabla 7: Cantidad de puntos con N-1 vecinos para distintos radios.....	17
Tabla 8: Cantidad de puntos en porcentaje, con N-1 vecinos para distintos radios.....	18
Tabla 9: Ejemplo de puntos con sus vecinos en un radio elegido.....	18
Tabla 10: Valores del índice de uniformidad por punto para cada fecha y turno.	19
Tabla 11: Número de vecinos N+1 de cada punto ordenado por fecha y turno.	20
Tabla 12: Matriz de Uniformidad de 7x5	20
Tabla 13: Matriz de Uniformidad de 7x10.....	21
Tabla 14: Proporciones de U, SU y DS en la matriz de tabla 13.....	21
Tabla 15: Relaciones entre la matriz de la tabla 13 y las nuevas matrices	22
Tabla 16: Ejemplo para visualizar el criterio conservador, semi conservador y no conservado.	23
Tabla 17: Ejemplo de matriz realizada de forma conservadora para un punto con 5 vecinos.	23
Tabla 18: Proporción de U, SU y DU de la matriz de ejemplo	23
Tabla 19: Ejemplo de matriz realizada de forma conservadora para un punto con 5 vecinos.	24
Tabla 20: Proporción de U, SU y DU de la matriz de ejemplo	24
Tabla 21: Ejemplo de matriz realizada de forma conservadora para un punto con 5 vecinos.	24
Tabla 22: Proporción de U, SU y DU de la matriz de ejemplo	24
Tabla 23: Proporciones en tanto por uno caso Conservador.....	25
Tabla 24: Errores de caso Conservador	25
Tabla 25: Proporciones en tanto por uno caso Semi Conservador	26
Tabla 26: Errores de caso Semi Conservador	26
Tabla 27: Proporciones en tanto por uno caso No Conservador.....	26
Tabla 28: Errores de caso No Conservador	26
Tabla 29: Matriz para 9 vecinos existentes	27
Tabla 30: Matriz para 8 vecinos existentes	27
Tabla 31: Matriz para 7 vecinos existentes	27
Tabla 32: Matriz para 6 vecinos existentes	28
Tabla 33: Matriz para 5 vecinos existentes	28
Tabla 34: Matriz para 4 vecinos existentes	28
Tabla 35: Matriz para 3 vecinos existentes	28
Tabla 36: Matriz para 2 vecinos existentes	29
Tabla 37: Matriz para 1 vecino existente	29
Tabla 38: Número de vecinos existentes por punto organizado por fecha y turno	29

Tabla 39: Porcentaje de tonelaje acumulado por turno	30
Tabla 40: porcentaje dilución acumulada	31
Tabla 41: cantidad de puntos distribuidos según ambos criterios	36
Tabla 42: tonelajes extraídos por punto para un radio de 25 m y períodos de 1, 3, 5, 7, 9, 11 y 13 turnos.	38
Tabla 43: porcentajes extraídos por punto para un radio de 25 m y períodos de 1, 3, 5, 7, 9, 11 y 13 turnos.....	39
Tabla 44: Ejemplo de datos de porcentaje de uniformidad para radio 15 metros	40
Tabla 45: Ejemplo de datos de porcentaje de desuniformidad para radio 15 metros	40
Tabla 46: Promedio del índice por rango de porcentaje de uniformidad.....	46
Tabla 47: Promedio del valor asignado por PED10 a los puntos de extracción para cada rango de % de uniformidad.....	47
Tabla 48: Coeficiente de correlación para todos los radios estudiados.	48
Tabla 49: Promedio del valor asignado por PED10 a los puntos de extracción para cada rango de % de desuniformidad.	55
Tabla 50: Coeficiente de correlación para todos los radios estudiados.	56
Tabla 51: Promedio de coeficientes de correlación para todos los radios (%unif + %desu).....	57
Tabla 52: Promedio de valores de Interacción por rango de % de uniformidad.....	62
Tabla 53: Coeficiente de correlación para todos los radios estudiados.	63
Tabla 52: Promedio de valores de Interacción por rango de % de desuniformidad.....	68
Tabla 55: Coeficiente de correlación para todos los radios estudiados.	69
Tabla 56: Promedio de coeficientes de correlación para todos los radios (%unif + %desu).....	70
Tabla 57: diferencia entre Criterio PED10 y Criterio Visual	71
Tabla 58: promedio de porcentajes de uniformidad, semiuniformidad y desuniformidad	78
Tabla 59: Extracto de tablas de tonelaje acumulado total, uniforme, semiuniforme y desuniforme para puntos aislados según PED10.....	79
Tabla 60: Extracto de tablas de porcentaje acumulado total, uniforme, semiuniforme y desuniforme para puntos aislados según PED10.....	80
Tabla 61: Extracto de tabla de porcentaje uniforme para los puntos aislados compositado cada 500 toneladas extraídas.	84
Tabla 62: Errores para el radio 15.....	110
Tabla 63: Errores según porcentaje uniforme para todos los radios estudiados.....	111
Tabla 64: Errores según porcentaje desuniforme para todos los radios estudiados.	112
Tabla 65: Errores basado en datos de porcentaje uniforme + porcentaje desuniforme	113
Tabla 66: Errores según porcentaje uniforme para todos los radios estudiados.....	114
Tabla 67: Errores según porcentaje desuniforme para todos los radios estudiados.	115
Tabla 68: Errores según porcentaje uniforme + porcentaje desuniforme	116
Tabla 69: Diferencias entre el Criterio PED10 y el Criterio Visual	117

CAPÍTULO 1 **Introducción**

El presente estudio apunta a poder interpretar de mejor forma el Índice de Uniformidad propuesto por Andres Susaeta (MassMin 2004. Theory of gravity flow (part 2). pp 173-178). Para esto se busca encontrar una relación analítica entre el comportamiento histórico del índice uniformidad, calculado para distintos parámetros iniciales de radio y periodos de tiempo, con el comportamiento de los puntos de extracción en cuanto a su dilución y extracción.

En minería de Panel y Block caving el comportamiento de la dilución en los puntos de extracción influye directamente en las leyes de alimentación a planta, y por lo tanto en la recuperación del yacimiento. Es por eso que es importante conocer la real relación existente entre el índice de uniformidad y el comportamiento de la dilución de los puntos de extracción.

A su vez la aplicación de un índice como medida de la “simultaneidad” del tiraje y elemento de evaluación de la “Extracción” correspondiente a la Función de Movimiento del flujo (Fm) permitirá por un lado caracterizar cada sector extraído y por otro correlacionar los resultados de la extracción (% entrada de la dilución, G_i , etc.) con la forma en que se extrajo.

Para cuantificar esta simultaneidad se definió el “Índice de Uniformidad”, que da cuenta de la relación del tonelaje extraído por un punto respecto a sus vecinos.

Por medio de los modelos de comportamiento de los puntos basado en el porcentaje de dilución y porcentaje de extracción de los puntos propuestos por Andres Susaeta (MassMin 2004. Theory of gravity flow (part 1). pp 167-172) se sabe que existe una clara correlación entre el momento en que un punto entra en tiraje aislado y el momento en que aumenta el porcentaje de dilución.

Lo anterior permite afirmar que tener un punto de extracción con tiraje interactivo implica tener un retardo de la entrada de la dilución en dicho punto y, por lo tanto, una maximización de la recuperación del yacimiento y una mejor ley de cabeza.

Por todo lo anterior debe existir una especial preocupación por calcular un buen Índice de uniformidad, que sea lo mas correlacionado posible con el comportamiento de la dilución, y es por esto que en este estudio se buscan los mejores parámetros de inicio para el cálculo del índice de uniformidad, ya que aun no existen estudios concluyentes en cuanto a su relevancia e intervalo de confianza.

1.1 Objetivos generales

- Determinar cuáles son los mejores parámetros iniciales, en función del ajuste entre el índice de uniformidad y el comportamiento de los puntos de extracción basado en la entrada de la dilución, en el cálculo del Índice de Uniformidad.
- Correlacionar de mejor forma el índice de uniformidad con los modelos de comportamiento de flujo gravitacional desarrollados por Denis Laubscher.

1.2 Objetivos específicos

- Comparar la "Teoría de interactividad de Lubscher" (Cave mining-the state of the art," The Journal of The South African Institute of Mining and Metallurgy) con la uniformidad propuesta por Susaeta (MassMin 2004. Theory of gravity flow (part 2). pp 173-178).
- Desarrollar un método de cálculo del índice de uniformidad para los distintos parámetros de inicio escogidos.
- Definir los parámetros de inicio para el cálculo del índice de uniformidad.

1.3 Alcances

El presente estudio se realizó sobre los datos históricos desde 1994 a 2006 del sector de Inca Norte de la división El Salvador de Codelco Chile.

1.4 Metodología

- Familiarizarse con la teoría, lo cual se refleja en el capítulo 2.
- Los pasos desarrollados se resumen como sigue a continuación:
- Consolidación y preparación de la base de datos de tonelajes históricos proporcionada por la división El Salvador.
- Identificación de los puntos de extracción utilizados para este estudio.
- Definir parámetros de radio y de períodos de tiempos a estudiar.
- Identificar los vecinos de todos los puntos para cada uno de los parámetros de radio escogidos.
- Cálculo de los tonelajes por fecha y turno de todos los puntos.
- Aplicar la fórmula para el cálculo del índice de uniformidad para todos los radios y períodos seleccionados para este estudio.
- Crear matrices de uniformidad.
- Organizar los resultados por tonelajes extraídos de forma uniforme, semi uniforme y desuniforme.
- Analizar los resultados y compararlos con las curvas de porcentaje de dilución versus porcentaje de extracción.
- Una vez encontrados los mejores parámetros de inicio para el cálculo del IU analizar los resultados de % de uniformidad, semiuniformidad y desuniformidad de los puntos de extracción obtenidos producto de realizar el cálculo del índice de uniformidad con dichos parámetros.

CAPÍTULO 2 Antecedentes bibliográficos

2.1 Comportamiento de un punto de extracción

Se ha intentado representar mediante modelos el comportamiento del flujo gravitacional. Uno de ellos es el desarrollado por los investigadores Janelid y Kvapil, quienes utilizaron capas de arena de diferentes colores para simular el flujo de material hacia una única abertura o punto de extracción y extrapolaron sus resultados al flujo de material quebrado en una explotación por hundimiento.

Este modelo define los siguientes elementos:

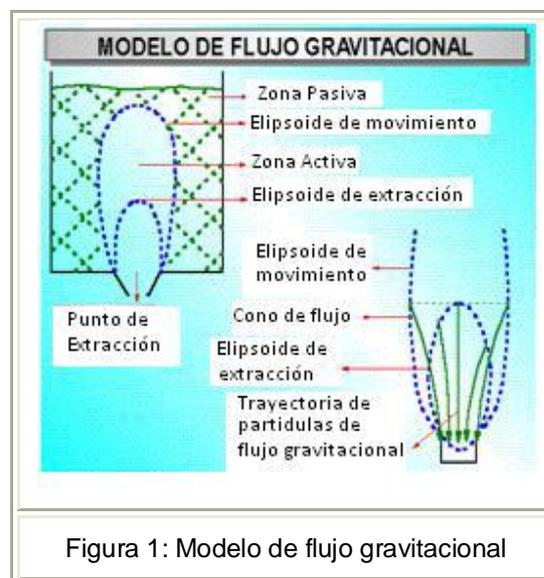


Figura 1: Modelo de flujo gravitacional

- **Zona pasiva:** zona que carece de movimiento.
- **Zona activa:** zona en la cual las partículas experimentan movimientos verticales y radiales.
- **Elipsoide de extracción:** es el límite del material quebrado que se ubica sobre un punto de extracción que será extraído. Se refiere al concepto de elipsoide de revolución o volumen en movimiento, donde la gravedad juega un papel fundamental, sin considerar que realmente sea un elipsoide. El diámetro de este elipsoide depende principalmente de las características geomecánicas de la roca, que determinan el grado

de fragmentación, y del ancho o abertura del punto de extracción. Estas variables permiten diseñar la malla de extracción para un sector productivo.

- **Elipsoide de movimiento:** Envoltente de la zona activa, fuera de la cual no hay movimiento. El material que se encuentra dentro del elipsoide límite tiene una densidad inferior a la del material al exterior de éste.

2.2 Comportamiento del flujo gravitacional

La explotación de un yacimiento minero por un método de extracción por hundimiento se basa en el principio del flujo gravitacional de los fragmentos de roca hacia un nivel inferior, por el cual será extraído el mineral. El concepto de flujo gravitacional se refiere al flujo de material quebrado por efecto de la fuerza de gravedad, hacia un punto de extracción, en que las partículas describen movimientos verticales y de rotación.

El fenómeno del flujo gravitacional está controlado por tres variables principales como se ve en la figura:

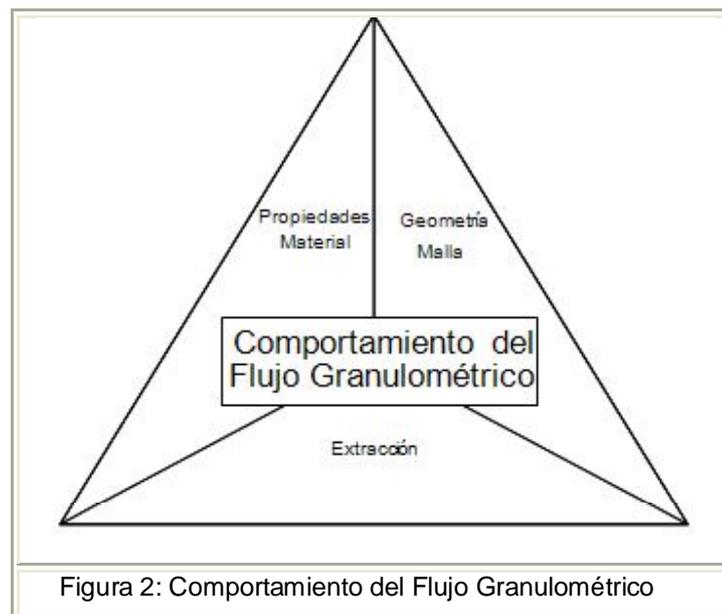


Figura 2: Comportamiento del Flujo Granulométrico

Estas variables son:

- Geometría de la malla de extracción
- Propiedades del material extraído
- Operación de extracción

El concepto de “Índice de uniformidad” está asociado a la variable de “operación de extracción”. Éste básicamente mide la simultaneidad o uniformidad de extracción entre el tonelaje extraído desde un punto con sus puntos vecinos.

La aplicación de un índice como medida de la “simultaneidad” del tiraje y como elemento de evaluación de la “extracción” permitirá, por un lado, caracterizar cada sector extraído; y por otro correlacionar los resultados de la extracción (% entrada de la dilución, recuperación de reservas in situ, etc.) con la forma en que se extrajo (uniforme, semiuniforme, desuniforme).

Para cuantificar esta simultaneidad se definió el “Índice de Uniformidad”, que da cuenta de la relación del tonelaje extraído por un punto respecto a sus vecinos.

2.3 Índice de Uniformidad

Una forma de evaluar la calidad de las prácticas de extracción es midiendo la simultaneidad del tiraje, es decir, determinando qué tan similar es la cantidad de mineral extraído en conjunto de puntos de extracción durante un período de tiempo determinado.

Para cuantificar esta simultaneidad se aplica el concepto de “Índice de Uniformidad”, que da cuenta de la relación del tonelaje extraído por un punto respecto a sus vecinos.

El índice de uniformidad más utilizado es el definido por A. Susaeta (Susaeta, Andres. MassMin 2004. Theory of gravity flow (part 2). pp 173-178) según la siguiente expresión o fórmula.

$$I.U. = \Delta + \Gamma \cdot \frac{(t_p - t_{min})}{t_{max}^2 \cdot n} \cdot \sum (t_{max} - t_i) \quad (1)$$

donde:

Δ : Número de puntos inactivos en la vecindad del punto analizado.

Γ : Factor de normalización, equivalente a 99/89.

t_p : Tonelaje extraído en el punto “p” en estudio durante un período determinado.

t_i : Tonelaje extraído desde el punto “i” perteneciente a la vecindad del punto “p”, en el mismo período.

t_{max} : Tonelaje máximo extraído en la vecindad del punto “p”, en el mismo período.

t_{min} : Tonelaje mínimo extraído en la vecindad del punto “p”, en el mismo período.

n : Número de puntos pertenecientes a la vecindad del punto “p” (incluyendo el punto p).

2.3.1 Análisis de la ecuación

Como se puede apreciar, la ecuación **(1)** consta de dos partes:

- Una primera parte entera (Δ), que indica la cantidad de puntos inactivos en la vecindad, es decir, los puntos desde donde no se extrajo mineral durante el período considerado.

- A la segunda parte de la ecuación (1) se le llamará *Índice Específico de Uniformidad (IEU)*. El factor de normalización Γ permite ajustar el valor del IEU en un número decimal comprendido entre 0 y 1 que indica la uniformidad en el tiraje de los puntos activos.

Se puede apreciar que a medida que Δ crece el tiraje es menos uniforme, ya que es menor la proporción de puntos desde donde se extrae mineral.

También se aprecia que para el IEU se tiene:

<i>Característica de tiraje</i>	<i>Índice Específico de Uniformidad</i>
Completamente uniforme	0
Completamente desuniforme	1

Tabla 1: Comportamiento del IEU

2.3.2 Interpretación del Índice

Dado que el Índice de Uniformidad esta compuesto por 2 partes(es de carácter vectorial), es necesario definir las categorías de tiraje mediante una matriz o tabla de doble entrada, que se presenta a continuación.

Matriz con categorías del Índice de Uniformidad propuesta por A. Susaeta.

		Índice Específico de Uniformidad				
		0 - 0.2	0.2 - 0.4	0.4 - 0.6	0.6 - 0.8	0.8 - 1
Número de Puntos Inactivos	0	Unif	Unif	Unif	Semi	Semi
	1	Unif	Unif	Semi	Semi	Semi
	2	Unif	Semi	Semi	Semi	Des
	3	Semi	Semi	Semi	Des	Des
	4	Semi	Semi	Des	Des	Des
	5	Des	Des	Des	Des	Des
	6	Des	Des	Des	Des	Des

Tabla 2: Matriz de Uniformidad

La tabla muestra un ejemplo de matriz donde se definen las categorías del Índice de Uniformidad (tiraje uniforme, semi-uniforme o desuniforme) para el caso de un punto con 6 vecinos.

En la tabla se observa cómo un punto con sus 6 o con 5 vecinos inactivos es calificado como de tiraje desuniforme, mientras que un punto con sus 6 vecinos activos puede tener un tiraje uniforme o semiuniforme.

Es importante señalar que la definición de esta matriz dependerá de la configuración de vecinos que tenga el punto de extracción analizado.

2.4 Teoría Interactiva de Flujo (A. Susaeta)

Se definieron diversos términos para entender mejor el comportamiento de un punto de extracción con respecto a sus vecinos. A continuación se describen estos términos:

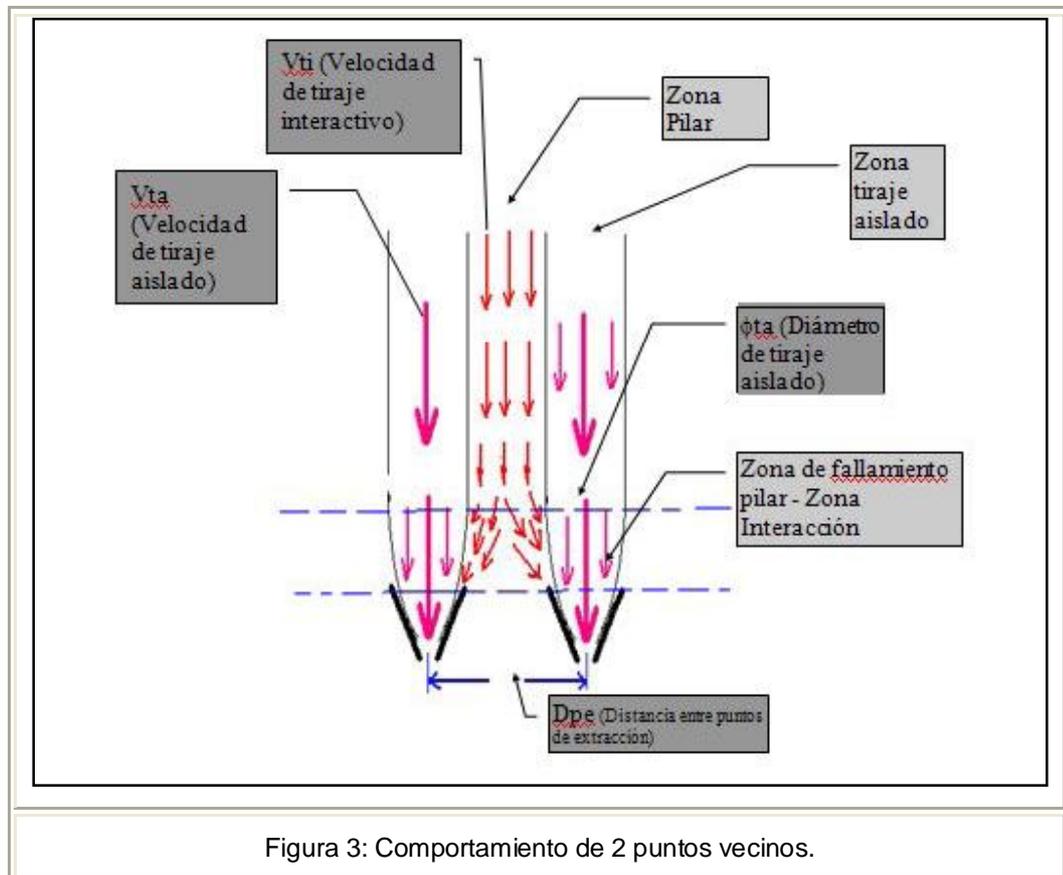


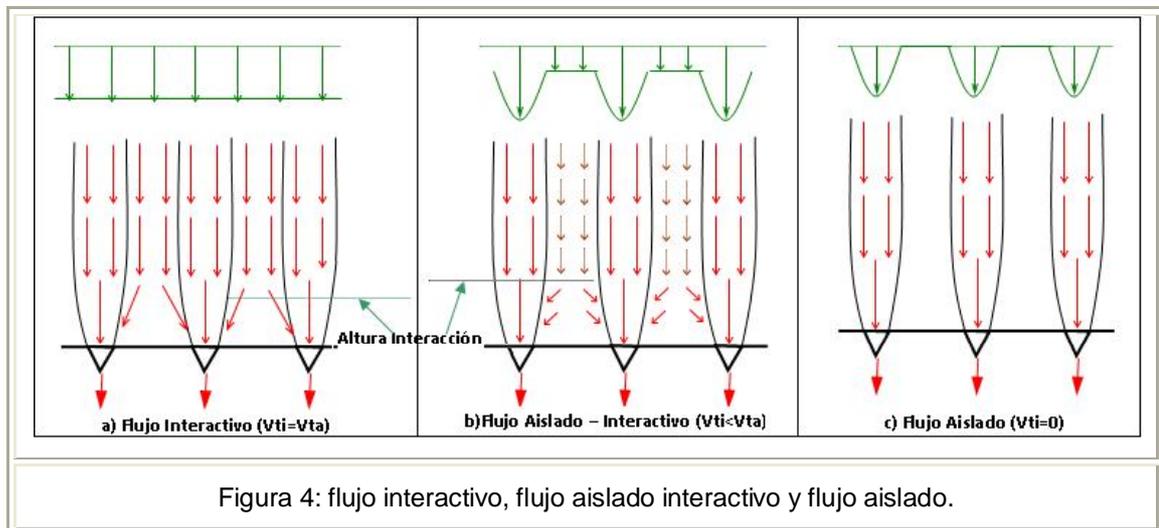
Figura 3: Comportamiento de 2 puntos vecinos.

Considerando las velocidades de los flujos aislado e interactivo se postula que el flujo granulométrico tiene a lo menos 3 modelos que caracterizan su comportamiento: Flujo Aislado, Flujo Aislado-Interactivo y Flujo Interactivo.

Modelo de Comportamiento	Relación de velocidades
a) Flujo aislado	$v_{ti} = 0$
b) Flujo aislado-interactivo	$v_{ta} > v_{ti} > 0$
c) Flujo Interactivo	$v_{ta} = v_{ti}$

Tabla 3: Relación de velocidades por tipo de flujo. Susaeta (2000)

En la figura siguiente se comparan los distintos patrones de comportamiento de los flujo descritos anteriormente, referidos como “modos de flujo”



De acuerdo con lo anterior, A.Susaeta (Susaeta, Andres. MassMin 2004. Theory of gravity flow (part 1). pp 167-172) propone los siguientes modelos de dilución en función de los modos de flujo inferidos de acuerdo al comportamiento de la dilución y extracción que tienen los puntos.

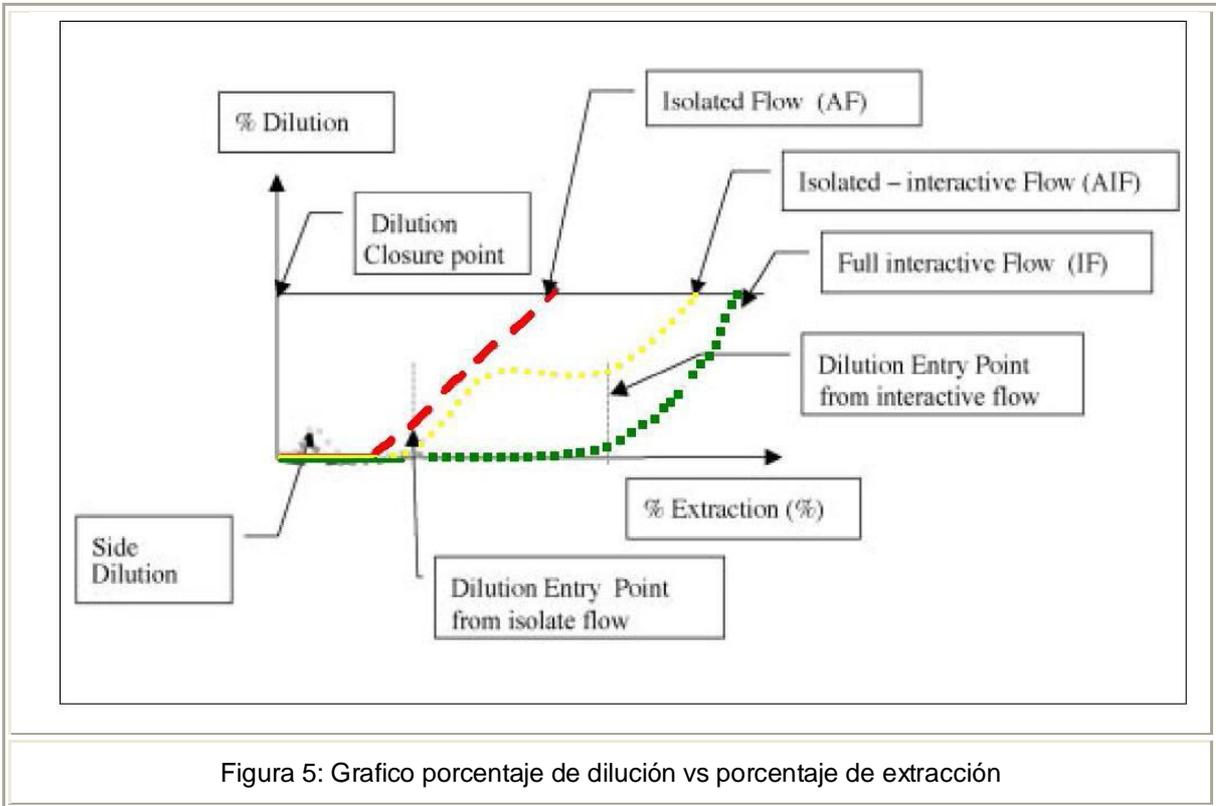


Figura 5: Grafico porcentaje de dilución vs porcentaje de extracción

CAPÍTULO 3 **Calculo del Índice de Uniformidad.**

En el presente capítulo se expone la metodología aplicada para el cálculo del Índice de Uniformidad y para la caracterización de los puntos de extracción según el comportamiento del flujo granulométrico.

Lo primero se refiere a determinar o asignar un valor inicial a los parámetros de radio (vecindad) y tiempo (número de turnos) escogidos para realizar el estudio.

Posteriormente se explicará la forma en la que se caracterizaron los puntos de extracción según el comportamiento de sus curvas de % de dilución acumulada vs % de extracción.

3.1 Base de Datos

Se dispuso de la base histórica de la División el Salvador de Codelco Chile desde la fecha 19 de Julio de 1994 hasta el 08 de Junio de 2006. El estudio se centro sólo en la información correspondiente a los puntos del sector Inca Norte por considerarse más confiable, sobre un total de 633 puntos de extracción.

Se obtuvo la información necesaria de todos los puntos de extracción de Inca Norte, tanto para el cálculo del índice de uniformidad como para obtención de las curvas del modelo de flujo gravitacional; es decir, el tonelaje y el porcentaje de dilución registrado por cada uno de los 633 puntos de extracción de Inca Norte en cada fecha y turno.

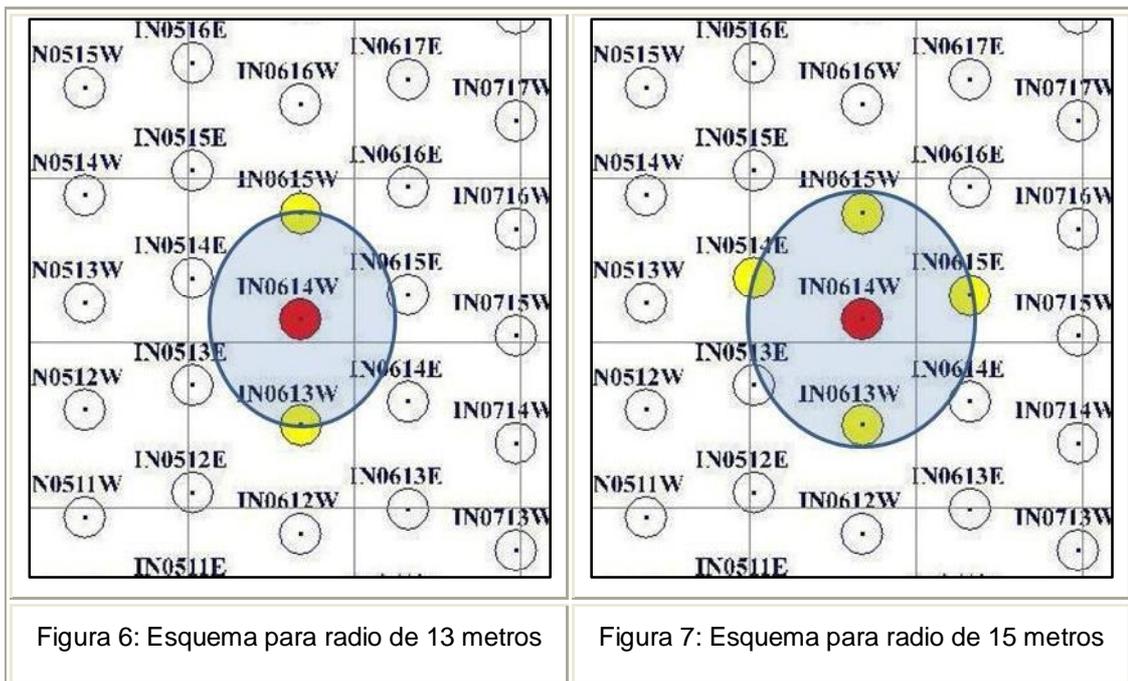
Para el cálculo del índice de uniformidad se requieren parámetros iniciales de radio y tiempo (número de turnos). Es por esto que se decidió realizar este estudio con períodos de tiempo: 1 turno, 3 turnos, 5 turnos, 7 turnos, 9 turnos, 11 turnos y 13 turnos. Se escogieron estos períodos para estudiar la variabilidad del índice al aumentar o disminuir el espacio temporal, ya que actualmente se calcula el índice de uniformidad con períodos de 5 turnos.

3.2 Cálculo del Índice de Uniformidad

3.2.1 Cálculo de los tonelajes.

Como ya se explicó con anterioridad, el IU tiene como parámetros principales un radio que define una vecindad de puntos, un espacio temporal fijo (turnos) y el tonelaje extraído en este espacio de tiempo.

El número de vecinos que posee un punto de extracción queda definido por la circunferencia de radio R y con centro en el punto estudiado. A continuación se muestran diagramas para distintos radios, los que permiten visualizar como y cuales son los puntos vecinos a un punto de extracción estudiado, los cuales interfieren en el cálculo del índice de uniformidad de punto dicho punto de extracción. Se destaca en las figuras el punto estudiado coloreado de rojo y los puntos de extracción vecinos que se encuentran dentro de la circunferencia de radio R y centro el punto de extracción estudiado.



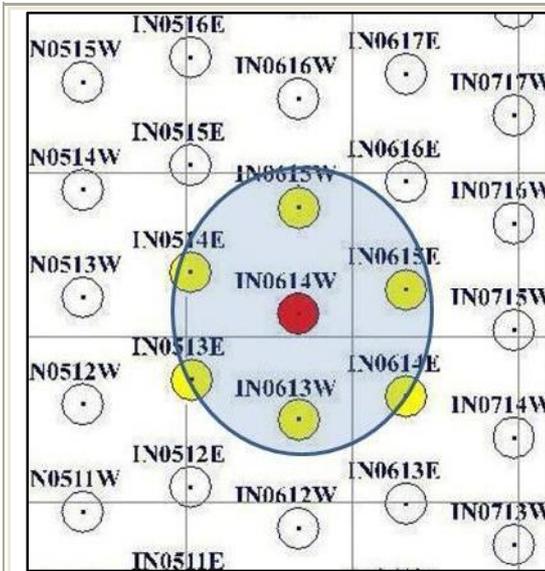


Figura 8: Esquema para radio de 17 metros

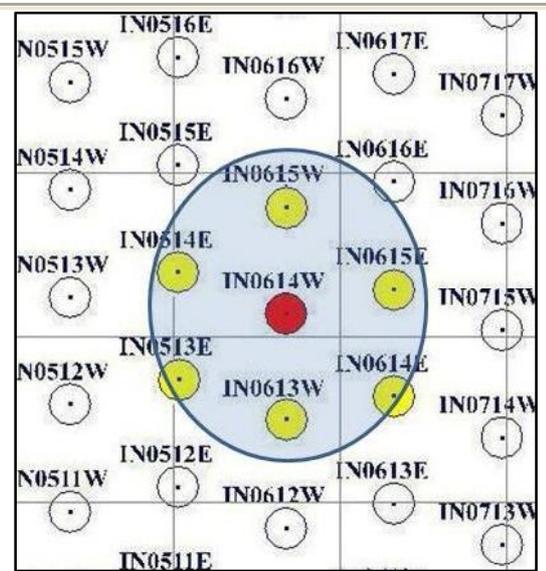


Figura 9: Esquema para radio de 19 metros

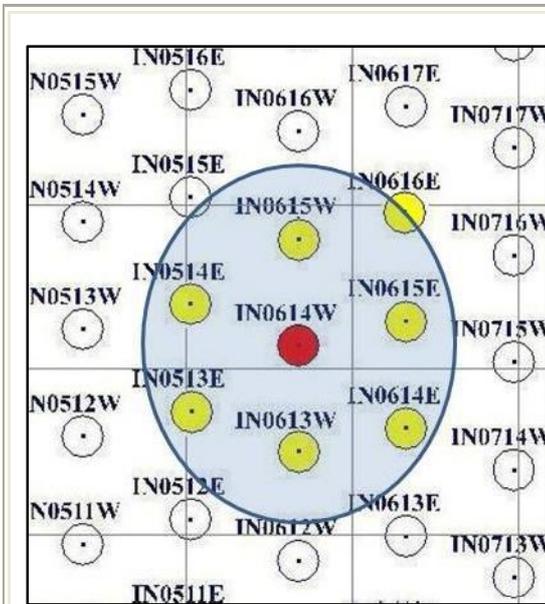


Figura 10: Esquema para radio de 21 metros

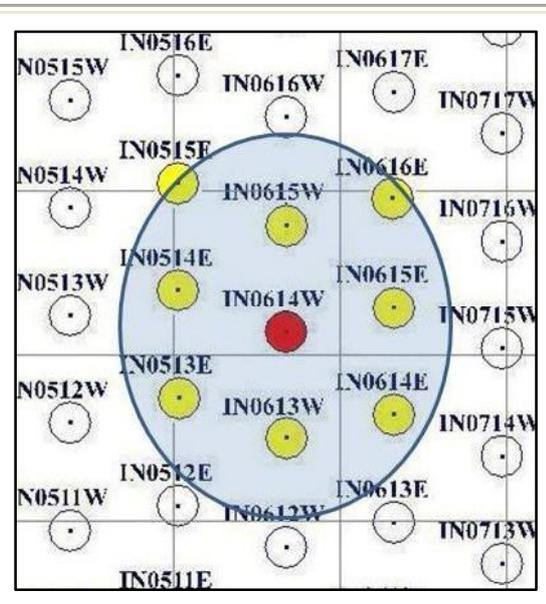
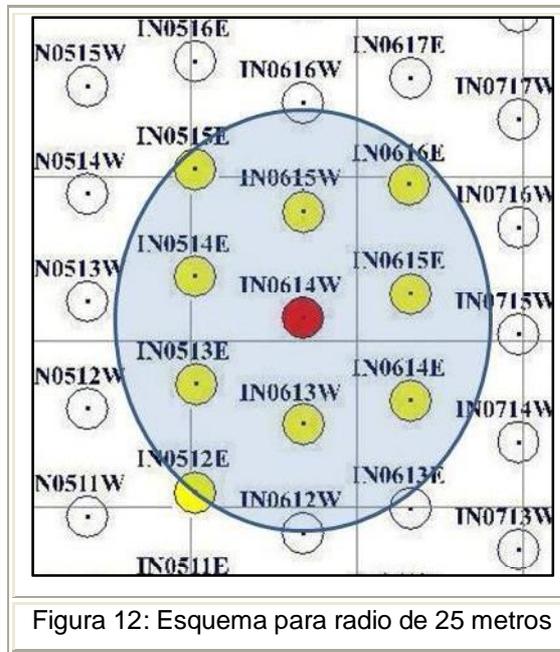


Figura 11: Esquema para radio de 23 metros



La información de los tonelajes extraídos de todos los puntos fue organizada por fecha, turno e identificación del punto de extracción. En la siguiente tabla se muestra, a modo de ejemplo, cómo fue organizada la información extraída desde la base de datos. En la primera columna se indica la fecha, que en el caso del ejemplo va desde el 29 de Diciembre de 1998 hasta el 30 de diciembre del mismo año. Sin embargo la tabla real abarca desde el 19 de Julio de 1994 hasta el 08 de Junio de 2006. La segunda columna corresponde al turno y la tercera columna corresponde al tonelaje extraído por el punto IN0209E, para cada fecha y turno correspondiente.

Fecha	Turno	IN0209E	IN0209W	IN0210E	IN0210W
29-Dec-98	1	126,330002	0	0	0
29-Dec-98	2	62,5	65	62,5	0
29-Dec-98	3	0	0	0	0
30-Dec-98	1	0	0	0	0
30-Dec-98	2	0	60	47	0
30-Dec-98	3	0	0	0	0

Tabla 4: Tonelajes por fecha y turno para punto

Una vez elaborada la tabla de tonelaje se procedió a eliminar aquellos puntos que no registraron extracción en toda su historia, por considerarse como inexistentes; es decir, que fueron proyectados en la malla, pero nunca tuvieron extracción. Debido a esto se redujo el número de puntos estudiados de 633 a 578.

De esta tabla se extrajo la información de inicio y término del punto, tomando como inicio la fecha y turno del primer tonelaje extraído, y como término la fecha de la última vez que se le extrajo. Esta información fue utilizada posteriormente para determinar el período en el cual se le calculó el índice de uniformidad a los distintos puntos.

La información de inicio y término de los puntos fue compilada en una tabla de la siguiente forma.

	IN0209E	IN0209W	IN0210E	IN0210W
fecha inicio	29-Dec-98	29-Dec-98	26-Dec-98	26-Dec-98
turno inicio	1	2	3	3
fecha termino	3-Sep-02	4-Sep-02	3-Sep-02	4-Sep-02
turno fin	1	1	1	1

Tabla 5: ejemplo de tabla con fecha de inicio y termino de cada punto.

Posteriormente, a partir del resultado global obtenido de la tabla anterior, se realizaron nuevas tablas, con el mismo formato para calcular el tonelaje extraído desde un punto en distintos espacios temporales. Los espacios temporales escogidos fueron 3, 5, 7, 9, 11 y 13 turnos, tomando como centro del espacio temporal la fecha y turno correspondiente. Por ejemplo, para calcular el tonelaje extraído para un período de 3 turnos, se sumara el tonelaje del turno anterior, más el tonelaje del turno posterior, más el tonelaje del turno central.

A modo de ejemplo, en la tabla siguiente se muestran los resultados que se obtendrían para un período de 3 turnos con los tonelajes correspondientes a la tabla 4.

Fecha	Turno	IN0209E	IN0209W	IN0210E	IN0210W
29-Dec-98	1	188,830002	65	62,5	0
29-Dec-98	2	188,830002	65	62,5	0
29-Dec-98	3	62,5	65	62,5	0
30-Dec-98	1	0	60	47	0
30-Dec-98	2	0	60	47	0
30-Dec-98	3	0	60	47	0

Tabla 6: Tonelajes acumulado por fecha y turno para punto para un período de 3 turnos

3.2.1 Definición de radios a estudiar.

Una vez realizado los cálculos de tonelaje de todos los puntos para los distintos períodos se procedió a definir cuales serian los radios escogidos para el calculo del índice de uniformidad.

Para esto se procedió a identificar los vecinos de cada uno de los 578 puntos dentro de los siguientes radios: 13m, 15m, 17m, 17.5m, 19m, 20m, 21m, 22m, 22,5m, 23m, 24m y 25 m.

La tabla siguiente muestra la cantidad de puntos que pertenecen a una vecindad, especificados por el número de puntos de extracción pertenecientes a dicha vecindad (primera columna), para un radio determinado (primera fila).

N de puntos en la vecindad de radio R	RADIO DE VECINDAD											
	13,0	15,0	17,0	17,5	19,0	20,0	21,0	22,0	22,5	23,0	24,0	25,0
1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	113	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	461	28	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0
4	1	147	38	38	38	37	12	12	11	11	11	5
5	0	398	80	80	80	81	46	46	25	24	24	20
6	0	0	80	80	80	80	84	84	70	70	70	49
7	0	0	376	376	376	375	90	90	57	58	58	42
8	0	0	0	0	0	1	346	346	69	69	69	57
9	0	0	0	0	0	0	0	0	346	346	346	104
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	301
total	578	578	578	578	578	578	578	578	578	578	578	578

Tabla 7: Cantidad de puntos con N-1 vecinos para distintos radios

En la siguiente tabla se pueden ver los datos de la tabla anterior expresados en porcentajes y organizados de la misma forma.

N de puntos en la vecindad de radio R	RADIO DE VECINDAD											
	13,0	15,0	17,0	17,5	19,0	20,0	21,0	22,0	22,5	23,0	24,0	25,0
1	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	19,6	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	79,8	4,8	0,7	0,7	0,7	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	0,2	25,4	6,6	6,6	6,6	6,4	2,1	2,1	1,9	1,9	1,9	0,9
5	0,0	68,9	13,8	13,8	13,8	14,0	8,0	8,0	4,3	4,2	4,2	3,5
6	0,0	0,0	13,8	13,8	13,8	13,8	14,5	14,5	12,1	12,1	12,1	8,5
7	0,0	0,0	65,1	65,1	65,1	64,9	15,6	15,6	9,9	10,0	10,0	7,3
8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	59,9	59,9	11,9	11,9	11,9	9,9
9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	59,9	59,9	59,9	18,0
10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	52,1

Tabla 8: Cantidad de puntos en porcentaje, con N-1 vecinos para distintos radios

Los radios escogidos para definir las vecindades fueron 15m, 17m, 19m, 21m, 23m y 25m, que son los que se encuentran destacados en las 2 tablas anteriores. La elección de estos radios se debe a que se encuentran en una progresión numérica de 2 metros, la cual es una distancia que se podría considerar pequeña, no obstante presentan diferencias significativas en cuanto a la cantidades de puntos de extracción que se utilizan para el cálculo del IU.

Una vez definidos los radios que se utilizaron para el cálculo del índice de uniformidad se procedió a verificar cuáles serían los vecinos de cada punto para los distintos radios, considerando la información de las coordenadas de los 578 puntos estudiados. Para esto se desarrollaron tablas para los distintos radios elegidos. A continuación se muestra a modo de ejemplo una tabla obtenida para 4 puntos de extracción.

	IN0209E	IN0209W	IN0210E	IN0210W
VECINO 1	IN0210E	IN0210E	IN0209E	IN0209W
VECINO 2	IN0309W	IN0210W	IN0209W	IN0211E
VECINO 3			IN0211E	IN0211W
VECINO 4			IN0310W	

Tabla 9: Ejemplo de puntos con sus vecinos en un radio elegido.

Una vez obtenidos todos los datos necesarios se procedió a calcular el valor numérico del índice de uniformidad. La metodología de este cálculo, para cada turno, consistió en la siguiente secuencia de pasos:

- Se calculó el índice de uniformidad para cada punto desde el inicio hasta el fin del punto.
- El cálculo del índice de uniformidad, para cada fecha y turno, se realizó con los tonelajes de los puntos existentes en dichos períodos. Cabe hacer notar que el número de vecinos existentes dentro de un radio determinado puede aumentar con el tiempo, por lo que la cantidad de puntos utilizados para el cálculo del índice de uniformidad también irá aumentando. Por ejemplo, un punto de extracción al cual se le calcula el índice de uniformidad con un radio de 15 metros y que según la malla proyectada este punto tiene 3 vecinos en este radio, y al iniciar el cálculo sólo 2 de los puntos vecinos están en la condición de existentes(aun no ha sido abierto) a dicha fecha, sólo se calculará el índice para un valor de N igual a 3(punto de extracción estudiado más los 2 vecinos activos) , y al momento de que el punto restante entre en la condición de existencia(comience a extraer tonelaje) el N utilizado para el cálculo será 4.
- Los resultados del valor del índice de uniformidad se compiló en tablas con el siguiente formato:

Fecha	Turno	IN0209E	IN0209W	IN0210E	IN0210W
29/12/1998	1	2,75		1	1
29/12/1998	2	1,375	1,38942308	2,44101331	2
29/12/1998	3	0	0	0	0
30/12/1998	1	0	0	0	0
30/12/1998	2	1	1,45625	3,52875	2
30/12/1998	3	0	0	0	0

Tabla 10: Valores del índice de uniformidad por punto para cada fecha y turno.

- También se hicieron tablas para rescatar el valor de N en cada uno de los períodos. A continuación se muestra una tabla con dichos valores a modo de ejemplo.

Fecha	Turno	IN0209E	IN0209W	IN0210E	IN0210W
29/12/1998	1	3		4	3
29/12/1998	2	3	3	5	4
29/12/1998	3	3	3	5	4
30/12/1998	1	3	3	5	4
30/12/1998	2	3	3	5	4
30/12/1998	3	3	3	5	4

Tabla 11: Número de vecinos N+1 de cada punto ordenado por fecha y turno.

3.2.3 Determinación de matrices de uniformidad

Se determinaron nuevas matrices de uniformidad ya que, como se vio en la bibliografía, la matriz de uniformidad utilizada es para un número $N = 7$ fijo. Se tomó como referencia base dicha matriz de uniformidad.

La matriz base utilizada fue la que se muestra a continuación, donde U corresponde a tiraje uniforme, SU a tiraje semi uniforme y DS a un tiraje desuniforme.

		Índice específico de uniformidad				
		0.0-0.2	0.2-0.4	0.4-0.6	0.6-0.8	0.8-1.0
NÚMERO DE INACTIVOS	0	U	U	U	SU	SU
	1	U	U	SU	SU	SU
	2	U	SU	SU	SU	DU
	3	SU	SU	SU	DU	DU
	4	SU	SU	DU	DU	DU
	5	DU	DU	DU	DU	DU
	6	DU	DU	DU	DU	DU

Tabla 12: Matriz de Uniformidad de 7x5

Lo primero que se hizo fue reproducir la matriz anterior con intervalos de índices específicos de uniformidad de 0.1, para disminuir el error al generar las matrices para los distintos N.

La matriz resultante es la siguiente:

		Índice específico de uniformidad									
		0.0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.3	0.3-0.4	0.4-0.5	0.5-0.6	0.6-0.7	0.7-0.8	0.8-0.9	0.9-1.0
NÚMERO DE INACTIVOS	0	U	U	U	U	U	U	SU	SU	SU	SU
	1	U	U	U	U	SU	SU	SU	SU	SU	SU
	2	U	U	SU	SU	SU	SU	SU	SU	DU	DU
	3	SU	SU	SU	SU	SU	SU	DU	DU	DU	DU
	4	SU	SU	SU	SU	DU	DU	DU	DU	DU	DU
	5	DU	DU	DU	DU	DU	DU	DU	DU	DU	DU
	6	DU	DU	DU	DU	DU	DU	DU	DU	DU	DU

Tabla 13: Matriz de Uniformidad de 7x10

Se observa que las proporciones de cada categoría de uniformidad en tanto por uno de esta matriz son:

U	0,171
SU	0,371
DU	0,457

Tabla 14: Proporciones de U, SU y DS en la matriz de tabla 13.

Posteriormente lo que se hizo fue generar la siguiente relación entre el número de bloques de la nueva matriz y los 70 bloques de la matriz base:

$$= \frac{*}{70}$$

donde:

N = número total de bloques de la matriz nueva.

n = número de bloques consecutivos de una misma categoría.

A modo de ejemplo, para una matriz con 5 vecinos el número N de bloques de dicha matriz es 60.

Los resultados de estos cálculos se muestran a continuación:

		N = Número total de bloques de la matriz						
		70	60	50	40	30	20	10
Z	1	0,86	0,71	0,57	0,43	0,29	0,14	
	2	1,71	1,43	1,14	0,86	0,57	0,29	
	3	2,57	2,14	1,71	1,29	0,86	0,43	
	4	3,43	2,86	2,29	1,71	1,14	0,57	
	5	4,29	3,57	2,86	2,14	1,43	0,71	
	6	5,14	4,29	3,43	2,57	1,71	0,86	

Tabla 15: Relaciones entre la matriz de la tabla 13 y las nuevas matrices

Los resultados de las relaciones para las diferentes matrices se interpretaron desde un punto de vista o criterio conservador, semi conservador y no conservador.

A continuación se explican estos 3 puntos o criterios de vista:

Sea:

E = Parte entera del valor de la relación calculada.

D = Parte decimal del valor de la relación calculada.

- $$= \begin{cases} < 50 \\ > 50 \end{cases}$$
- $$= \begin{cases} + 1 & \geq 50 \\ & < 50 \end{cases}$$
- $$= \begin{cases} = 0 \\ + 1 & > 0 \end{cases}$$

A continuación se muestra los valores obtenidos para una matriz de un punto con 5 vecinos existentes aplicando los 3 puntos de vista definidos.

		Número total de bloques			
70	Relación para N = 60	N = 60 conservador	N = 60 Semi Conservador	N = 60 No conservador	
N	1	0,86	0	1	1
	2	1,71	1	2	2
	3	2,57	2	3	3
	4	3,43	3	3	3
	5	4,29	4	4	5
	6	5,14	5	5	6

Tabla 16: Ejemplo para visualizar el criterio conservador, semi conservador y no conservado.

Con los resultados de esta tabla se generan tres matrices para 5 vecinos: una conservadora, otra semi conservadora y una tercera no conservadora. Estas matrices son:

- Conservadora

		Índice específico de uniformidad									
		0.0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.3	0.3-0.4	0.4-0.5	0.5-0.6	0.6-0.7	0.7-0.8	0.8-0.9	0.9-1.0
NÚMERO DE INACTIVOS	0	U	U	U	U	U	SU	SU	SU	SU	U
	1	U	U	U	SU	SU	SU	SU	SU	SU	U
	2	U	SU	SU	SU	SU	SU	SU	U	U	U
	3	SU	SU	SU	SU	SU	U	U	U	U	U
	4	SU	SU	SU	U	U	U	U	U	U	U
	5	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U

Tabla 17: Ejemplo de matriz realizada de forma conservadora para un punto con 5 vecinos.

Se observa que las proporciones de cada categoría de uniformidad en tanto por uno de esta matriz son:

U	0,150
SU	0,400
DU	0,450

Tabla 18: Proporción de U, SU y DU de la matriz de ejemplo

- Semi conservadora

		Índice específico de uniformidad									
		0.0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.3	0.3-0.4	0.4-0.5	0.5-0.6	0.6-0.7	0.7-0.8	0.8-0.9	0.9-1.0
NÚMERO DE INACTIVOS	0	U	U	U	U	U	SU	SU	SU	SU	DU
	1	U	U	U	SU	SU	SU	SU	SU	SU	DU
	2	U	U	SU	SU	SU	SU	SU	DU	DU	DU
	3	SU	SU	SU	SU	SU	SU	DU	DU	DU	DU
	4	SU	SU	SU	DU						
	5	DU	DU	DU	DU	DU	DU	DU	DU	DU	DU

Tabla 19: Ejemplo de matriz realizada de forma conservadora para un punto con 5 vecinos.

Se observa que las proporciones de cada categoría de uniformidad en tanto por uno de esta matriz son:

U	0,167
SU	0,400
DU	0,433

Tabla 20: Proporción de U, SU y DU de la matriz de ejemplo

- No conservadora

		Índice específico de uniformidad									
		0.0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.3	0.3-0.4	0.4-0.5	0.5-0.6	0.6-0.7	0.7-0.8	0.8-0.9	0.9-1.0
NÚMERO DE INACTIVOS	0	U	U	U	U	U	U	SU	SU	SU	SU
	1	U	U	U	U	SU	SU	SU	SU	SU	SU
	2	U	U	SU	SU	SU	SU	SU	SU	DU	DU
	3	SU	SU	SU	SU	SU	SU	DU	DU	DU	DU
	4	SU	SU	SU	SU	DU	DU	DU	DU	DU	DU
	5	DU	DU	DU	DU	DU	DU	DU	DU	DU	DU

Tabla 21: Ejemplo de matriz realizada de forma conservadora para un punto con 5 vecinos.

Se observa que las proporciones de cada categoría de uniformidad en tanto por uno de esta matriz son:

U	0,200
SU	0,433
DU	0,367

Tabla 22: Proporción de U, SU y DU de la matriz de ejemplo

Análogamente se repite esta operación para elaborar las matrices para cada punto de extracción, considerando 4, 3, 2 y 1 vecinos.

Una vez obtenidas las proporciones de Uniformidad, Semiuniformidad y de Desuniformidad, se procedió a analizar cuál de los tres puntos o criterios de vistas tenía un menor error asociado.

El error se calculo aplicando la relación:

$$\Delta = (-)$$

Donde X = 0,171 para el caso Uniforme, 0,371 para el caso Semi Uniforme y 0,457 si es Desuniforme.

A continuación se muestran los resultados obtenidos para los tres criterios sindicados.

- Conservador

	Referencia	5	4	3	2	1
U	0,171	0,150	0,140	0,150	0,100	0,100
SU	0,371	0,400	0,420	0,425	0,467	0,500
DU	0,457	0,450	0,440	0,425	0,433	0,400

Tabla 23: Proporciones en tanto por uno caso Conservador

	5	4	3	2	1	total
U	0,000	0,001	0,000	0,005	0,005	0,012
SU	0,001	0,002	0,003	0,009	0,017	0,032
DU	0,000	0,000	0,001	0,001	0,003	0,005
						0,049

Tabla 24: Errores de caso Conservador

- Semi Conservador

	Referencia	5	4	3	2	1
U	0,171	0,167	0,160	0,150	0,200	0,150
SU	0,371	0,400	0,440	0,425	0,467	0,500
DU	0,457	0,433	0,400	0,425	0,333	0,350

Tabla 25: Proporciones en tanto por uno caso Semi Conservador

	5	4	3	2	1	total
U	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,002
SU	0,001	0,005	0,003	0,009	0,017	0,034
DU	0,001	0,003	0,001	0,015	0,011	0,032
						0,068

Tabla 26: Errores de caso Semi Conservador

- No Conservador

	Referencia	5	4	3	2	1
U	0,171	0,200	0,200	0,225	0,200	0,200
SU	0,371	0,433	0,460	0,450	0,467	0,500
DU	0,457	0,367	0,340	0,325	0,333	0,300

Tabla 27: Proporciones en tanto por uno caso No Conservador

	5	4	3	2	1	total
U	0,001	0,001	0,003	0,001	0,001	0,006
SU	0,004	0,008	0,006	0,009	0,017	0,043
DU	0,008	0,014	0,017	0,015	0,025	0,079
						0,129

Tabla 28: Errores de caso No Conservador

Al analizar los resultados se observa que el menor error corresponde al caso Conservador, por lo cual se optó por este criterio para los fines de este estudio.

Finalmente, las matrices utilizadas para determinar si un punto fue extraído con tiraje Uniforme, Semi Uniforme o Desuniforme son las siguientes:

		Índice específico de uniformidad									
		0.0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.3	0.3-0.4	0.4-0.5	0.5-0.6	0.6-0.7	0.7-0.8	0.8-0.9	0.9-1.0
NÚMERO DE INACTIVOS	0	U	U	U	U	U	U	U	U	SU	SU
	1	U	U	U	U	U	SU	SU	SU	SU	SU
	2	U	U	SU							
	3	SU	SU	SU	SU	SU	SU	SU	SU	DU	DU
	4	SU	SU	SU	SU	SU	DU	DU	DU	DU	DU
	5	DU	DU	DU	DU	DU	DU	DU	DU	DU	DU
	6	DU	DU	DU	DU	DU	DU	DU	DU	DU	DU
	7	DU	DU	DU	DU	DU	DU	DU	DU	DU	DU
	8	DU	DU	DU	DU	DU	DU	DU	DU	DU	DU
	9	DU	DU	DU	DU	DU	DU	DU	DU	DU	DU

Tabla 29: Matriz para 9 vecinos existentes

		Índice específico de uniformidad									
		0.0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.3	0.3-0.4	0.4-0.5	0.5-0.6	0.6-0.7	0.7-0.8	0.8-0.9	0.9-1.0
NÚMERO DE INACTIVOS	0	U	U	U	U	U	U	U	SU	SU	SU
	1	U	U	U	U	U	SU	SU	SU	SU	SU
	2	U	U	SU	DU						
	3	SU	SU	SU	SU	SU	SU	SU	DU	DU	DU
	4	SU	SU	SU	SU	SU	DU	DU	DU	DU	DU
	5	DU	DU	DU	DU	DU	DU	DU	DU	DU	DU
	6	DU	DU	DU	DU	DU	DU	DU	DU	DU	DU
	7	DU	DU	DU	DU	DU	DU	DU	DU	DU	DU
	8	DU	DU	DU	DU	DU	DU	DU	DU	DU	DU

Tabla 30: Matriz para 8 vecinos existentes

		Índice específico de uniformidad									
		0.0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.3	0.3-0.4	0.4-0.5	0.5-0.6	0.6-0.7	0.7-0.8	0.8-0.9	0.9-1.0
NÚMERO DE INACTIVOS	0	U	U	U	U	U	U	SU	SU	SU	SU
	1	U	U	U	U	SU	SU	SU	SU	SU	SU
	2	U	U	SU	SU	SU	SU	SU	SU	DU	DU
	3	SU	SU	SU	SU	SU	SU	DU	DU	DU	DU
	4	SU	SU	SU	SU	DU	DU	DU	DU	DU	DU
	5	DU	DU	DU	DU	DU	DU	DU	DU	DU	DU
	6	DU	DU	DU	DU	DU	DU	DU	DU	DU	DU
	7	DU	DU	DU	DU	DU	DU	DU	DU	DU	DU

Tabla 31: Matriz para 7 vecinos existentes

		Índice específico de uniformidad									
		0.0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.3	0.3-0.4	0.4-0.5	0.5-0.6	0.6-0.7	0.7-0.8	0.8-0.9	0.9-1.0
NÚMERO DE INACTIVOS	0	U	U	U	U	U	U	SU	SU	SU	SU
	1	U	U	U	U	SU	SU	SU	SU	SU	SU
	2	U	U	SU	SU	SU	SU	SU	SU	DU	DU
	3	SU	SU	SU	SU	SU	SU	DU	DU	DU	DU
	4	SU	SU	SU	SU	DU	DU	DU	DU	DU	DU
	5	DU	DU	DU	DU	DU	DU	DU	DU	DU	DU
	6	DU	DU	DU	DU	DU	DU	DU	DU	DU	DU

Tabla 32: Matriz para 6 vecinos existentes

:

		Índice específico de uniformidad									
		0.0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.3	0.3-0.4	0.4-0.5	0.5-0.6	0.6-0.7	0.7-0.8	0.8-0.9	0.9-1.0
NÚMERO DE INACTIVOS	0	U	U	U	U	U	SU	SU	SU	SU	DU
	1	U	U	U	SU	SU	SU	SU	SU	SU	DU
	2	U	SU	SU	SU	SU	SU	SU	DU	DU	DU
	3	SU	SU	SU	SU	SU	DU	DU	DU	DU	DU
	4	SU	SU	SU	DU						
	5	DU	DU	DU	DU	DU	DU	DU	DU	DU	DU

Tabla 33: Matriz para 5 vecinos existentes

		Índice específico de uniformidad									
		0.0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.3	0.3-0.4	0.4-0.5	0.5-0.6	0.6-0.7	0.7-0.8	0.8-0.9	0.9-1.0
NÚMERO DE INACTIVOS	0	U	U	U	U	SU	SU	SU	SU	DU	DU
	1	U	U	SU	SU	SU	SU	SU	SU	DU	DU
	2	U	SU	SU	SU	SU	SU	DU	DU	DU	DU
	3	SU	SU	SU	SU	DU	DU	DU	DU	DU	DU
	4	SU	SU	DU							

Tabla 34: Matriz para 4 vecinos existentes

		Índice específico de uniformidad									
		0.0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.3	0.3-0.4	0.4-0.5	0.5-0.6	0.6-0.7	0.7-0.8	0.8-0.9	0.9-1.0
NÚMERO DE INACTIVOS	0	U	U	U	SU	SU	SU	SU	SU	DU	DU
	1	U	U	SU	SU	SU	SU	SU	DU	DU	DU
	2	U	SU	SU	SU	SU	DU	DU	DU	DU	DU
	3	SU	SU	SU	DU						

Tabla 35: Matriz para 3 vecinos existentes

		Índice específico de uniformidad									
		0.0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.3	0.3-0.4	0.4-0.5	0.5-0.6	0.6-0.7	0.7-0.8	0.8-0.9	0.9-1.0
NÚMERO DE INACTIVOS	0	U	U	SU	SU	SU	SU	SU	DU	DU	DU
	1	U	SU	SU	SU	SU	SU	DU	DU	DU	DU
	2	SU	SU	SU	SU	DU	DU	DU	DU	DU	DU

Tabla 36: Matriz para 2 vecinos existentes

		Índice específico de uniformidad									
		0.0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.3	0.3-0.4	0.4-0.5	0.5-0.6	0.6-0.7	0.7-0.8	0.8-0.9	0.9-1.0
NÚMERO DE INACTIVOS	0	U	SU	SU	SU	SU	SU	SU	DU	DU	DU
	1	U	SU	SU	SU	SU	DU	DU	DU	DU	DU

Tabla 37: Matriz para 1 vecino existente

3.2.4 Cálculo de la uniformidad

Con los valores numéricos del índice de uniformidad y con el número de vecinos (N-1) que determina cuál matriz utilizar se obtienen las categorizaciones de uniformidad para cada punto en cada fecha y turno.

A continuación se muestra una tabla con estos datos para 4 puntos a modo de ejemplo.

Fecha	Turno	IN0209E	IN0209W	IN0210E	IN0210W
29-dic-98	1	3		1	1
29-dic-98	2	2	2	2	1
29-dic-98	3	1	1	1	1
30-dic-98	1	1	1	1	1
30-dic-98	2	1	2	3	1
30-dic-98	3	1	1	1	1

Tabla 38: Número de vecinos existentes por punto organizado por fecha y turno

Donde el valor 1 significa Uniforme, 2 Semi Uniforme y 3 Desuniforme.

CAPÍTULO 4 Categorización de los puntos de extracción

En este capítulo se analiza el comportamiento de los puntos de extracción en base a los modelos de flujo gravitacional obtenidos a partir del porcentaje de dilución y porcentaje de extracción de los puntos.

4.1 *Calculo del porcentaje de extracción de los puntos*

Lo primero fue procesar la información requerida para estimar los porcentajes de extracción y de dilución para cada uno de los 578 puntos en función del tiempo. A continuación se describe como se realizó el cálculo de ambos porcentajes:

4.1.1 **Calculo del porcentaje de extracción.**

Se realizó el cálculo del tonelaje total extraído por mes y por año de todos los puntos de extracción. Posteriormente se calcularon los tonelajes acumulado de los puntos de extracción por mes y por año.

Finalmente, con estos datos, se elaboró una tabla con los porcentajes de tonelaje acumulado, especificados por la identificación del punto de extracción y por la fecha (mes y año) en que se calculó el porcentaje de tonelaje acumulado.

A continuación se muestra a modo de ejemplo una tabla con dicho formato.

	Jun, 2000	Jul, 2000	Ago, 2000	Sep, 2000
IN0209E	25,8 %	36,5 %	44,1 %	52,7 %
IN0209W	20,9 %	32,9 %	40,4 %	50,7 %
IN0210E	33,1 %	44,1 %	52,4 %	62,7 %
IN0210W	25,8 %	32,7 %	37,8 %	48,4 %

Tabla 39: Porcentaje de tonelaje acumulado por turno

4.1.2 Cálculo del porcentaje de dilución.

Lo primero que se realizó fue calcular las toneladas de estéril extraída por todos los puntos de extracción por fecha (días y turnos), conociendo el porcentaje de dilución que tuvieron los puntos en cada turno que extrajeron mineral.

Luego se realizó el cálculo del tonelaje de estéril total por mes y año de todos los puntos de extracción.

Posteriormente se calcularon tonelajes de estéril acumulado de los puntos de extracción por mes y año.

Finalmente con estos datos, se elaboró una tabla con los porcentajes de tonelaje de estéril acumulado, especificados por el nombre del punto de extracción y por la fecha (mes y año).

A continuación se muestra a modo de ejemplo una tabla con dicho formato.

..

	Jun,00	Jul,00	Aug,00	Sep,00
IN0209E	0,0	0,1	2,3	10,6
IN0209W	5,6	5,6	6,4	9,9
IN0210E	0,1	0,2	1,0	6,2
IN0210W	10,1	17,3	19,0	23,7

Tabla 40: porcentaje dilución acumulada

4.2 Categorización de los puntos de extracción

Para la categorización de los puntos se decidió eliminar de este estudio a los puntos que tuvieron en su historia una extracción menor de menos de 40.000 toneladas, considerando que no poseen suficientes datos para decidir una clasificación de su flujo gravitacional.

Como resultado de este filtro los puntos estudiados se redujeron ahora a 477 de los 578 anteriormente estudiados. Con los puntos ya filtrados y con todos los datos de dilución y extracción se categorizaron los puntos según el flujo gravitacional mediante

dos criterios: criterio del PED (Porcentaje de entrada de la dilución) y el criterio visual. A continuación se explican ambos criterios empleados.

4.2.1 Criterio del PED10 (Porcentaje de Entrada de la Dilución igual a 10)

Este criterio consistió en clasificar los puntos de extracción basados en el tonelaje extraído en el momento que el PED del punto es de 10 %, para esto se creó un índice llamado “valor de interacción”, que puede adoptar los siguientes valores:

- Valor de interacción igual a 1: Se considera que el punto posee un flujo interactivo, cuando el tonelaje acumulado extraído del punto al momento que el PED supera el 10% es menor a 17.500 toneladas.
- Valor de interacción igual a 2: Se considera que el punto posee un flujo aislado-interactivo, cuando el tonelaje acumulado extraído del punto al momento que el PED supera el 10% se encuentra entre 17.500 y 33500 toneladas.
- Valor de interacción igual a 3: Se considera que el punto posee un flujo aislado, cuando el tonelaje acumulado extraído del punto al momento que el PED supera el 10% es mayor a 33500 toneladas.

Con esta clasificación se obtuvieron 140 puntos de extracción con un flujo interactivo, 150 puntos de extracción con flujo aislado-interactivo y 187 puntos con un flujo aislado. A continuación se presenta una vista en planta de la distribución de los puntos según su flujo.

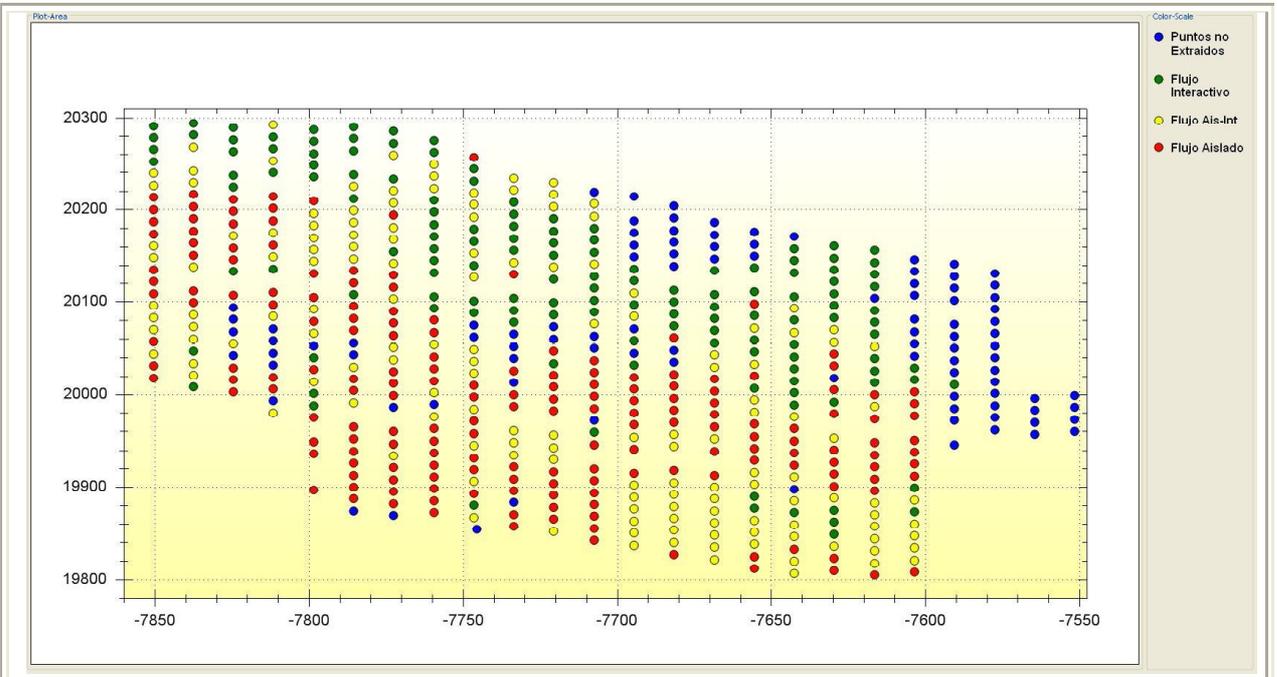
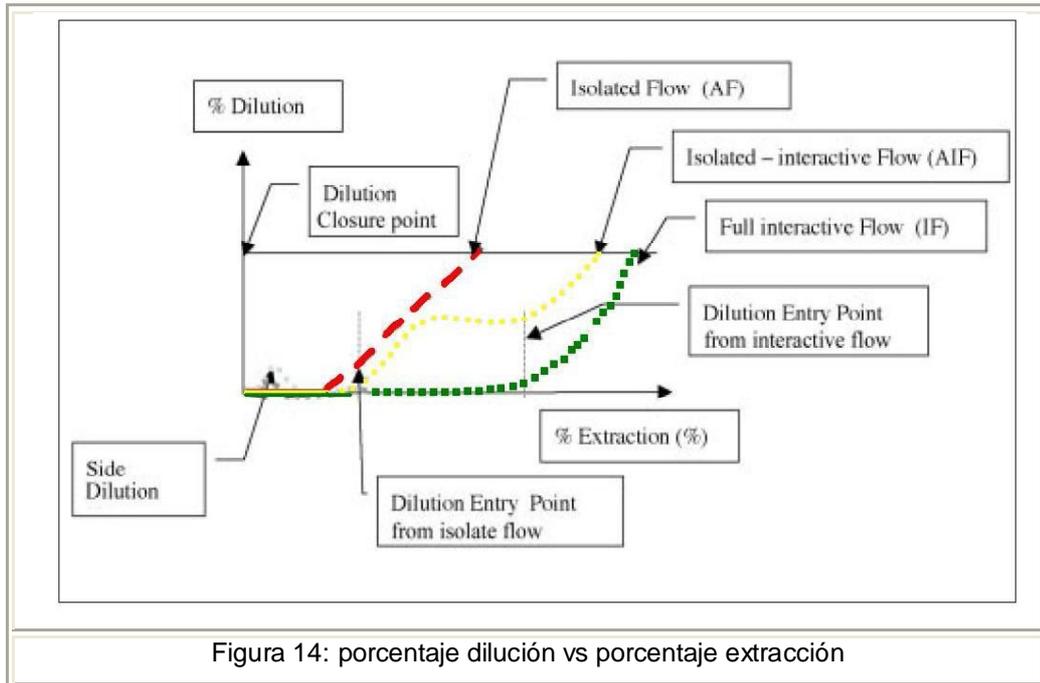


Figura 13: Vista en Planta de los 578 puntos por flujo interactivo, aislado-interactivo y aislado según criterio PED10

4.2.2 Criterio visual

Este criterio se basó en la observación de las curvas de porcentaje de dilución vs porcentaje de extracción de cada uno de los 477 puntos de extracción estudiados, y catalogarlos según su comportamiento en Interactivos, Aislados-interactivos y Aislados comparándolos con el comportamiento propuesto por Susaeta ilustrado en la siguiente figura.



A continuación se muestran 2 puntos de cada categoría a modo de ejemplo.

Flujo Interactivo

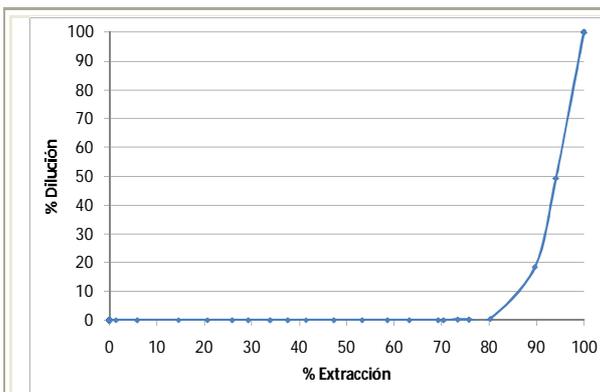


Figura 15: gráfico porcentaje dilución vs porcentaje extracción punto IN0823E

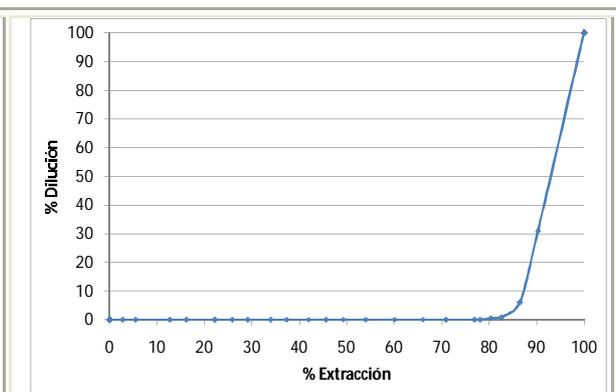


Figura 16: gráfico porcentaje dilución vs porcentaje extracción punto IN0822E

Flujo Aislado-interactivo

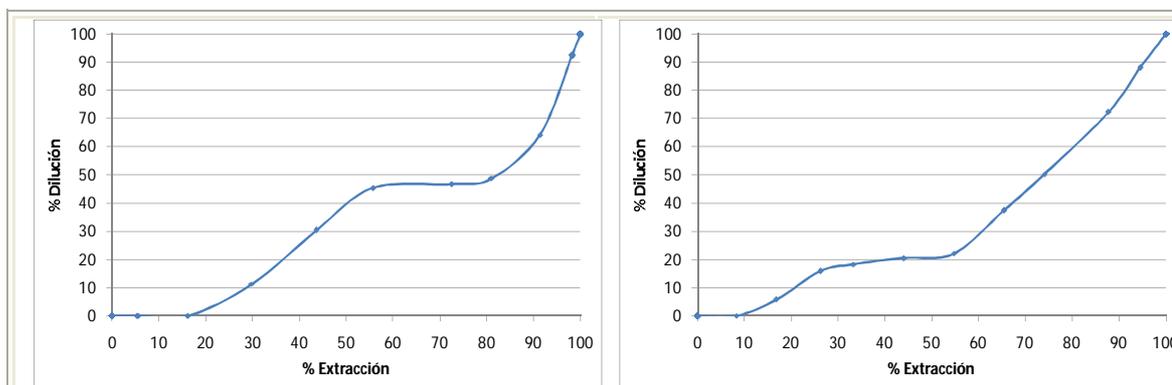


Figura 17: gráfico porcentaje dilución vs porcentaje extracción punto IN0712W

Figura 18: gráfico porcentaje dilución vs porcentaje extracción punto IN0516W

Flujo Aislado

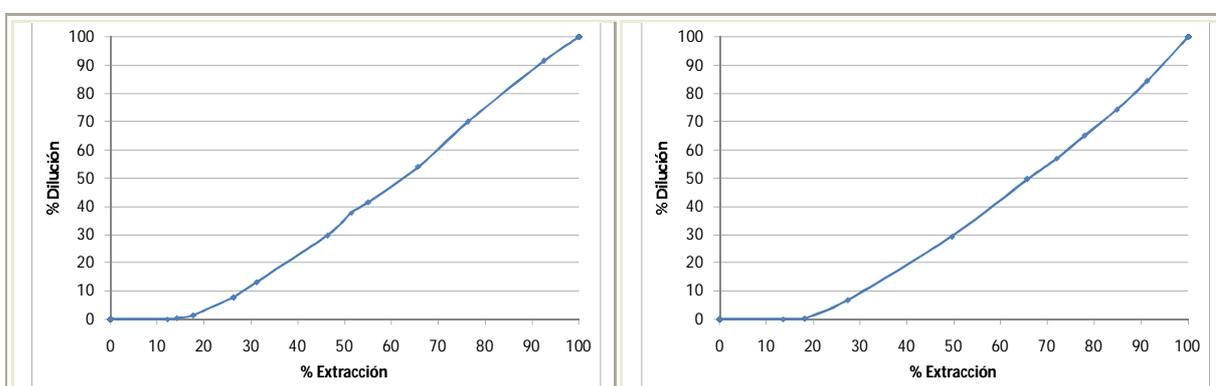


Figura 19: gráfico porcentaje dilución vs porcentaje extracción punto IN0812W

Figura 20: gráfico porcentaje dilución vs porcentaje extracción punto IN0412W

Con esta clasificación se obtuvieron 124 puntos de extracción con un flujo interactivo (valor de interacción igual a 1), 239 puntos de extracción con flujo aislado-interactivo (valor de interacción igual a 2), y 114 puntos con un flujo aislado (valor de interacción igual a 3). A continuación se presenta una vista en planta de la distribución de estos puntos según su flujo.

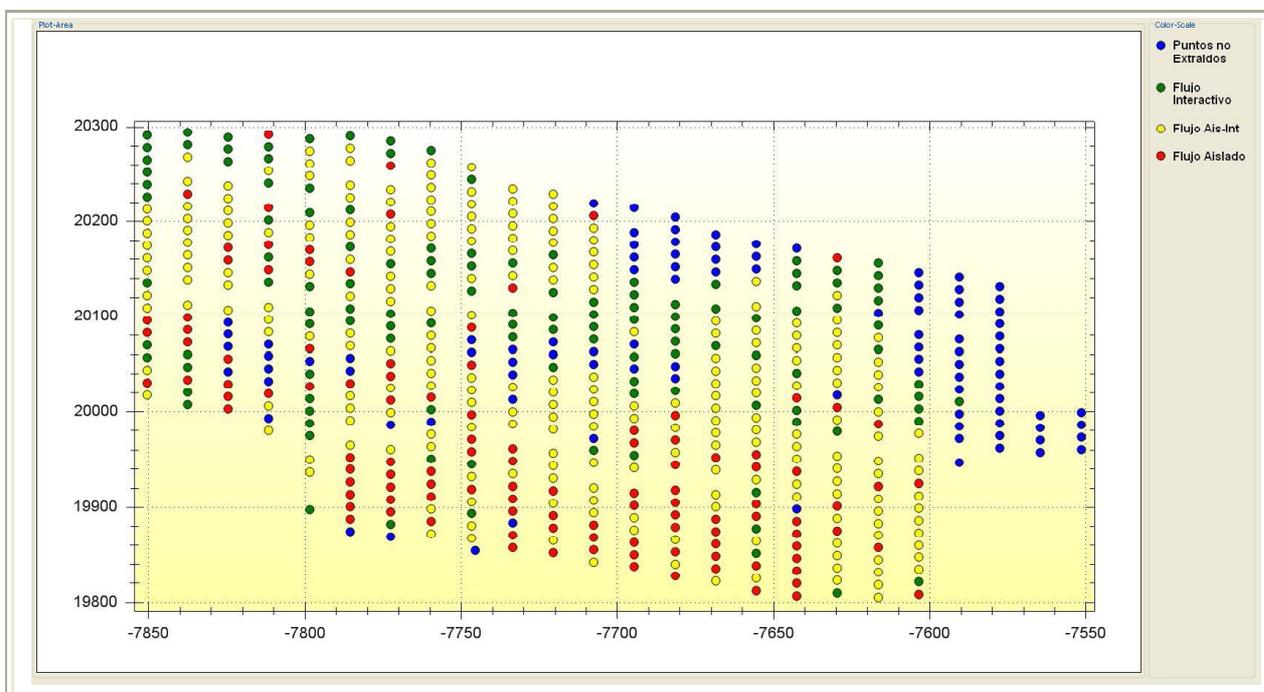


Figura 21: Vista en Planta de los 578 organizados en flujo interactivo, aislado-interactivo y aislado según criterio Visual

4.2.2 Comparación entre ambos criterios.

En este puntos se calcularon los números de puntos de extracción que coinciden en la categorización para ambos criterios y aquellos que no. A continuación se muestra una tabla con estos valores divididos por criterio y por categorización.

		Criterio Visual		
		124 Interactivos	239 Ais-Int	114 aislados
Criterio PED	140 Interactivos	80	54	6
	150 Ais-Int	19	81	50
	187 Aislados	25	104	58

Tabla 41: cantidad de puntos distribuidos según ambos criterios

Como se puede observar las coincidencias entre ambos criterios se encuentran en la diagonal, y no se observan grandes coincidencias por categoría entre ambos criterios.

CAPÍTULO 5 Estudios realizados para determinar los mejores parámetros de inicio en el cálculo del IU

Antes de comenzar con el análisis de resultados se definen los términos más utilizados en este capítulo y las abreviaciones de cada uno de ellos. A continuación se presentan dichos términos:

5.1 Términos más utilizados en este estudio

- Porcentaje de toneladas extraídas de forma Uniforme (% de Uniformidad; % Ton Uniforme): se refiere al porcentaje de toneladas extraídas con tiraje uniforme por un punto durante su historia. Cada punto tendrá distintos % de Uniformidad a medida que se varíen los parámetros de radio y período de tiempo utilizados para el cálculo de uniformidad.

- Porcentaje de toneladas extraídas de forma Desuniforme (% de Desuniformidad; % Ton Desuniforme): se refiere al porcentaje de toneladas extraídas con tiraje desuniforme por un punto durante su historia.

- PED10: Porcentaje de Entrada de la Dilución de 10%

- Tonelaje al PED10 (Ton PED10): se refiere al tonelaje acumulado del punto de extracción al momento de que la dilución acumulada supera el 10 %.

- Porcentaje de Tonelaje al PED10 :

$$\% \quad 10 = \frac{10}{\text{-----}}$$

- Modelos de Dilución (MD): se refiere a los modelos de comportamiento de los puntos de extracción basados en la dilución y la extracción de este. Como se ha descrito con anterioridad estos son interactivo (valor de interacción igual a 1), aislado-interactivo (2) y aislado (3).

5.2 Toneladas extraídas según tipo de tiraje

Al obtener el índice de uniformidad para todos los puntos en función de los parámetros período (número de turnos), y radio de vecindad y tonelaje extraído en cada turno, se procedió a calcular las toneladas extraídas con tiraje uniforme, semi uniforme y desuniforme para cada uno de los puntos. La información se procesó para todos los radios considerados y los resultados se presentaron como muestra la siguiente tabla a modo de ejemplo.

		TONELAJES				
		<i>Puntos</i>				
		<i>Tiraje</i>	IN0209E	IN0209W	IN0210E	IN0210W
<i>Periodos</i>	TONELAJE TOTAL	98.729,2	107.057,4	85.157,5	95.087,2	
1 turno	uniforme	35.207,5	59.804,7	35.977,2	64.820,3	
	semiuniforme	36.565,5	37.927,6	31.031,2	15.263,7	
	desuniforme	26.956,2	9.325,1	18.149,1	15.003,3	
3 turnos	uniforme	43.647,3	72.393,9	44.436,1	73.001,0	
	semiuniforme	34.580,8	29.995,3	29.968,1	12.474,4	
	desuniforme	20.501,1	4.668,2	10.753,3	9.611,9	
5 turnos	uniforme	44.256,2	73.778,4	45.796,9	74.357,1	
	semiuniforme	35.073,0	28.784,4	30.042,0	11.854,6	
	desuniforme	19.400,0	4.494,7	9.318,7	8.875,5	
7 turnos	uniforme	46.400,7	75.176,7	47.120,0	75.529,3	
	semiuniforme	33.464,5	27.938,8	29.878,5	11.663,7	
	desuniforme	18.864,0	3.941,9	8.158,9	7.894,3	
9 turnos	uniforme	46.927,2	75.929,1	48.469,2	76.275,3	
	semiuniforme	33.420,2	27.754,6	29.345,8	11.189,2	
	desuniforme	18.381,8	3.373,7	7.342,5	7.622,7	
11 turnos	uniforme	48.008,7	75.445,1	49.369,0	76.851,5	
	semiuniforme	32.902,0	28.334,8	28.828,6	10.366,5	
	desuniforme	17.818,5	3.277,6	6.959,9	7.869,2	
13 turnos	uniforme	48.523,3	75.761,5	49.993,3	77.259,5	
	semiuniforme	33.580,0	28.115,3	28.520,8	10.102,0	
	desuniforme	16.625,9	3.180,7	6.643,4	7.725,8	

Tabla 42: toneladas extraídos por punto para un radio de 25 m y períodos de 1, 3, 5, 7, 9, 11 y 13 turnos.

Con esta información se procedió a elaborar una tabla de similar formato, esta vez con los porcentajes de tonelaje uniforme, semi uniforme y desuniforme de todos los puntos. A continuación se muestra, a modo de ejemplo, como se organizo la información.

		PORCENTAJES				
		Puntos				
		Tiraje	INO209E	INO209W	INO210E	INO210W
Periodos	TONELAJE TOTAL	100,0	100,0	100,0	100,0	
1 turno	uniforme	35,7	55,9	42,2	68,2	
	semiuniforme	37,0	35,4	36,4	16,1	
	desuniforme	27,3	8,7	21,3	15,8	
3 turnos	uniforme	44,2	67,6	52,2	76,8	
	semiuniforme	35,0	28,0	35,2	13,1	
	desuniforme	20,8	4,4	12,6	10,1	
5 turnos	uniforme	44,8	68,9	53,8	78,2	
	semiuniforme	35,5	26,9	35,3	12,5	
	desuniforme	19,6	4,2	10,9	9,3	
7 turnos	uniforme	47,0	70,2	55,3	79,4	
	semiuniforme	33,9	26,1	35,1	12,3	
	desuniforme	19,1	3,7	9,6	8,3	
9 turnos	uniforme	47,5	70,9	56,9	80,2	
	semiuniforme	33,9	25,9	34,5	11,8	
	desuniforme	18,6	3,2	8,6	8,0	
11 turnos	uniforme	48,6	70,5	58,0	80,8	
	semiuniforme	33,3	26,5	33,9	10,9	
	desuniforme	18,0	3,1	8,2	8,3	
13 turnos	uniforme	49,1	70,8	58,7	81,3	
	semiuniforme	34,0	26,3	33,5	10,6	
	desuniforme	16.625,9	3.180,7	6.643,4	7.725,8	

Tabla 43: porcentajes extraídos por punto para un radio de 25 m y períodos de 1, 3, 5, 7, 9, 11 y 13 turnos.

5.3 Criterios de categorización

Con toda esta información se realizó un análisis aplicando distintos criterios de análisis.

Al momento de estudiar los resultados obtenidos en el punto anterior se procedió a realizar análisis separados para el tiraje uniforme, semi uniforme y desuniforme.

Finalmente la información se compiló en dos tablas para cada radio, una referida a los resultados obtenidos en cuanto a la razón de uniformidad y la segunda con respecto al porcentaje de desuniformidad, toda la información necesaria para este estudio. A continuación se muestran, a modo de ejemplo, 2 fracciones de ambas tablas para un radio utilizado de 15 metros.

Punto	Valor de Interacción		Porcentaje de Uniformidad (toneladas uniformes/toneladas totales) %						
	Criterio PED10	Criterio Visual	1t	3t	5t	7t	9t	11t	13t
IN0209E	1	1	40,4	44,1	44,9	46,0	46,0	46,2	46,9
IN0209W	3	2	56,0	61,0	62,7	63,5	63,8	63,6	63,3
IN0210E	2	1	41,5	55,1	57,2	59,0	60,8	61,7	62,7
IN0210W	3	3	67,1	76,4	77,3	77,6	78,1	78,9	79,0
IN0211E	2	3	24,9	32,4	34,0	34,7	35,5	36,2	36,8
IN0211W	2	2	69,4	76,4	77,9	78,3	78,8	78,9	79,3
IN0212E	1	1	6,2	9,9	10,6	10,4	10,8	10,9	10,9
IN0212W	3	1	55,7	60,9	61,4	61,9	62,6	62,8	63,4
IN0213E	2	1	18,0	23,6	26,0	26,0	26,3	26,4	26,6
IN0213W	2	1	38,2	42,1	43,3	44,3	45,6	45,8	46,2

Tabla 44: Ejemplo de datos de porcentaje de uniformidad para radio 15 metros

Punto	Valor de Interacción		Porcentaje de Desuniformidad (toneladas desuniformes/toneladas totales) %						
	Criterio PED10	Criterio Visual	1t	3t	5t	7t	9t	11t	13t
IN0209E	1	1	7,9	4,8	3,8	3,4	2,8	2,1	2,2
IN0209W	3	2	12,9	12,4	12,3	12,3	12,3	12,1	11,9
IN0210E	2	1	12,2	8,9	7,9	7,7	7,3	7,3	7,2
IN0210W	3	3	15,4	11,4	10,4	9,4	9,1	9,4	9,1
IN0211E	2	3	22,5	18,6	17,6	17,3	16,8	16,6	16,4
IN0211W	2	2	7,0	4,4	4,1	3,6	3,3	3,3	3,3
IN0212E	1	1	16,3	11,5	10,4	10,1	9,8	9,5	9,4
IN0212W	3	1	21,5	19,5	18,8	18,5	18,2	18,9	18,9
IN0213E	2	1	7,7	4,0	3,6	3,3	3,5	3,4	3,3
IN0213W	2	1	19,2	16,9	16,6	16,3	16,2	15,9	15,3

Tabla 45: Ejemplo de datos de porcentaje de desuniformidad para radio 15 metros

En la columna de los criterios, los valores de interacción 1, 2 y 3 corresponden a puntos de extracción con un tiraje interactivo, aislado-interactivo y aislado respectivamente.

A continuación se entregan los resultados obtenidos separados por criterio de Interactividad al analizar los datos.

5.3.1 Criterio del PED10

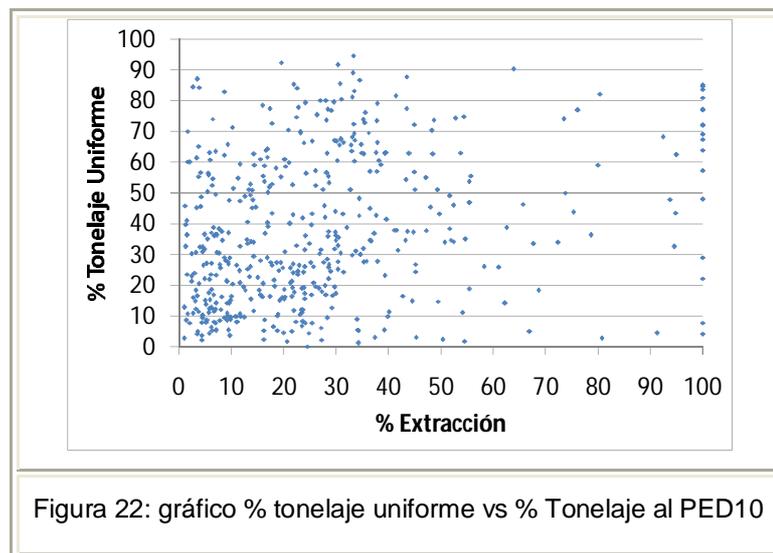
5.3.1.1 Porcentaje de Tonelaje extraído con tiraje uniforme

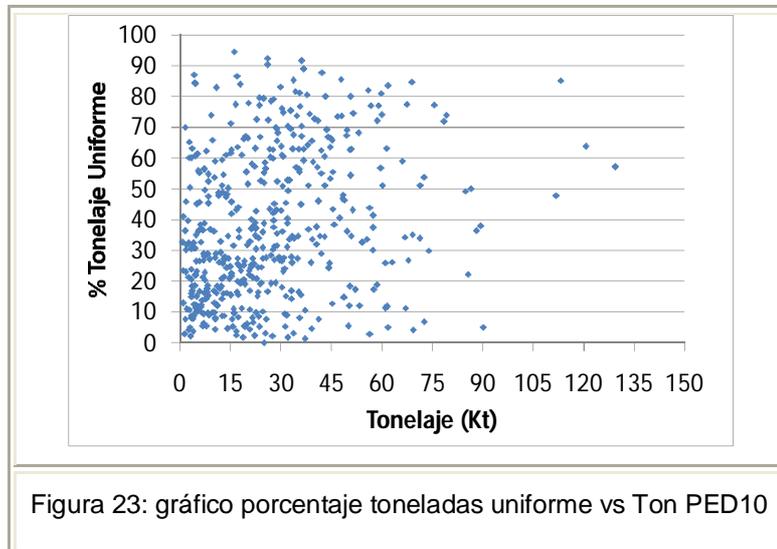
- **Porcentaje de Uniformidad vs % Tonelaje al PED10 y Porcentaje de Uniformidad vs Ton al PED10**

Lo primero que se hizo fue visualizar el comportamiento de los puntos en gráficos para observar si existen tendencias claras, tanto al estar agrupados por categoría según la interactividad o todos juntos. Estos gráficos se realizaron para todos los radios estudiados (15, 17, 19, 21, 23 y 25 metros) y para todos los períodos de tiempo (1, 3, 5, 7, 9, 11 y 13 turnos).

Al elaborar los gráficos de % de Uniformidad vs % Tonelaje al PED10 para todos los puntos, no se observan mayores diferencias entre los gráficos correspondientes a los distintos radios. Lo mismo ocurre con el comportamiento de un período de tiempo para distintos radios. Por otra parte al visualizar los gráficos realizados de % de Uniformidad vs Ton al PED10 tampoco se observa una clara distribución de los puntos.

A continuación se muestra como ejemplo el gráfico de % de Tonelaje Uniforme vs % tonelaje al PED10 y el gráfico de % de Tonelaje Uniforme vs Ton al PED10 que fueron realizados para un radio de 15 metros y un período de 5 turnos.





Posteriormente se separaron los datos por categoría de interactividad y se graficaron nuevamente el % de Uniformidad vs % tonelaje al PED10 y el de Uniformidad vs Ton al PED10, para las 3 categorías y para todos los radios y períodos estudiados.

A continuación se muestran los gráficos obtenidos sólo para el radio de 15m y un período de 5 turnos.

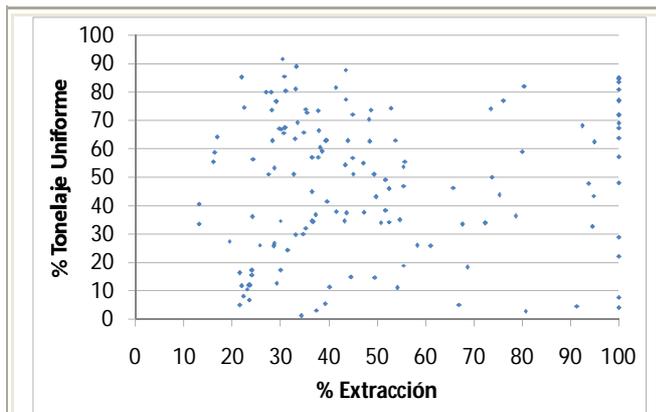


Figura 24: gráfico % tonelaje uniforme vs % Tonelaje al PED10 para puntos Interactivos

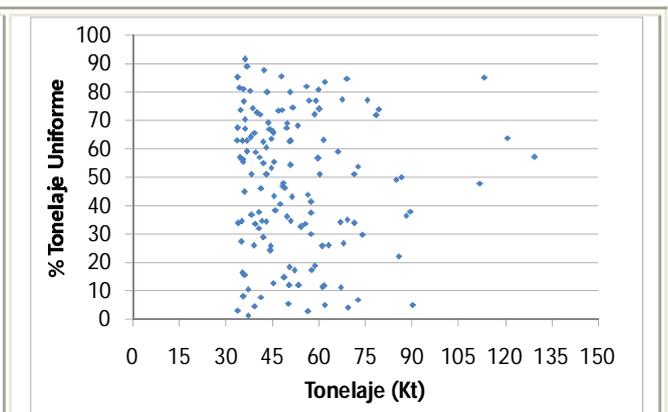


Figura 25: gráfico % tonelaje uniforme vs ton al PED10 para puntos Interactivos

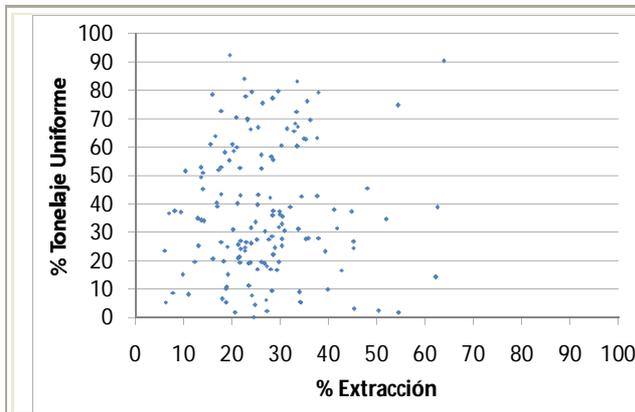


Figura 26: gráfico % tonelaje uniforme vs % Tonelaje al PED10 para puntos Aisl-Interactivos

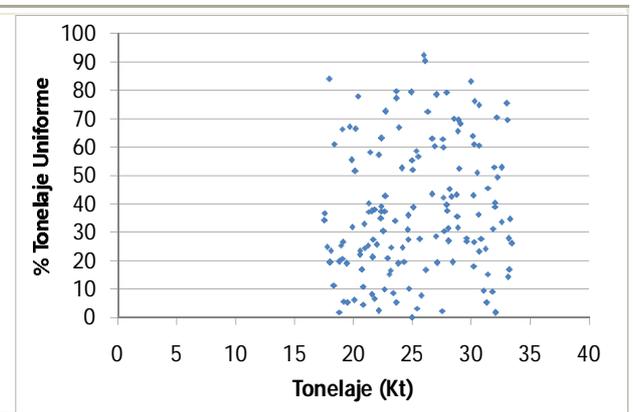


Figura 27: gráfico % tonelaje uniforme vs ton al PED10 para puntos Aislado-Interactivos

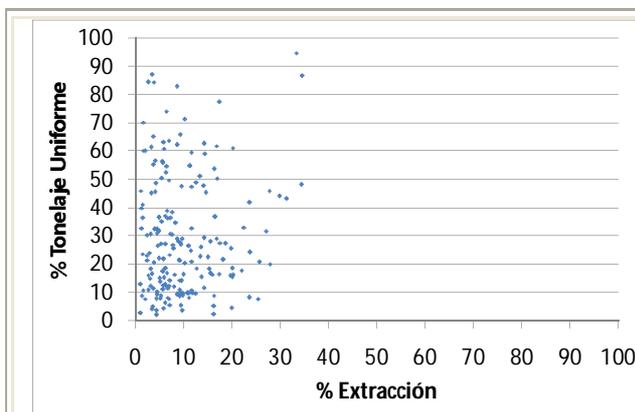


Figura 28: gráfico % tonelaje uniforme vs % Tonelaje al PED10 para puntos Aislados

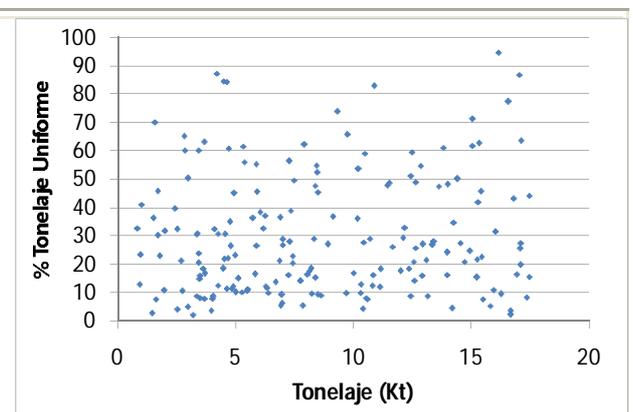
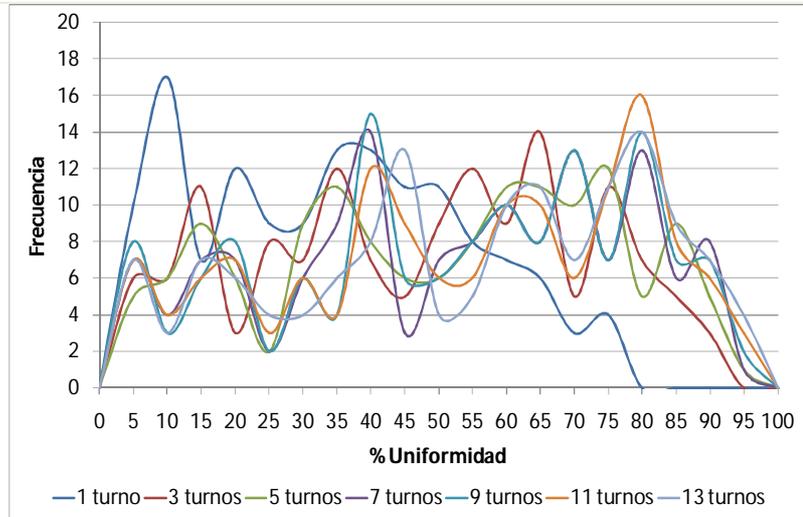


Figura 29: gráfico % tonelaje uniforme vs ton al PED10 para puntos Aislados

De los gráficos se observa que no existe un comportamiento claro del % de Uniformidad en función del % Tonelaje al PED10 y del Ton al PED10 para los puntos categorizados como interactivos y aislados-interactivos, pero en el caso de los puntos aislados sí se logra ver que la mayoría de los puntos con baja uniformidad tienen un % de Tonelaje al PED10 bajo.

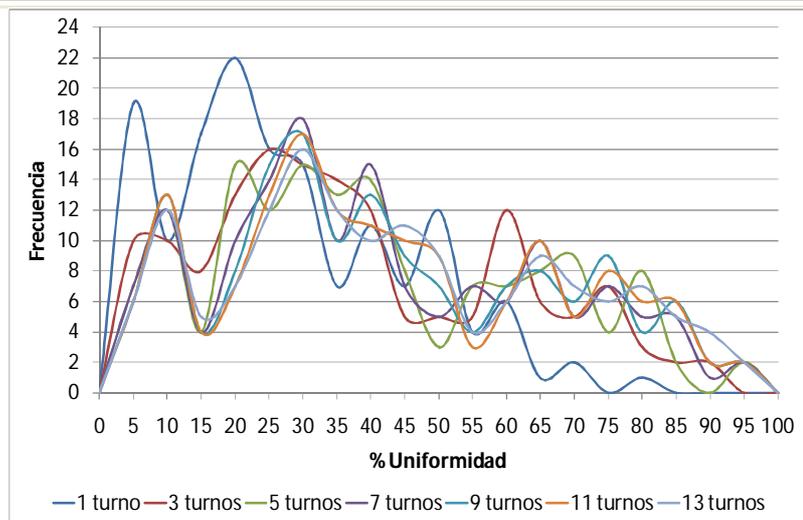
- ***Histogramas del porcentaje de uniformidad***

Lo anteriormente señalado se visualizó mejor al realizar histogramas de los puntos separados por categoría de flujo gravitacional según el criterio del PED10. A continuación se muestra los histogramas realizados para un radio de 15 metros y todos los períodos de tiempos estudiados.



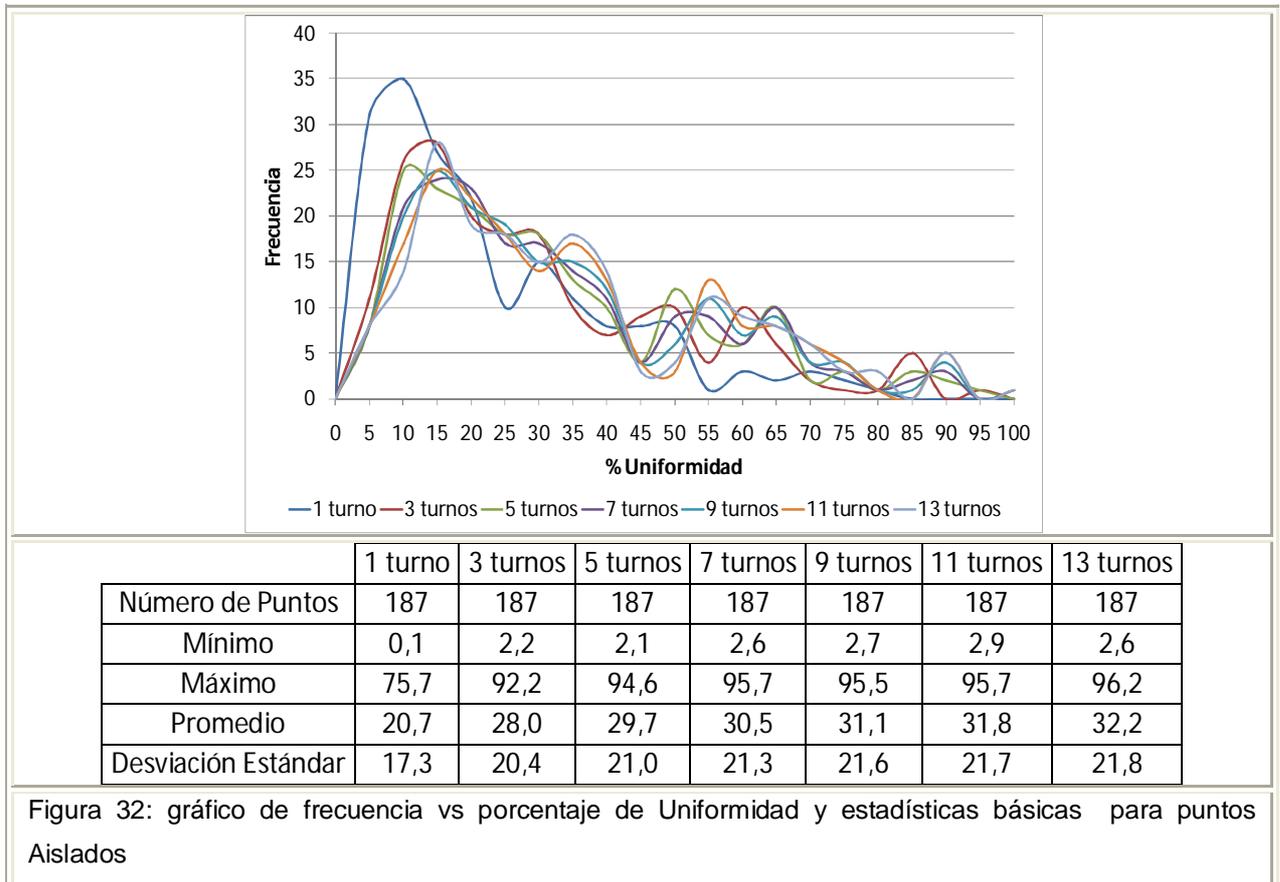
	1 turno	3 turnos	5 turnos	7 turnos	9 turnos	11 turnos	13 turnos
Número de puntos	140	140	140	140	140	140	140
Mínimo	0,9	1,1	1,3	1,5	1,5	1,0	1,2
Máximo	73,2	89,4	91,6	93,0	92,7	93,1	93,5
Promedio	32,0	45,1	47,9	49,3	50,3	51,2	51,9
Desviación Estándar	19,6	23,9	24,7	25,1	25,4	25,6	25,8

Figura 30: gráfico de frecuencia vs porcentaje de Uniformidad y estadísticas básicas para puntos Interactivos



	1 turno	3 turnos	5 turnos	7 turnos	9 turnos	11 turnos	13 turnos
Número de Puntos	150	150	150	150	150	150	150
Mínimo	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Máximo	75,2	89,6	92,4	93,6	93,9	93,5	94,0
Promedio	25,5	35,5	37,7	38,8	39,7	40,4	41,0
Desviación Estándar	17,2	22,1	23,0	23,5	23,8	24,0	24,2

Figura 31: gráfico de frecuencia vs porcentaje de Uniformidad y estadísticas básicas para puntos Aislado-Interactivos



De los histogramas anteriores se aprecia que tanto para los flujos interactivo, aislado interactivo y aislado las curvas, para los períodos de 3 a 13 turnos, tienen un comportamiento relativamente similar, el cual difiere con el comportamiento de las curvas correspondientes a un turno. Esto se debe principalmente a que con un turno se posee muy poca información del punto, por lo que tal período fue descartado como valor de inicio para realizar los cálculos del índice de uniformidad.

- **Agrupamiento de puntos según % Ton Uniformes.**

Se agruparon los puntos según % de Tonelaje Uniforme en rangos de 5 % para todos los radios y períodos de tiempo considerados en el estudio.

Dado que todos los puntos de extracción tienen un “valor de interacción” asignado según el criterio PED10 (Interactivo = 1, Aislado-interactivo = 2, Aislado = 3), se calculó el valor promedio pertenecientes a cada rango descrito en el párrafo anterior.

A continuación se muestra la tabla 46, a modo de ejemplo, con los resultados obtenidos al calcular dicho promedio para el radio de 15 m y período 1 turno.

Rango %	Valor de interacción Criterio PED10	Número de Puntos	Promedio de Valores de Interacción
0-5	141	60	2,35
5-10	142	62	2,29
10-15	122	51	2,39
15-20	122	56	2,18
20-25	71	35	2,03
25-30	84	39	2,15
30-35	60	31	1,94
35-40	59	32	1,84
40-45	49	26	1,88
45-50	59	31	1,90
50-55	19	13	1,46
55-60	28	16	1,75
60-65	14	9	1,56
65-70	16	8	2,00
70-75	10	6	1,67
75-80	5	2	2,50

Tabla 46: Promedio del índice por rango de porcentaje de uniformidad.

Los rangos se consideraron sólo hasta el 80 % debido a que sobre este porcentaje el promedio se hace indefinido debido a la inexistencia de puntos en dichos rangos para algunos períodos.

También se creó una tabla de promedios para cada rango basándose en que se esperaba que un punto con un tiraje 100% uniforme fuese interactivo y un punto con 0% de tiraje uniforme fuese aislado, lo cual sería cierto si solo se clasificaran los puntos en interactivos o aislados.

Posterior a esto se realizó el cálculo del valor promedio anteriormente descrito para todos los períodos y todos los radios, y se organizó dicha información según los radios. A continuación se muestra, a modo de ejemplo, la tabla resultante para el radio de 15 m.

Valores de Interacción promedio Criterio PED10								
Rango [%]	Referencia	1 turno	3 turnos	5 turnos	7 turnos	9 turnos	11 turnos	13 turnos
0-5	2,9	2,35	2,19	2,15	2,05	2,00	2,05	2,05
5-10	2,8	2,29	2,48	2,44	2,46	2,47	2,38	2,38
10-15	2,7	2,39	2,36	2,39	2,49	2,54	2,54	2,53
15-20	2,6	2,18	2,47	2,36	2,40	2,35	2,42	2,41
20-25	2,5	2,03	2,24	2,50	2,45	2,47	2,44	2,41
25-30	2,4	2,15	2,28	2,21	2,27	2,24	2,22	2,31
30-35	2,3	1,94	1,94	2,05	2,15	2,38	2,39	2,33
35-40	2,2	1,84	2,00	2,06	1,93	1,93	2,03	2,19
40-45	2,1	1,88	2,21	1,89	2,07	1,89	1,78	1,63
45-50	2	1,90	2,04	2,29	2,10	2,00	1,83	2,00
50-55	1,9	1,46	1,62	1,95	2,04	2,13	2,32	2,30
55-60	1,8	1,75	2,03	1,79	1,82	1,88	1,92	1,96
60-65	1,7	1,56	1,69	1,97	2,07	2,04	1,93	1,89
65-70	1,6	2,00	1,75	1,62	1,59	1,61	2,00	1,95
70-75	1,5	1,67	1,47	1,53	1,76	1,85	1,70	1,60
75-80	1,4	2,50	1,45	1,71	1,37	1,32	1,35	1,54

Tabla 47: Promedio del valor asignado por PED10 a los puntos de extracción para cada rango de % de uniformidad.

- **Coeficiente de correlación**

Se realizó el cálculo del coeficiente de correlación a los datos de la tabla 47. La ecuación para el coeficiente de correlación es:

$$r = \frac{(\dots)}{*}$$

donde:

x e y son las medias de muestra PROMEDIO (matriz1) y PROMEDIO (matriz2).

Los resultados fueron los siguientes:

COEFICIENTE DE CORRELACION RADIO 15						
1 turno	3 turnos	5 turnos	7 turnos	9 turnos	11 turnos	13 turnos
0,491	0,880	0,848	0,825	0,780	0,744	0,746
COEFICIENTE DE CORRELACION RADIO 17						
1 turno	3 turnos	5 turnos	7 turnos	9 turnos	11 turnos	13 turnos
0,427	0,902	0,882	0,855	0,828	0,795	0,783
COEFICIENTE DE CORRELACION RADIO 19						
1 turno	3 turnos	5 turnos	7 turnos	9 turnos	11 turnos	13 turnos
0,427	0,902	0,882	0,855	0,828	0,795	0,783
COEFICIENTE DE CORRELACION RADIO 21						
1 turno	3 turnos	5 turnos	7 turnos	9 turnos	11 turnos	13 turnos
0,382	0,868	0,891	0,829	0,830	0,833	0,767
COEFICIENTE DE CORRELACION RADIO 23						
1 turno	3 turnos	5 turnos	7 turnos	9 turnos	11 turnos	13 turnos
0,553	0,886	0,827	0,832	0,763	0,721	0,755
COEFICIENTE DE CORRELACION RADIO 25						
1 turno	3 turnos	5 turnos	7 turnos	9 turnos	11 turnos	13 turnos
0,748	0,880	0,850	0,882	0,840	0,831	0,815

Tabla 48: Coeficiente de correlación para todos los radios estudiados.

Se encuentran destacados aquellos periodos que obtuvieron la mejor correlación para los distintos radios estudiados. El máximo coeficiente de correlación se obtiene con los parámetros de radio 17 y 19 y un período de 3 turnos en los datos de la mina El Inca Norte de la División El Salvador de Codelco Chile.

Se observa también que tanto para el criterio de cálculo del error (Anexo A) como para el criterio de las correlaciones los mejores casos coinciden para todos los radios.

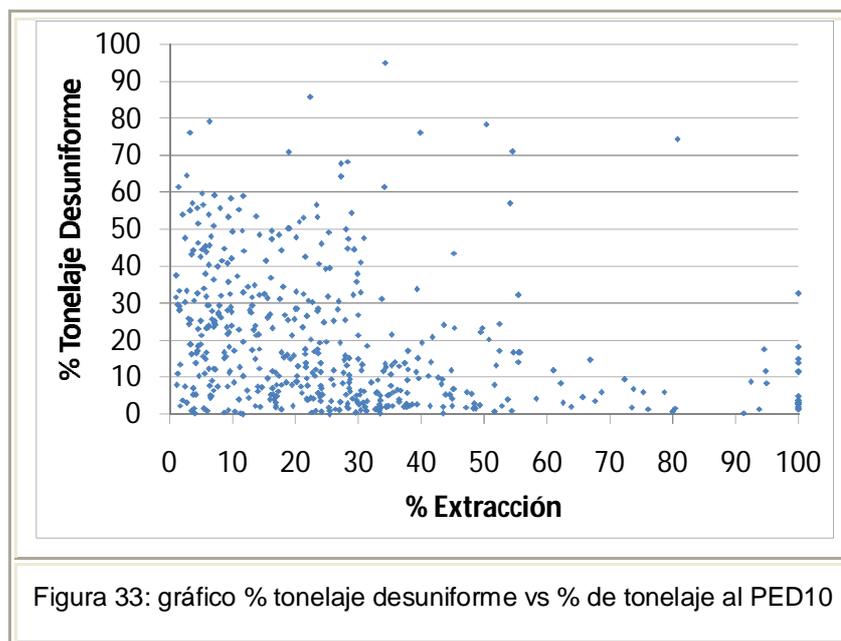
5.3.1.2 Porcentaje de Tonelaje extraído de forma desuniforme

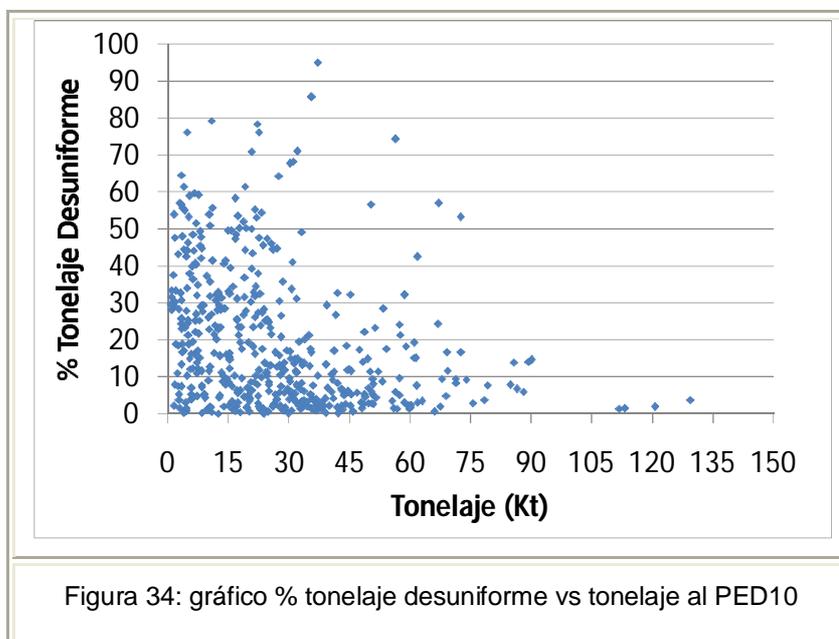
Se utilizó la misma metodología de análisis aplicada en el caso anterior (% de tonelaje Uniforme), pero esta vez con los datos del % de tonelaje desuniforme.

- **Porcentaje de Desuniformidad vs % Tonelaje al PED10 y Porcentaje de Desuniformidad vs Ton al PED10**

Se hicieron gráficos de % de tonelaje desuniforme vs % Tonelaje al PED10 y de % de tonelaje desuniforme vs Ton al PED10 para cada radio seleccionado y para los distintos períodos de tiempo. Al igual que en el caso del % de Ton Uniforme, el mayor porcentaje de los puntos posee un % de Ton Desuniforme menor al 50%

A continuación se muestra como ejemplo el grafico de % de tonelaje desuniforme vs % Tonelaje al PED10 y de % de tonelaje desuniforme vs Ton al PED10 para el radio de 15 metros y período de 5 turnos.





Luego se dividieron los datos por categoría según el criterio del PED10 usado, para determinar el comportamiento de los puntos en uniformidad, semiuniformidad y desuniformidad en la extracción.

Posteriormente se realizaron gráficos de % Ton Desuniforme vs % Tonelaje al PED10 y de % Ton Desuniformes vs Ton al PED10, de los cuales, a diferencia de los gráficos realizados con el % de Ton Uniforme, si se pueden inferir algunos comentarios como:

- Para los puntos categorizados como Interactivos se tiene que la gran mayoría de estos poseen un porcentaje de Tonelaje Desuniforme bajo, menor a 20%.
- De los gráficos de los puntos catalogados como Aislados o Aislados – interactivos no se puede inferir mucha información, ya que no presentan una tendencia clara de distribución.
- Por lo mencionado en el primer comentario se puede ver que existe una relación clara entre los puntos de extracción Interactivos con un bajo % de Ton Desuniforme.

A continuación se muestra los gráficos mencionados realizados por categoría de flujo para el ejemplo de un radio de 15 m y período de 5 turnos, que visualizan lo anteriormente señalado en cuanto a sus distribuciones.

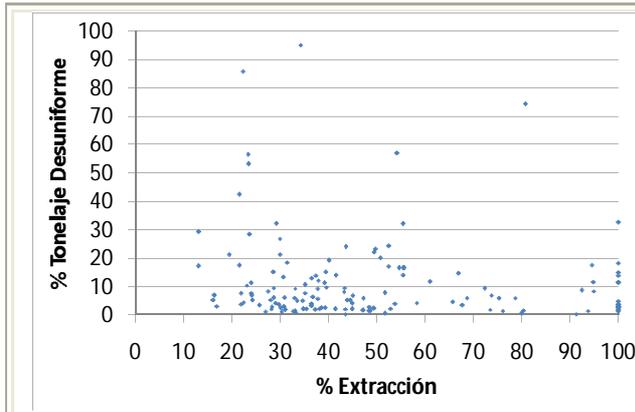


Figura 35: gráfico % tonelaje desuniforme vs % Tonelaje al PED10 para puntos Interactivos

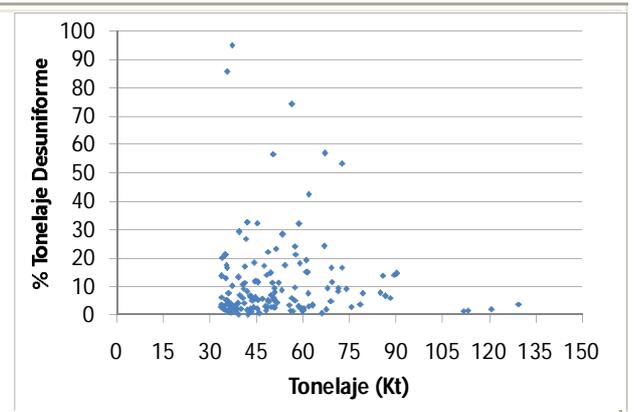


Figura 36: gráfico % tonelaje desuniforme vs ton al PED10 para puntos Interactivos

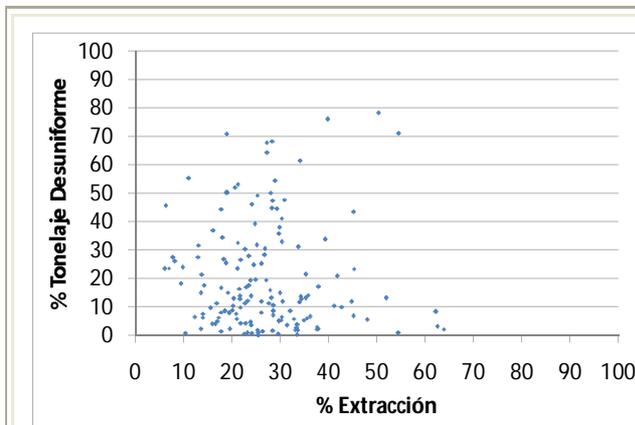


Figura 37: gráfico % tonelaje desuniforme vs % Tonelaje al PED10 para puntos Aisl-Interactivos

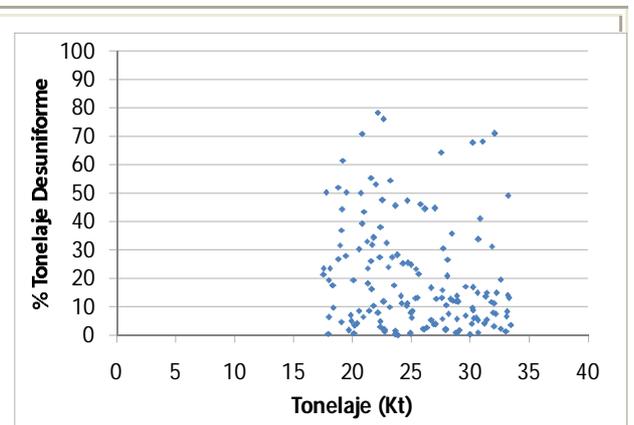


Figura 38: gráfico % tonelaje desuniforme vs ton al PED10 para puntos Aislado-Interactivos

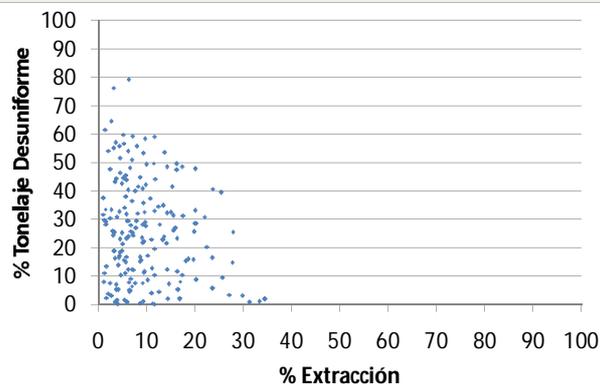


Figura 39: gráfico % tonelaje desuniforme vs % Tonelaje al PED10 para puntos Aislados

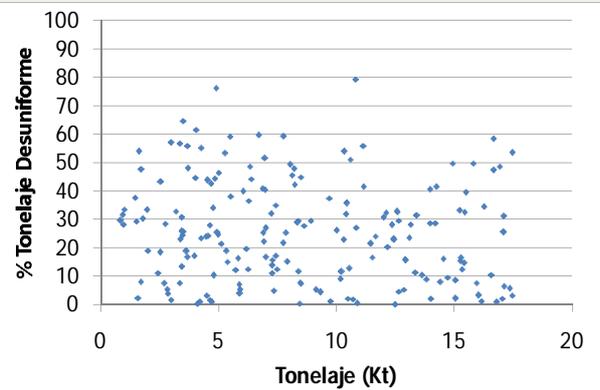
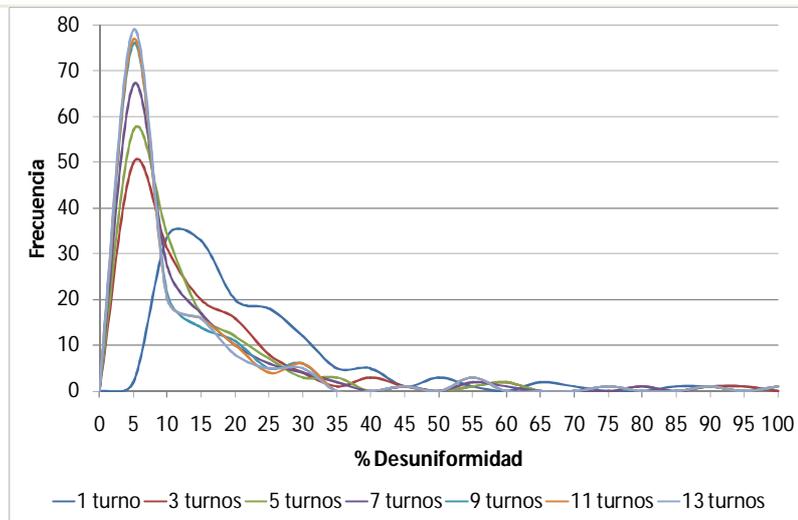


Figura 40: gráfico % tonelaje desuniforme vs ton al PED10 para puntos Aislados

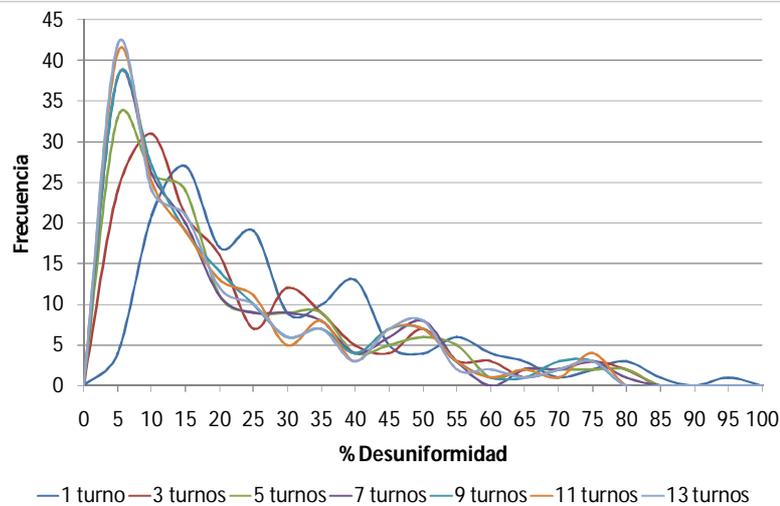
• **Histogramas del porcentaje de desuniformidad**

Lo señalado anteriormente se muestra mejor al realizar histogramas de los puntos separados por categoría del modelo de dilución (interactivo, aislado interactivo y aislado) según el criterio del PED10. A continuación se muestra los histogramas realizados para un radio de 15 metros y todos los períodos de tiempos estudiados.



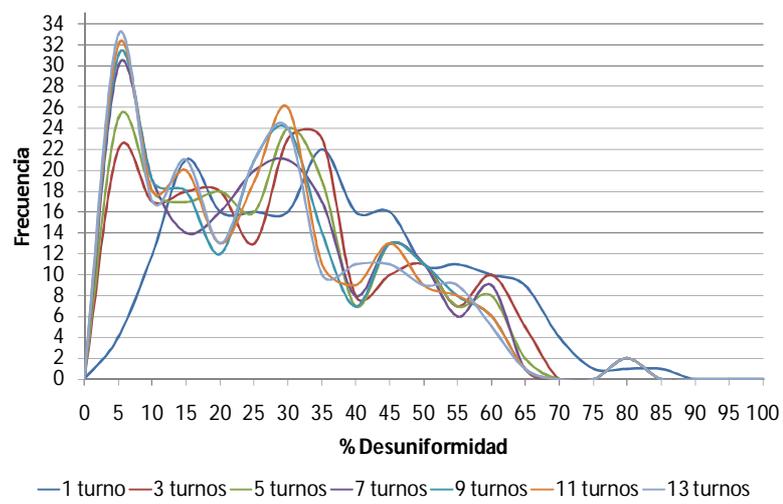
	1 turno	3 turnos	5 turnos	7 turnos	9 turnos	11 turnos	13 turnos
Número de Puntos	140	140	140	140	140	140	140
Mínimo	3,9	0,4	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Máximo	94,8	95,0	95,0	95,6	95,7	95,9	96,1
Promedio	20,1	12,9	11,4	10,7	10,1	9,8	9,5
Desviación Estándar	15,6	15,3	15,2	15,2	15,2	15,1	15,1

Figura 41: gráfico de frecuencia vs porcentaje de Desuniformidad y estadísticas básicas para puntos Interactivos



	1 turno	3 turnos	5 turnos	7 turnos	9 turnos	11 turnos	13 turnos
Número de Puntos	150	150	150	150	150	150	150
Mínimo	3,4	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Máximo	90,3	79,9	78,4	75,1	73,9	73,9	72,9
Promedio	27,1	21,4	20,1	19,5	19,0	18,6	18,3
Desviación Estándar	19,2	18,9	18,9	18,8	18,7	18,6	18,5

Figura 42: gráfico de frecuencia vs porcentaje de Desuniformidad y estadísticas básicas para puntos Aislado-Interactivos



	1 turno	3 turnos	5 turnos	7 turnos	9 turnos	11 turnos	13 turnos
Número de Puntos	187	187	187	187	187	187	187
Mínimo	1,8	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Máximo	83,3	80,0	79,1	78,5	78,2	78,0	78,0
Promedio	32,8	26,9	25,6	24,9	24,3	23,9	23,6
Desviación Estándar	17,9	17,7	17,6	17,6	17,5	17,4	17,4

Figura 43: gráfico de frecuencia vs porcentaje de Desuniformidad y estadísticas básicas para puntos Aislados

De los Histogramas anteriores se aprecia al igual que para los histogramas basados en el % de ton Uniforme un comportamiento similar de las curvas con un período de 3 a 13 turnos para las 3 categorizaciones de flujo, al igual que en los gráficos basados en el % de tonelaje uniforme las curvas con un período igual a 1 turno no siguen el mismo comportamiento de las curvas realizadas para períodos mayores, lo que se debe, como se menciono anteriormente, a la poca información que encierra tener la información de solo un turno para calcular el índice de uniformidad.

- ***Agrupamiento de puntos según % Ton Desuniformes.***

De manera análoga a como se desarrolló el agrupamiento de puntos según el % de tonelaje Uniforme en rangos de 5 % se realizó para el % Ton Desuniforme.

Esta vez la matriz de referencia con los promedios de los valores del modelo del flujo se baso en que se esperaría que un punto con un tiraje 100 % Desuniforme fuese Aislado y un punto con 0% de tiraje Desuniforme fuese interactivo, lo que seria cierto si solo se clasificaran los puntos en interactivos o aislados.

Posterior a esto se realizo el cálculo del valor promedio de los índices de uniformidad según el criterio PED10 para todos los períodos y todos los radios, y se organizo dicha información según los radios. A continuación se muestra a modo de ejemplo la tabla resultante para el radio de 15 m.

Valores de Interacción promedio Criterio PED10								
Rango [%]	Referencia	1 turno	3 turnos	5 turnos	7 turnos	9 turnos	11 turnos	13 turnos
0-5	1,1	2,20	1,71	1,72	1,73	1,69	1,70	1,70
5-10	1,2	1,67	1,82	1,79	1,89	1,97	1,97	1,95
10-15	1,3	1,85	1,97	2,00	1,94	2,08	2,07	2,09
15-20	1,4	1,92	2,04	2,15	2,16	2,03	2,08	2,15
20-25	1,5	1,96	2,18	2,28	2,40	2,44	2,44	2,44
25-30	1,6	2,11	2,49	2,58	2,50	2,50	2,54	2,54
30-35	1,7	2,46	2,67	2,52	2,56	2,67	2,58	2,59
35-40	1,8	2,32	2,31	2,64	2,67	2,64	2,75	2,79
40-45	1,9	2,68	2,60	2,63	2,60	2,57	2,57	2,53
45-50	2	2,44	2,61	2,65	2,58	2,61	2,56	2,53
50-55	2,1	2,56	2,55	2,46	2,36	2,36	2,36	2,43
55-60	2,2	2,71	2,53	2,55	2,80	2,86	2,86	2,71
60-65	2,3	2,50	2,83	2,50	2,33	2,50	2,33	2,50
65-70	2,4	2,50	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
70-75	2,5	2,33	2,00	1,67	2,00	1,75	1,80	1,75
75-80	2,6	2,25	2,20	2,50	2,25	3,00	3,00	3,00

Tabla 49: Promedio del valor asignado por PED10 a los puntos de extracción para cada rango de % de desuniformidad.

A continuación se muestran los resultados finales obtenidos al aplicar el criterio del coeficiente de correlación para determinar el mejor caso.

- **Coeficiente de correlación**

Se calculó el coeficiente de correlación para estos % de Ton desuniforme obteniendo los siguientes resultados:

COEFICIENTE DE CORRELACION 15						
1 turno	3 turnos	5 turnos	7 turnos	9 turnos	11 turnos	13 turnos
0,674	0,416	0,297	0,301	0,398	0,378	0,372
COEFICIENTE DE CORRELACION 17						
1 turno	3 turnos	5 turnos	7 turnos	9 turnos	11 turnos	13 turnos
0,814	0,881	0,818	0,846	0,693	0,632	0,620
COEFICIENTE DE CORRELACION 19						
1 turno	3 turnos	5 turnos	7 turnos	9 turnos	11 turnos	13 turnos
0,814	0,881	0,818	0,846	0,693	0,632	0,620
COEFICIENTE DE CORRELACION 21						
1 turno	3 turnos	5 turnos	7 turnos	9 turnos	11 turnos	13 turnos
0,763	0,787	0,794	0,754	0,682	0,641	0,622
COEFICIENTE DE CORRELACION 23						
1 turno	3 turnos	5 turnos	7 turnos	9 turnos	11 turnos	13 turnos
0,815	0,827	0,805	0,741	0,733	0,741	0,705
COEFICIENTE DE CORRELACION 25						
1 turno	3 turnos	5 turnos	7 turnos	9 turnos	11 turnos	13 turnos
0,737	0,831	0,875	0,820	0,744	0,747	0,779

Tabla 50: Coeficiente de correlación para todos los radios estudiados.

El máximo coeficiente de correlación se obtiene con los parámetros de radio 17 y 19 metros y un período de 3 turnos.

Comparando estos resultados con los obtenidos en el Apéndice de Errores concuerdan en la mayoría de los casos en la elección del mejor caso.

5.3.1.3 Porcentaje de Tonelaje extraído con tiraje uniforme + Tonelaje extraído con tiraje desuniforme

En esta parte del estudio lo que se hizo fue realizar el promedio para el % de tonelaje Uniforme y el % de tonelaje Desuniforme por radio y período de turnos. Los resultados de estas sumas son los siguientes.

- **Coeficiente de correlación**

PROMEDIO COEFICIENTE DE CORRELACION 15						
1 turno	3 turnos	5 turnos	7 turnos	9 turnos	11 turnos	13 turnos
0,5825	0,648	0,5725	0,563	0,589	0,561	0,559
PROMEDIO COEFICIENTE DE CORRELACION 17						
1 turno	3 turnos	5 turnos	7 turnos	9 turnos	11 turnos	13 turnos
0,6205	0,8915	0,85	0,8505	0,7605	0,7135	0,7015
PROMEDIO COEFICIENTE DE CORRELACION 19						
1 turno	3 turnos	5 turnos	7 turnos	9 turnos	11 turnos	13 turnos
0,6205	0,8915	0,85	0,8505	0,7605	0,7135	0,7015
PROMEDIO COEFICIENTE DE CORRELACION 21						
1 turno	3 turnos	5 turnos	7 turnos	9 turnos	11 turnos	13 turnos
0,5725	0,8275	0,8425	0,7915	0,756	0,737	0,6945
PROMEDIO COEFICIENTE DE CORRELACION 23						
1 turno	3 turnos	5 turnos	7 turnos	9 turnos	11 turnos	13 turnos
0,684	0,8565	0,816	0,7865	0,748	0,731	0,73
PROMEDIO COEFICIENTE DE CORRELACION 25						
1 turno	3 turnos	5 turnos	7 turnos	9 turnos	11 turnos	13 turnos
0,7425	0,8555	0,8625	0,851	0,792	0,789	0,797

Tabla 51: Promedio de coeficientes de correlación para todos los radios (%unif + %desu)

Se observa de la tabla 51 que el caso con una mayor correlación es el con parámetros de radio 17 o 19 m y con un período de 3 turnos.

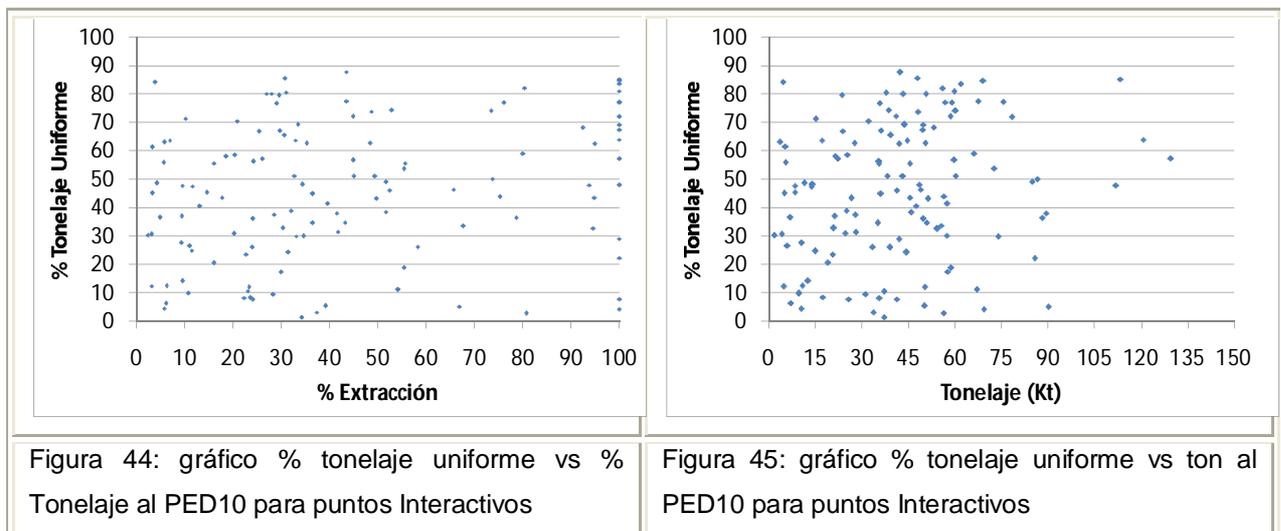
5.3.2 Criterio Visual

5.3.2.1 Porcentaje de Tonelaje extraído con tiraje uniforme

- **Porcentaje de Uniformidad vs % Tonelaje al PED10 y Porcentaje de Uniformidad vs Ton al PED10**

Al igual que en el criterio del PED10 se dividieron los datos por “valor de interacción” según la categorización realizada visualmente de las curvas de % dilución vs % extracción, y se graficaron los % de tonelaje Uniforme vs % Tonelaje al PED10 y el % de tonelaje Uniforme vs Tonelaje al PED10 para las 3 categorías (interactivos, aislados-interactivos y aislados), para todos los radios y períodos estudiados.

A continuación se presentan los gráficos obtenidos solo para el radio 15 y un período de 5 turnos, a modo de ejemplo.



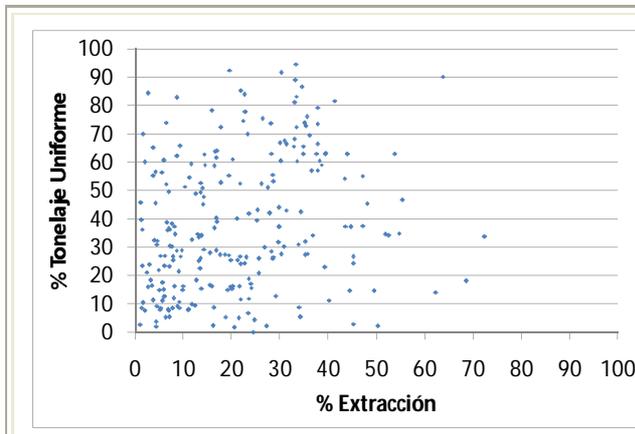


Figura 46: gráfico % tonelaje uniforme vs % Tonelaje al PED10 para puntos Aisl-Interactivos

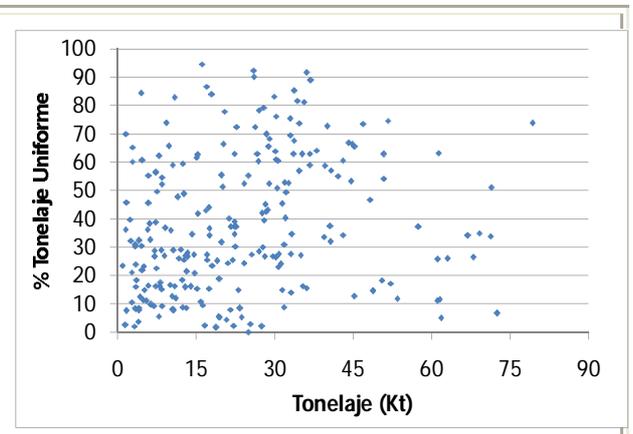


Figura 47: gráfico % tonelaje uniforme vs ton al PED10 para puntos Aisl-Interactivos

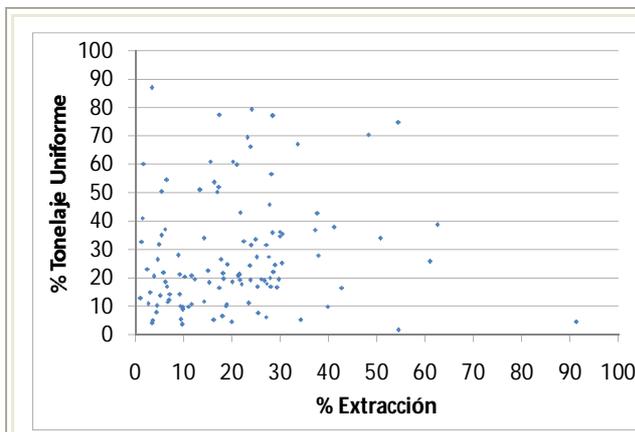


Figura 48: gráfico % tonelaje uniforme vs % Tonelaje al PED10 para puntos Aislados

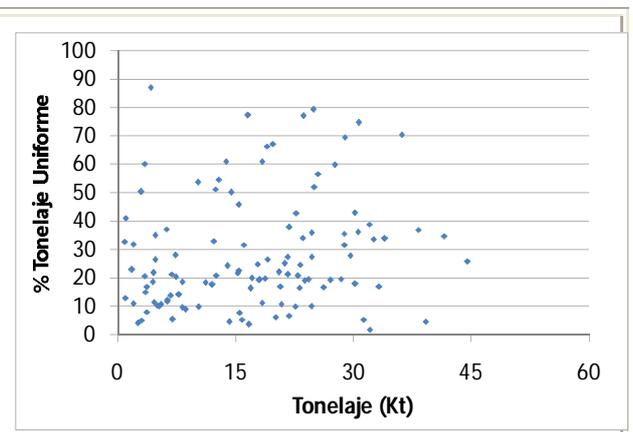
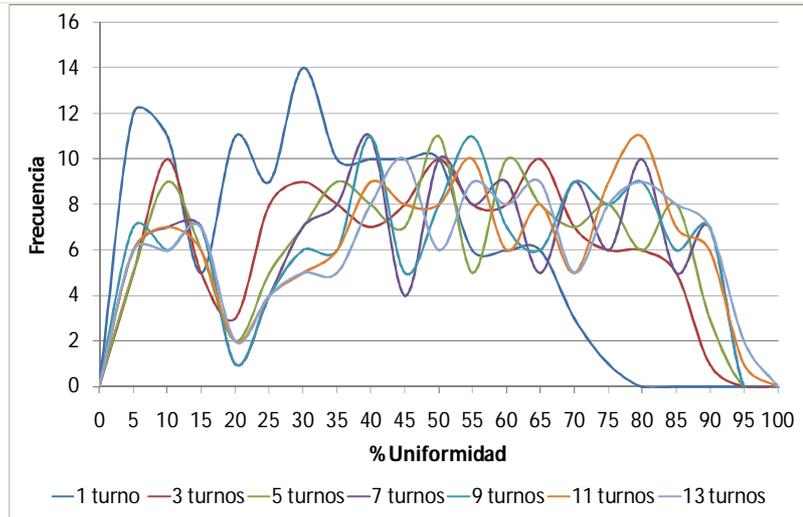


Figura 49: gráfico % tonelaje uniforme vs ton al PED10 para puntos Aislados

De los gráficos no se observa la existencia de un comportamiento claro del % de Uniformidad en función del % Tonelaje al PED10 y del Tonelaje PED10 para ninguno de los tres tipos de comportamientos según el modelo de dilución.

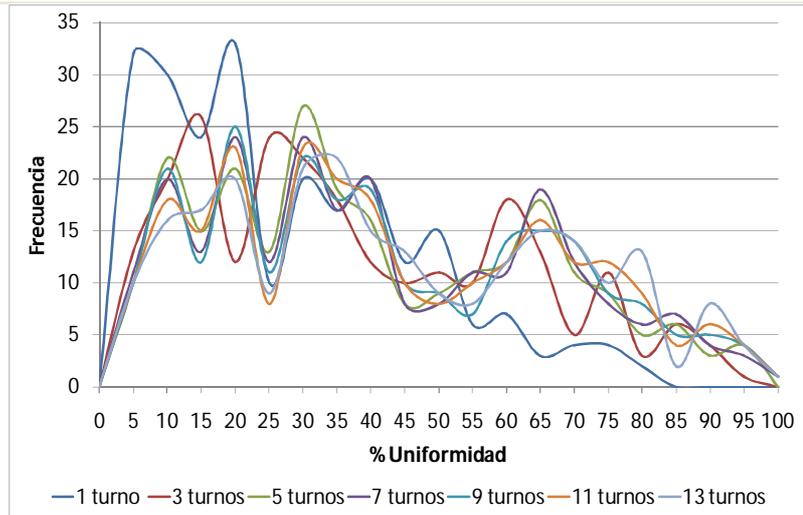
- ***Histogramas del porcentaje de uniformidad***

Para entender mejor lo anteriormente señalado se realizaron histogramas de los puntos separados en interactivos, aislado-interactivos y aislados, según el criterio Visual. A continuación se muestran los 3 histogramas realizados para un radio de 15 metros y todos los períodos de tiempos estudiados.



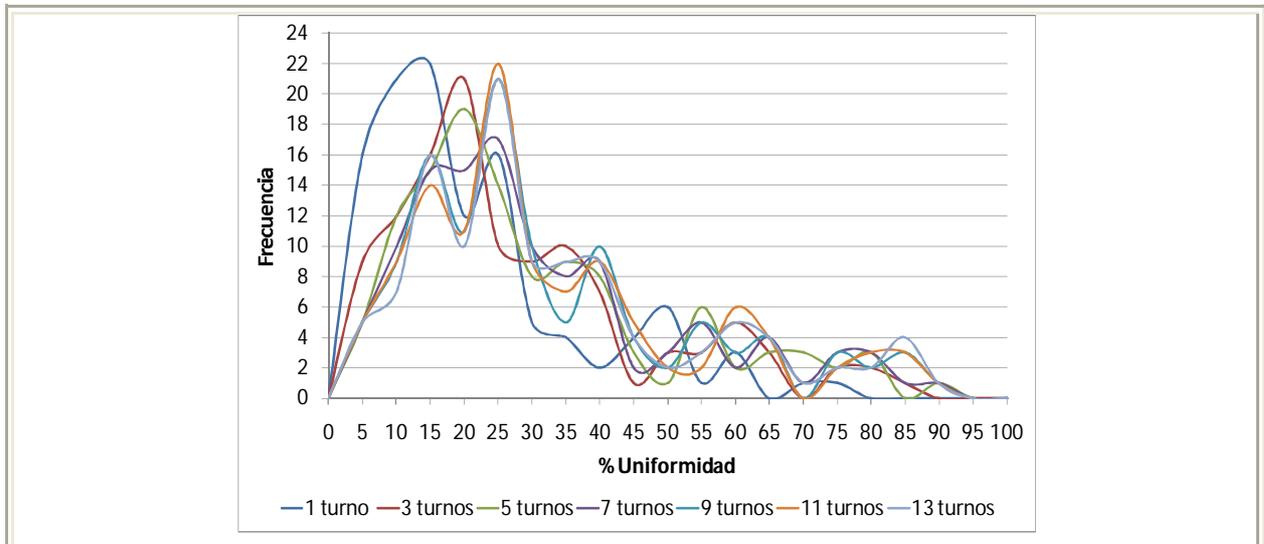
	1 turno	3 turnos	5 turnos	7 turnos	9 turnos	11 turnos	13 turnos
Número de Puntos	124	124	124	124	124	124	124
Mínimo	0,9	1,1	1,3	1,5	1,5	1,5	1,5
Máximo	70,7	86,3	87,8	88,0	88,7	90,1	91,3
Promedio	31,1	43,2	45,8	47,1	48,1	48,9	49,6
Desviación Estándar	18,8	23,3	24,2	24,8	25,1	25,4	25,6

Figura 50: gráfico de frecuencia vs porcentaje de Uniformidad y estadísticas básicas para puntos Interactivos según el criterio Visual



	1 turno	3 turnos	5 turnos	7 turnos	9 turnos	11 turnos	13 turnos
Número de Puntos	239	239	239	239	239	239	239
Mínimo	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Máximo	75,7	92,2	94,6	95,7	95,5	95,7	96,2
Promedio	25,6	35,7	37,8	38,8	39,6	40,3	40,8
Desviación Estándar	18,8	23,3	23,9	24,4	24,6	24,7	24,9

Figura 51: gráfico de frecuencia vs porcentaje de Uniformidad y estadísticas básicas para puntos Aislado-Interactivos según el criterio Visual



	1 turno	3 turnos	5 turnos	7 turnos	9 turnos	11 turnos	13 turnos
Número de Puntos	114	114	114	114	114	114	114
Mínimo	0,9	1,6	1,7	1,8	1,7	1,0	1,2
Máximo	72,8	84,8	87,0	88,1	88,8	89,5	89,8
Promedio	19,2	26,3	28,1	29,0	29,8	30,5	31,0
Desviación Estándar	15,4	19,0	19,8	20,3	20,7	20,9	21,1

Figura 52: gráfico de frecuencia vs porcentaje de Uniformidad y estadísticas básicas para puntos Aislados según el criterio Visual

Al igual que en los histogramas realizados con el criterio del PED10. Se aprecia que solo el turno 1 tiene un comportamiento que difiere con los demás períodos de tiempo para los tres comportamientos de los puntos de extracción.

- **Agrupamiento de puntos según % Ton Uniforme**

Se agruparon los puntos según % de Ton Uniforme en rangos de 5 % para todos los parámetros de radio y períodos de tiempo estudiados.

Luego se calculo el promedio del valor del modelo de flujo (Interactivo = 1, Aislado Interactivo = 2, Aislado = 3) para cada rango.

Al igual que en el criterio PED10 se utilizaron los valores esperados para un % de Ton Uniforme y posteriormente se procedió a realizar una tabla para cada radio con los valores promedios de índice de cada período de tiempo. A continuación se enseña la tabla realizada para el radio 15.

Valores de Interacción promedio Criterio Visual								
Rango [%]	Referencia	1 turno	3 turnos	5 turnos	7 turnos	9 turnos	11 turnos	13 turnos
0-5	2,9	2,07	2,15	2,00	1,95	1,91	1,95	1,95
5-10	2,8	2,16	2,05	2,07	2,08	2,08	2,06	2,03
10-15	2,7	2,33	2,23	2,25	2,23	2,26	2,23	2,23
15-20	2,6	2,02	2,50	2,40	2,35	2,27	2,25	2,25
20-25	2,5	2,20	2,05	2,28	2,39	2,47	2,53	2,50
25-30	2,4	1,77	2,00	2,02	2,07	2,11	2,11	2,11
30-35	2,3	1,81	2,06	2,00	2,00	1,97	2,03	2,11
35-40	2,2	1,75	2,00	2,00	1,95	1,98	2,00	2,03
40-45	2,1	1,77	1,63	1,78	1,86	1,95	1,87	1,78
45-50	2	1,87	1,71	1,52	1,67	1,68	1,67	1,76
50-55	1,9	1,62	1,76	2,05	1,88	1,74	1,64	1,70
55-60	1,8	1,81	1,90	1,67	1,68	1,83	2,00	1,88
60-65	1,7	1,33	1,73	1,83	1,96	1,92	1,86	1,82
65-70	1,6	1,75	1,42	1,81	1,64	1,61	1,71	1,80
70-75	1,5	2,00	1,79	1,68	1,82	1,75	1,70	1,70
75-80	1,4	2,00	1,64	1,79	1,63	1,63	1,65	1,71

Tabla 52: Promedio de valores de Interacción por rango de % de uniformidad.

Con estas tablas se procedió a calcular el coeficiente de correlación de la misma forma descrita anteriormente en este capítulo.

Los resultados obtenidos se muestran a continuación.

- **Coefficiente de correlación**

CORRELACION RADIO 15						
1 turno	3 turnos	5 turnos	7 turnos	9 turnos	11 turnos	13 turnos
0,540	0,794	0,702	0,742	0,741	0,715	0,724
CORRELACION RADIO 17						
1 turno	3 turnos	5 turnos	7 turnos	9 turnos	11 turnos	13 turnos
0,514	0,892	0,781	0,810	0,729	0,691	0,651
CORRELACION RADIO 19						
1 turno	3 turnos	5 turnos	7 turnos	9 turnos	11 turnos	13 turnos
0,514	0,892	0,781	0,810	0,729	0,691	0,651
CORRELACION RADIO 21						
1 turno	3 turnos	5 turnos	7 turnos	9 turnos	11 turnos	13 turnos
0,525	0,813	0,715	0,764	0,762	0,754	0,745
CORRELACION RADIO 23						
1 turno	3 turnos	5 turnos	7 turnos	9 turnos	11 turnos	13 turnos
0,558	0,761	0,827	0,763	0,670	0,679	0,692
CORRELACION RADIO 25						
1 turno	3 turnos	5 turnos	7 turnos	9 turnos	11 turnos	13 turnos
0,673	0,735	0,780	0,802	0,793	0,762	0,752

Tabla 53: Coeficiente de correlación para todos los radios estudiados.

El máximo coeficiente de correlación se obtiene con los parámetros de radio 17 y 19 y un período de 3 turnos.

5.3.2.2 Porcentaje de Tonelaje extraído con tiraje desuniforme

Al igual que en el análisis para el % Ton Uniforme se graficó el % de Ton Uniforme vs el % Tonelaje al PED10 y vs el Ton PED10 de los puntos separados por la categorización del MD Visual, también se realizó un estudio en cuanto a los histogramas de estas categorías y finalmente se calcularon los errores y el coeficiente de correlación con respecto a la tabla de referencia definida anteriormente en el Criterio PED. A continuación se muestran los resultados finales de estos procedimientos.

- **Porcentaje de Desuniformidad vs % Tonelaje al PED10 y Porcentaje de Desuniformidad vs Ton PED10**

A continuación se muestra, a modo de ejemplo, el gráfico de % de Desuniformidad vs % tonelaje al PED10 y de % de Desuniformidad vs Ton al PED10 para el radio de 15 metros y período de 5 turnos.

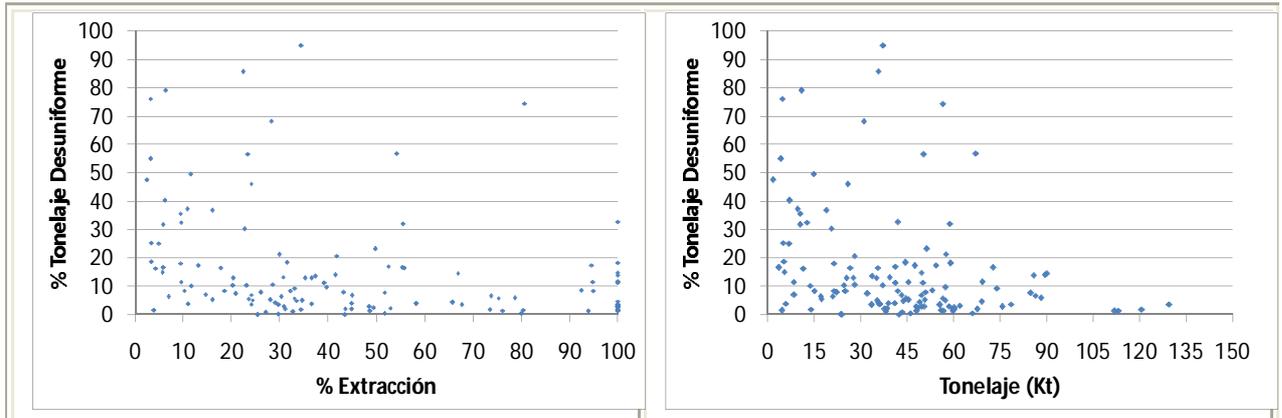


Figura 53: gráfico % tonelaje desuniforme vs % Tonelaje al PED10 para puntos Interactivos

Figura 54: gráfico % tonelaje desuniforme vs ton al PED10 para puntos Interactivos

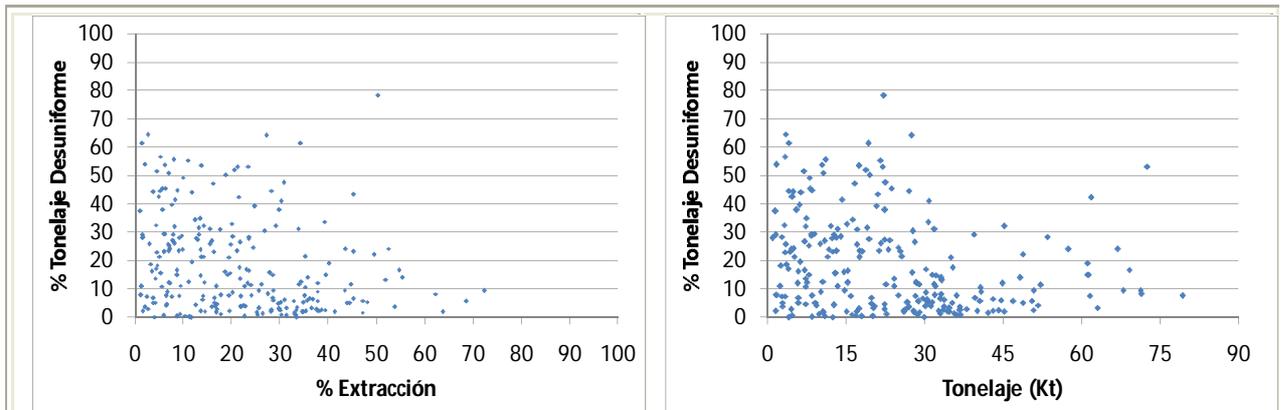


Figura 55: gráfico % tonelaje desuniforme vs % Tonelaje al PED10 para puntos Aisl-interactivos

Figura 56: gráfico % tonelaje desuniforme vs ton al PED10 para puntos Aisl-interactivos

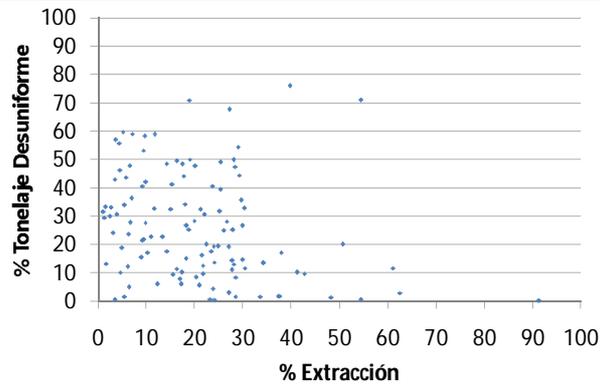


Figura 57: gráfico % tonelaje desuniforme vs % Tonelaje al PED10 para puntos Aislados

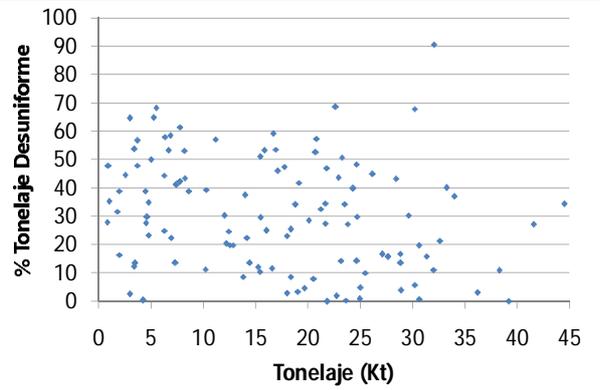
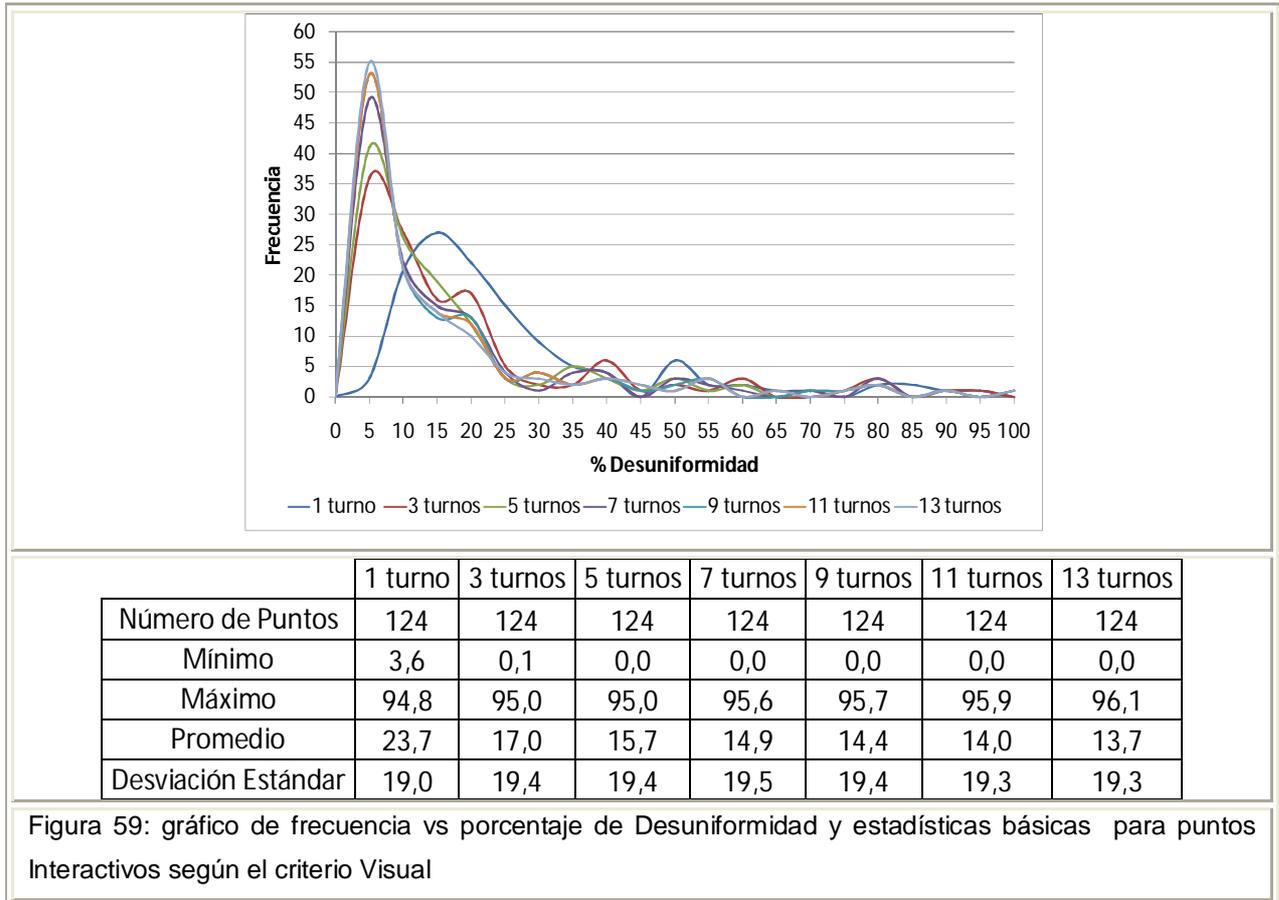
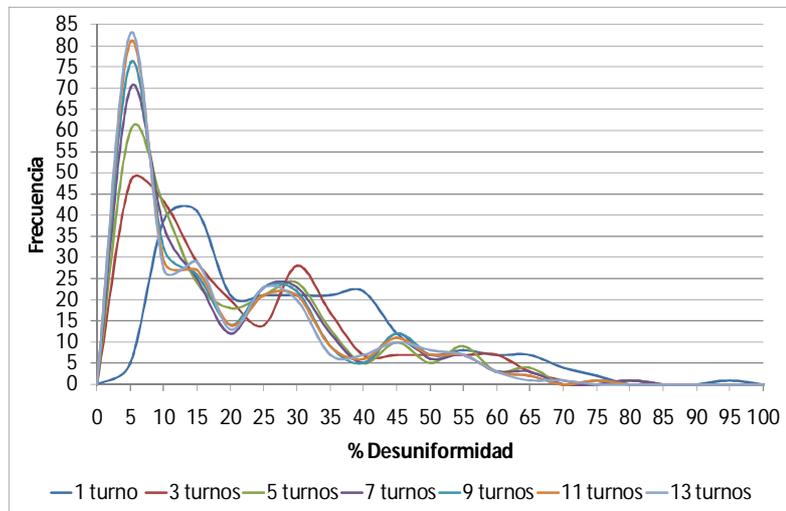


Figura 58: gráfico % tonelaje desuniforme vs ton al PED10 para puntos aislados

- **Histogramas del porcentaje de desuniformidad**

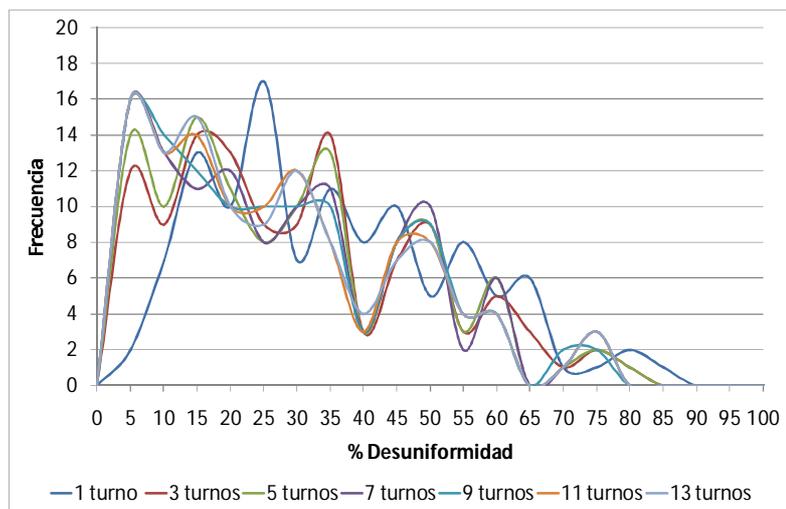
A continuación se muestran los histogramas realizados según el modelo de dilución (MD) Visual.





	1 turno	3 turnos	5 turnos	7 turnos	9 turnos	11 turnos	13 turnos
Número de Puntos	239	239	239	239	239	239	239
Mínimo	1,8	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Máximo	90,3	79,9	78,4	75,1	73,2	70,3	67,5
Promedio	26,5	20,0	18,6	17,8	17,3	16,9	16,5
Desviación Estándar	17,5	16,8	16,6	16,5	16,3	16,2	16,1

Figura 60: gráfico de frecuencia vs porcentaje de Desuniformidad y estadísticas básicas para puntos Aislado-Interactivos según el criterio Visual



	1 turno	3 turnos	5 turnos	7 turnos	9 turnos	11 turnos	13 turnos
Número de Puntos	114	114	114	114	114	114	114
Mínimo	3,7	0,8	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0
Máximo	84,7	77,0	76,1	74,3	73,9	73,9	72,9
Promedio	32,9	27,7	26,6	25,9	25,3	25,0	24,7
Desviación Estándar	18,7	18,7	18,7	18,7	18,7	18,8	18,8

Figura 61: gráfico de frecuencia vs porcentaje de Desuniformidad y estadísticas básicas para puntos Aislados según el criterio Visual

Del histograma de puntos interactivos se aprecia q existe una mayor cantidad de puntos interactivos con un bajo porcentaje de toneladas desuniformes, lo mismo ocurre para los puntos con flujo aislados-interactivos. En el caso de los puntos aislados no se observa una acumulación de puntos anómala como para concluir algún comportamiento.

- ***Agrupamiento de puntos según % Ton Desuniforme***

En este punto se repitieron los pasos establecidos con anterioridad para calcular el coeficiente de correlación. A continuación se muestran ambos resultados obtenidos.

Valores de Interacción promedio Criterio Visual								
Rango [%]	Referencia	1 turno	3 turnos	5 turnos	7 turnos	9 turnos	11 turnos	13 turnos
0-5	1,1	1,90	1,75	1,77	1,76	1,74	1,75	1,75
5-10	1,2	1,79	1,77	1,79	1,88	1,90	1,87	1,87
10-15	1,3	1,83	1,97	1,93	1,92	1,98	2,00	2,02
15-20	1,4	1,77	1,92	1,98	1,97	1,92	1,94	2,00
20-25	1,5	2,04	2,14	2,16	2,11	2,19	2,21	2,14
25-30	1,6	1,95	2,18	2,22	2,26	2,17	2,22	2,26
30-35	1,7	2,16	2,36	2,26	2,26	2,38	2,32	2,35
35-40	1,8	2,12	1,81	2,00	1,92	2,00	2,00	2,07
40-45	1,9	2,45	2,40	2,37	2,40	2,33	2,29	2,26
45-50	2,0	1,94	2,39	2,35	2,37	2,39	2,44	2,41
50-55	2,1	2,33	2,18	2,15	2,00	2,07	2,07	2,07
55-60	2,2	2,21	2,13	2,36	2,50	2,57	2,57	2,57
60-65	2,3	2,36	2,50	2,00	2,00	2,00	1,67	1,50
65-70	2,4	2,00	2,50	2,00	2,00	2,33	3,00	2,50
70-75	2,5	2,33	2,33	2,33	3,00	2,25	2,40	2,50
75-80	2,6	2,00	1,60	1,75	1,25	1,00	1,00	1,00

Tabla 54: Promedio de valores de Interacción por rango de % de desuniformidad.

- **Coeficiente de correlación**

También se calculó el coeficiente de correlación para estos % de tonelaje desuniforme obteniendo los siguientes resultados:

CORRELACION RADIO 15						
1 turno	3 turnos	5 turnos	7 turnos	9 turnos	11 turnos	13 turnos
0,603	0,408	0,307	0,189	0,011	0,103	0,005
CORRELACION RADIO 17						
1 turno	3 turnos	5 turnos	7 turnos	9 turnos	11 turnos	13 turnos
0,820	0,347	0,291	0,262	0,213	0,198	0,116
CORRELACION RADIO 19						
1 turno	3 turnos	5 turnos	7 turnos	9 turnos	11 turnos	13 turnos
0,820	0,347	0,291	0,262	0,213	0,198	0,116
CORRELACION RADIO 21						
1 turno	3 turnos	5 turnos	7 turnos	9 turnos	11 turnos	13 turnos
0,798	0,503	0,287	0,279	0,240	0,179	0,342
CORRELACION RADIO 23						
1 turno	3 turnos	5 turnos	7 turnos	9 turnos	11 turnos	13 turnos
0,682	0,543	0,562	0,576	0,479	0,412	0,402
CORRELACION RADIO 25						
1 turno	3 turnos	5 turnos	7 turnos	9 turnos	11 turnos	13 turnos
0,654	0,534	0,520	0,446	0,378	0,603	0,559

Tabla 55: Coeficiente de correlación para todos los radios estudiados.

El máximo coeficiente de correlación se obtuvo para el radio de 25 metros y un período de 11 turnos. El valor fue de 0,603, el cual no se considera como una buena correlación.

5.3.2.3 Porcentaje de Tonelaje extraído con tiraje uniforme + Tonelaje extraído con tiraje desuniforme

En este punto del estudio simplemente se promediaron los valores de coeficiente de correlación obtenidos por obtenidos para el % de Ton Uniforme y el % de Ton Desuniforme por radio y período de turnos. Los resultados de estas sumas son los siguientes.

- **Coeficiente de correlación**

PROMEDIO COEFICIENTE DE CORRELACION 15						
1 turno	3 turnos	5 turnos	7 turnos	9 turnos	11 turnos	13 turnos
0,572	0,601	0,505	0,466	0,376	0,409	0,365
PROMEDIO COEFICIENTE DE CORRELACION 17						
1 turno	3 turnos	5 turnos	7 turnos	9 turnos	11 turnos	13 turnos
0,667	0,620	0,536	0,536	0,471	0,445	0,384
PROMEDIO COEFICIENTE DE CORRELACION 19						
1 turno	3 turnos	5 turnos	7 turnos	9 turnos	11 turnos	13 turnos
0,667	0,620	0,536	0,536	0,471	0,445	0,384
PROMEDIO COEFICIENTE DE CORRELACION 21						
1 turno	3 turnos	5 turnos	7 turnos	9 turnos	11 turnos	13 turnos
0,662	0,658	0,501	0,522	0,501	0,467	0,544
PROMEDIO COEFICIENTE DE CORRELACION 23						
1 turno	3 turnos	5 turnos	7 turnos	9 turnos	11 turnos	13 turnos
0,62	0,652	0,6945	0,6695	0,5745	0,5455	0,547
PROMEDIO COEFICIENTE DE CORRELACION 23						
1 turno	3 turnos	5 turnos	7 turnos	9 turnos	11 turnos	13 turnos
0,664	0,635	0,650	0,624	0,586	0,683	0,656

Tabla 56: Promedio de coeficientes de correlación para todos los radios (%unif + %desu)

De los resultados de la tabla 56 el mejor caso es el que considera un radio de 23 metros y un período de 5 turnos.

5.4 Elección del mejor Criterio para Categorizar el Modelo de Dilución

Se compararon las tablas de coeficientes de correlación de ambos criterios y se decidió aquel criterio que tuvo mayor correlación. A continuación se enseña una tabla con las diferencias (Criterio PED10 – Criterio Visual) obtenidas.

PROMEDIO COEFICIENTE DE CORRELACION 15						
1 turno	3 turnos	5 turnos	7 turnos	9 turnos	11 turnos	13 turnos
0,011	0,047	0,068	0,097	0,213	0,152	0,194
PROMEDIO COEFICIENTE DE CORRELACION 17						
1 turno	3 turnos	5 turnos	7 turnos	9 turnos	11 turnos	13 turnos
-0,047	0,272	0,314	0,315	0,290	0,269	0,318
PROMEDIO COEFICIENTE DE CORRELACION 19						
1 turno	3 turnos	5 turnos	7 turnos	9 turnos	11 turnos	13 turnos
-0,047	0,272	0,314	0,315	0,290	0,269	0,318
PROMEDIO COEFICIENTE DE CORRELACION 21						
1 turno	3 turnos	5 turnos	7 turnos	9 turnos	11 turnos	13 turnos
-0,090	0,170	0,342	0,270	0,255	0,270	0,151
PROMEDIO COEFICIENTE DE CORRELACION 23						
1 turno	3 turnos	5 turnos	7 turnos	9 turnos	11 turnos	13 turnos
0,064	0,205	0,122	0,117	0,174	0,186	0,183
PROMEDIO COEFICIENTE DE CORRELACION 25						
1 turno	3 turnos	5 turnos	7 turnos	9 turnos	11 turnos	13 turnos
0,079	0,221	0,213	0,227	0,206	0,106	0,141

Tabla 57: diferencia entre Criterio PED10 y Criterio Visual

Como se aprecia en la tabla 57, el Criterio PED10 posee un mayor coeficiente de correlación, por lo que se considera que es el mejor Criterio.

Por lo anteriormente señalado el mejor radio y período para realizar los cálculos del índice de uniformidad son: Radio de 17 o 19 metros y Período de Tiempo de 3 turnos.

5.5 Mejores parámetros de radio y periodo de tiempo para el Criterio Visual

Como se vio en el punto anterior el caso con una mayor correlación es el de radio 17 o 19 metros y periodo de tiempo de 3 turnos. A continuación se presentan los principales gráficos realizados con estos dos parámetros escogidos, que permiten comprender de mejor manera el comportamiento de los puntos de extracción en cuanto a los modelos de dilución (interactivo, aislado-interactivo y aislado) y con respecto a las clasificaciones realizadas con el cálculo del índice de uniformidad (uniforme, semi uniforme y desuniforme).

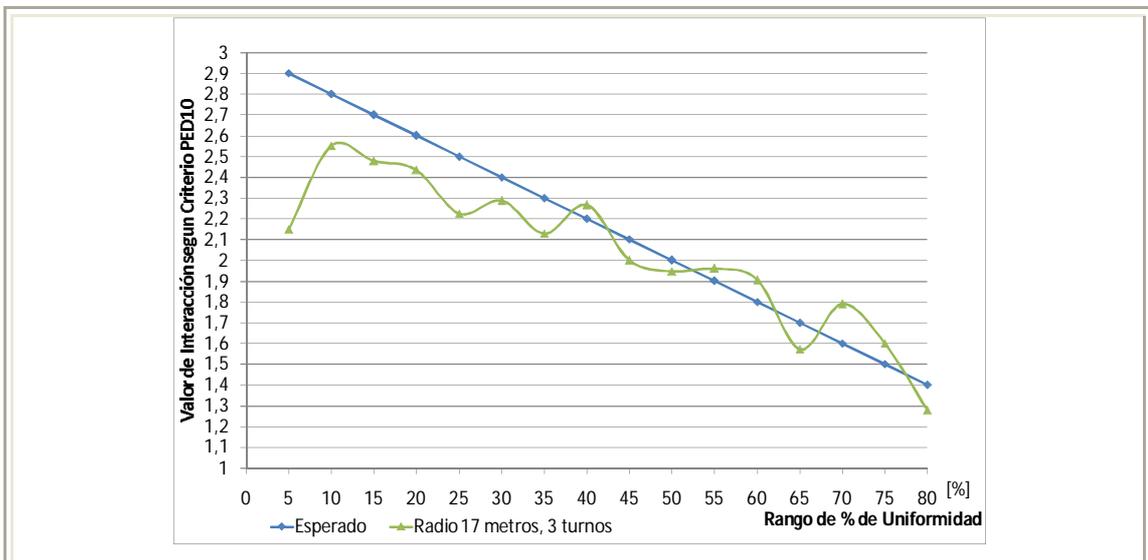


Figura 62: gráfico de valores de interacción promedio PED10 vs rango de % de uniformidad

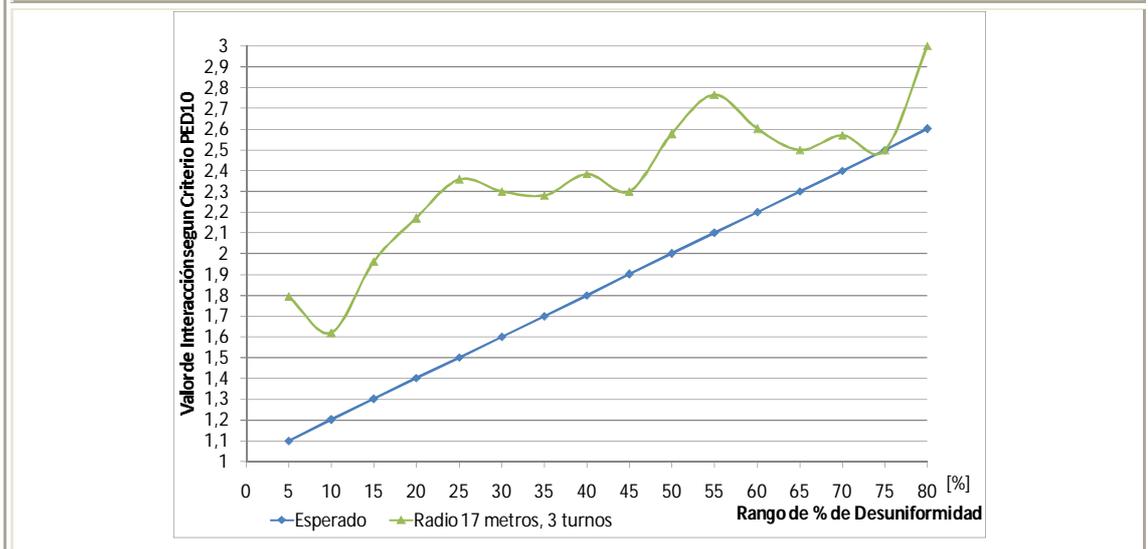
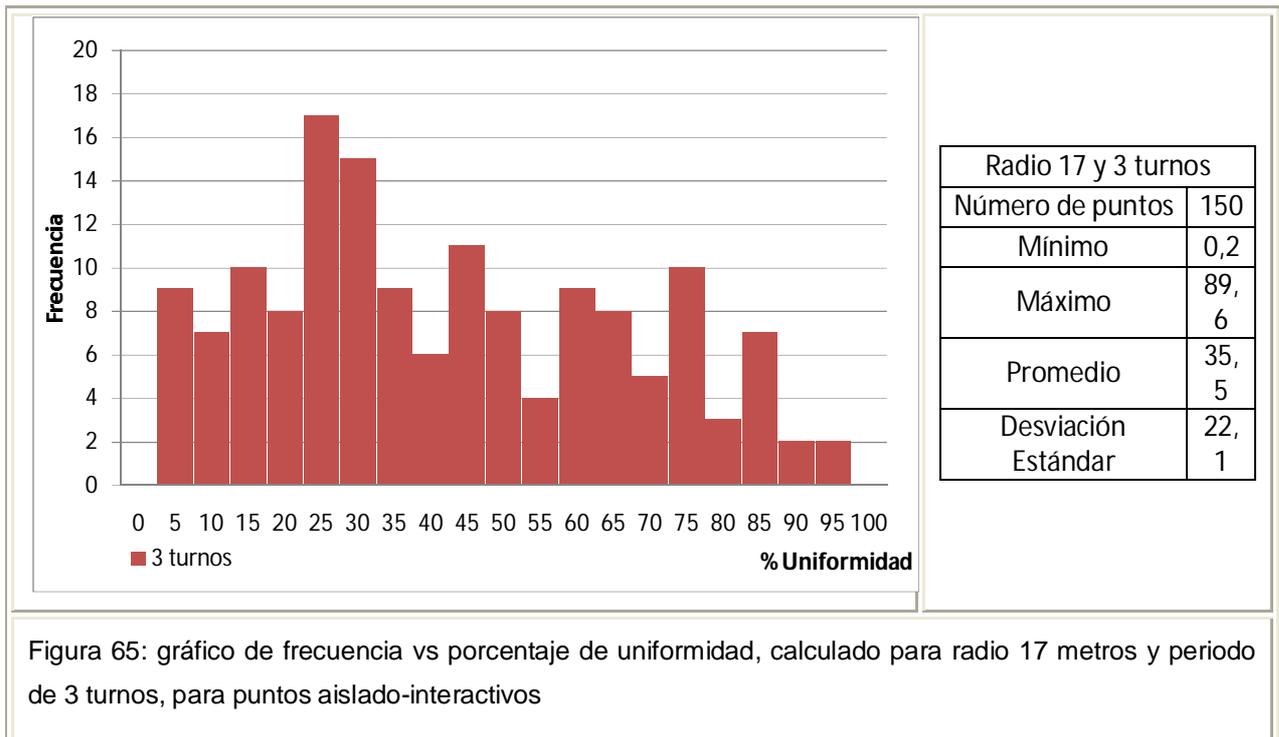
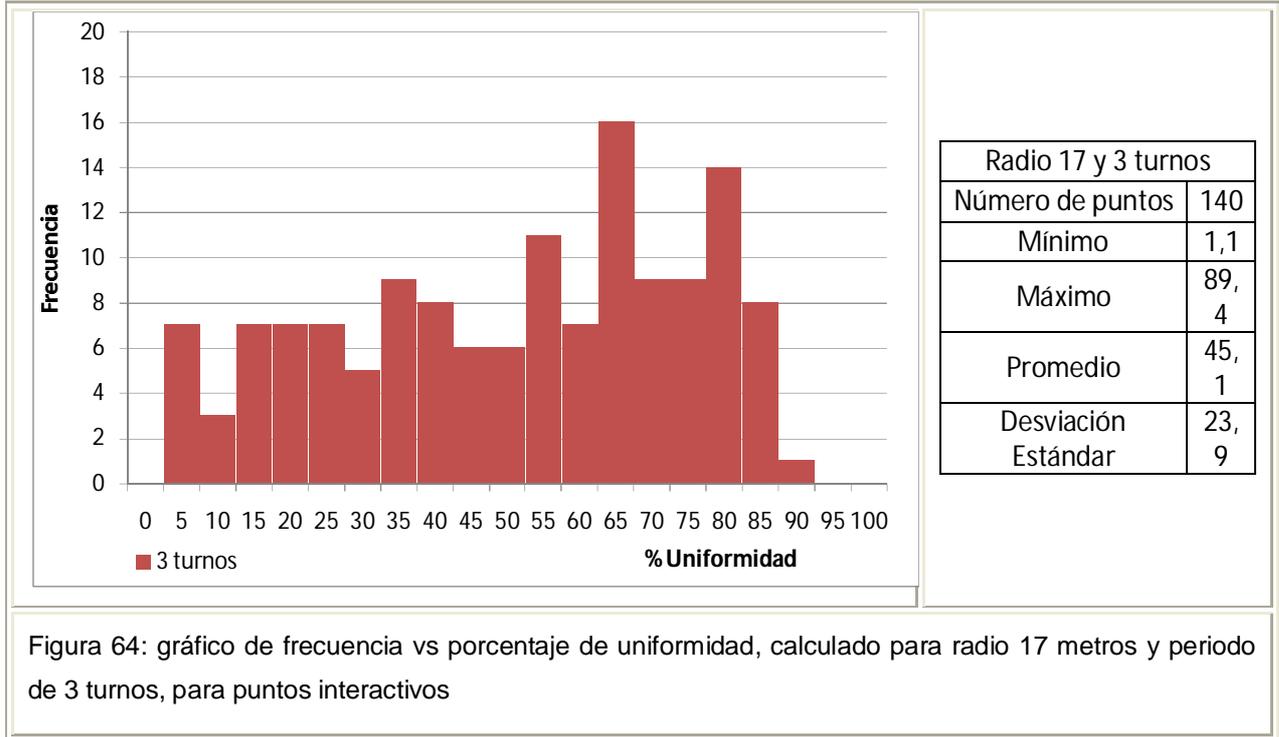


Figura 63: gráfico de valores de interacción promedio PED10 vs rango de % de desuniformidad

- **Histogramas de porcentaje de uniformidad**

A continuación se muestran los histogramas realizados para el radio de 17 metros y período de 3 turnos separados por la categorización realizada al modelo de dilución según el criterio del PED10.



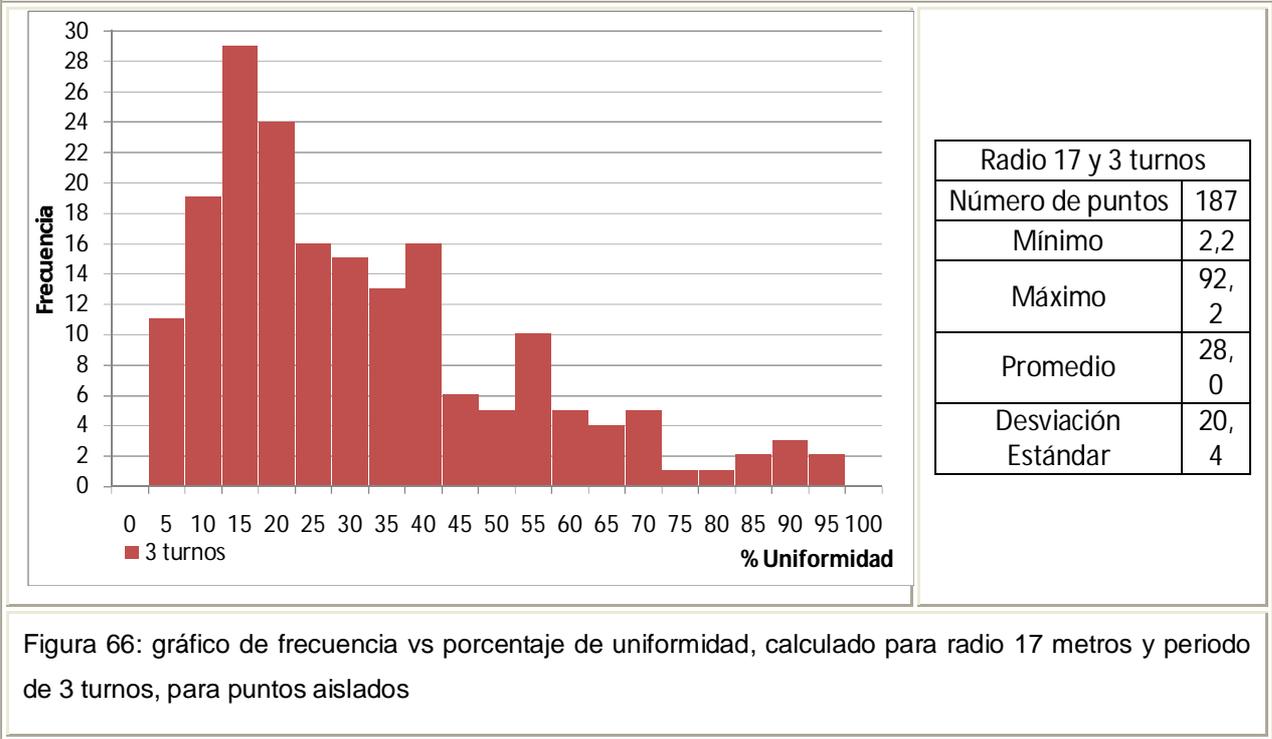


Figura 66: gráfico de frecuencia vs porcentaje de uniformidad, calculado para radio 17 metros y periodo de 3 turnos, para puntos aislados

- **Histogramas de porcentaje de desuniformidad**

A continuación se muestran los histogramas realizados para el radio de 17 metros y período de 3 turnos separados por la categorización realizada al modelo de dilución según el criterio del PED.

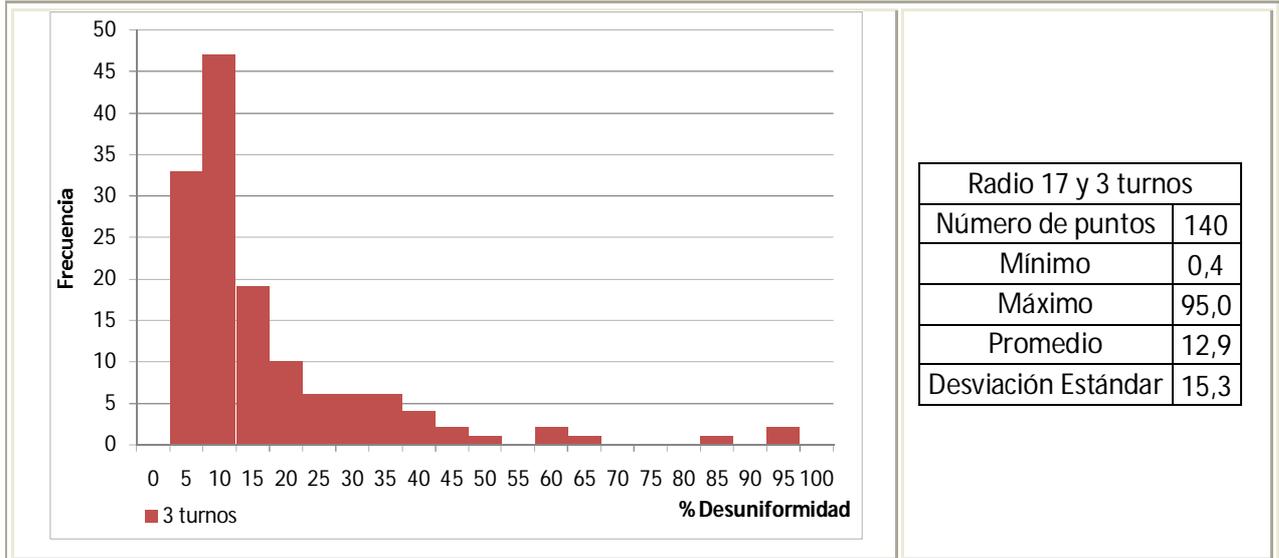


Figura 67: gráfico de frecuencia vs porcentaje de desuniformidad, calculado para radio 17 metros y periodo de 3 turnos, para puntos interactivos

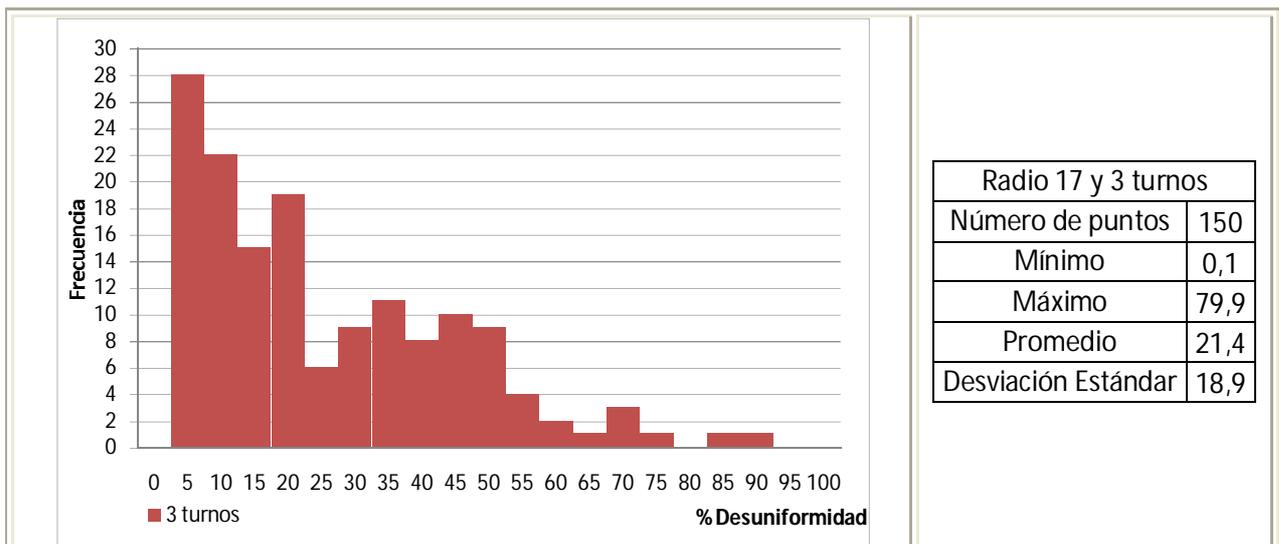


Figura 68: gráfico de frecuencia vs porcentaje de desuniformidad, calculado para radio 17 metros y periodo de 3 turnos, para puntos aislado-interactivos

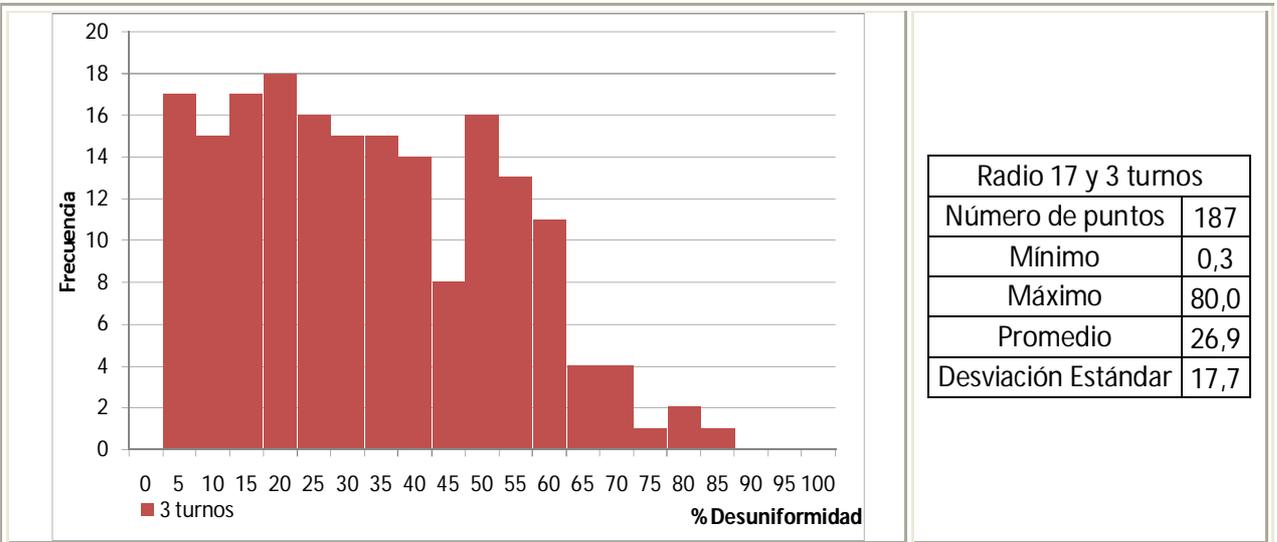
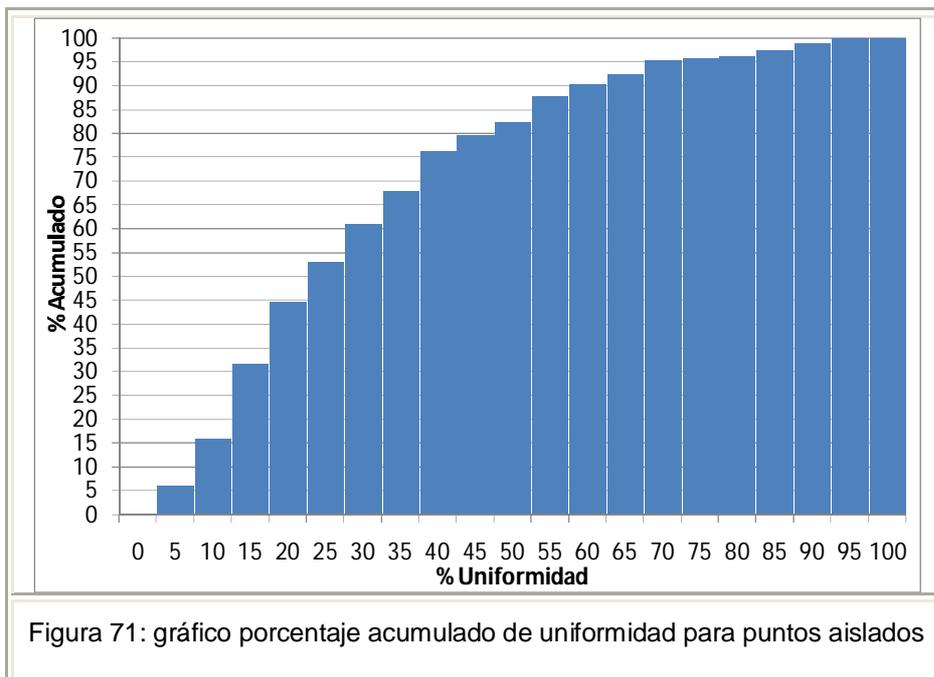
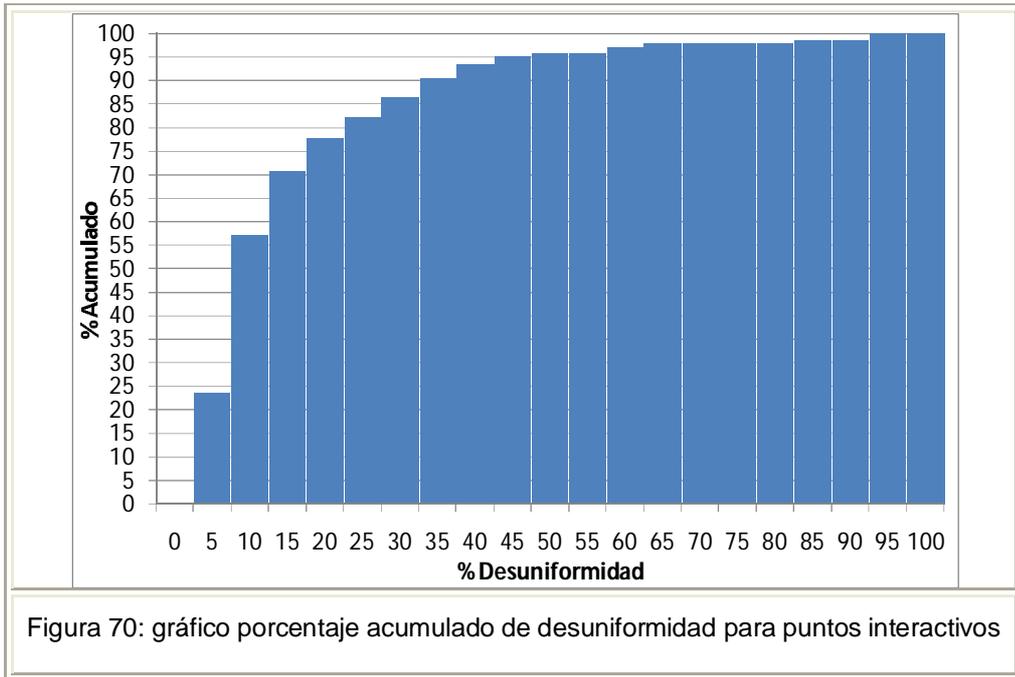


Figura 69: gráfico de frecuencia vs porcentaje de desuniformidad, calculado para radio 17 metros y periodo de 3 turnos, para puntos aislados

- **Gráficos acumulados para histogramas**

Finalmente se realizaron gráficos con los porcentajes acumulado de puntos de extracción por rango de porcentaje de uniformidad y de desuniformidad a los datos que presentaron picos más pronunciados en los histogramas presentados en los dos puntos anteriores, es decir, la figura 51 y la figura 52. A continuación se presentan dichos gráficos acumulados:



En el gráfico 70 se puede ver claramente que los puntos de extracción interactivos poseen, en su gran mayoría, un bajo porcentaje (55% de los puntos interactivos con % menor a 10; 77.8% de los puntos interactivos con un % menos a 20) de desuniformidad.

En el gráfico 71 se puede apreciar que los puntos de extracción aislados tiene en su gran mayoría un bajo porcentaje de uniformidad.

- **Promedios de porcentajes**

En este punto se presentan los promedios de los porcentajes de uniformidad, semiuniformidad y desuniformidad, luego de utilizar los parámetros de radio 17 metros y período de tiempo de 3 turnos, separados en interactivos, aislado-interactivos y aislados. A continuación se presenta una tabla con dichos promedios.

		Porcentajes		
		Uniforme	Semi Uniforme	Desuniforme
Criterio PED	Todos (I + AI + A)	38%	38,50%	23,50%
	Interactivo	48,20%	37,10%	14,70%
	Aislado Interactivo	39,80%	37,10%	23,10%
	Aislado	29%	40,60%	30,40%

Tabla 58: promedio de porcentajes de uniformidad, semiuniformidad y desuniformidad

De la tabla se puede apreciar que los puntos de extracción catalogados como interactivos poseen en promedio un alto porcentaje de uniformidad y a su vez un bajo porcentaje de desuniformidad. Del mismo modo se aprecia que los puntos de extracción aislados tienen un alto porcentaje de desuniformidad y un bajo porcentaje de uniformidad.

CAPÍTULO 6 Estudios realizados dado que los mejores parámetros para el cálculo del IU son 17 o 19 metros y periodo de 3 turnos

Este capítulo presenta los estudios realizados a los datos de % de Uniformidad, % de Semiuniformidad y % de Desuniformidad obtenidos luego de calcular el Índice de Uniformidad con parámetros de radio de 17 o 19 metros y periodo de tiempo de 3 turnos (cada turno de 8 horas).

Lo primero que se hizo fue calcular el tonelaje acumulado, turno a turno, de todos los puntos de extracción estudiados y posteriormente se realizó el cálculo del tonelaje acumulado extraído de forma Uniforme, Semiuniforme y Desuniforme de todos los puntos desde la primera hasta la última extracción registrada por punto.

Una vez realizado los cálculos de tonelajes acumulados totales, uniformes, semiuniformes y desuniforme para cada punto, fueron divididos en Aislados, Aislado-interactivos e Interactivos. A continuación se muestran, a modo de ejemplo, las tablas realizadas para organizar los datos de tonelaje total acumulado, uniforme acumulado, semiuniforme acumulado y desuniforme acumulado a los puntos aislados.

Tonelaje Total Acumulado	INO209W	INO210W	INO212W	Tonelaje Uniforme Acumulado	INO209W	INO210W	INO212W
	65,00	31,74	262,00		65,00	0,00	0,00
	125,00	194,74	401,98		65,00	0,00	0,00
	252,25	392,74	690,47		65,00	0,00	0,00
	304,25	495,74	782,05		65,00	0,00	91,58
330,25	877,50	845,88	91,00	0,00	155,41		
Tonelaje Semiuniforme Acumulado	INO209W	INO210W	INO212W	Tonelaje Desuniforme Acumulado	INO209W	INO210W	INO212W
	0,00	31,74	0,00		0,00	0,00	262,00
	0,00	194,74	0,00		60,00	0,00	401,98
	127,25	392,74	288,49		60,00	0,00	401,98
	179,25	495,74	288,49		60,00	0,00	401,98
179,25	877,50	288,49	60,00	0,00	401,98		

Tabla 59: Extracto de tablas de tonelaje acumulado total, uniforme, semiuniforme y desuniforme para puntos aislados según PED10.

Con la información de los tonelajes acumulados se pudo construir tablas con el mismo formato anterior, pero esta vez calculando el % porcentaje acumulado uniforme,

semiuniforme y desuniforme. A continuación se muestran como ejemplo las tablas realizadas para los puntos aislados.

	IN0209W	IN0210W	IN0212W		IN0209W	IN0210W	IN0212W
Porcentaje Uniforme Acumulado	100,00	0,00	0,00	Porcentaje Semiuniforme Acumulado	0,00	0,00	100,00
	52,00	0,00	0,00		48,00	0,00	100,00
	25,77	0,00	0,00		23,79	0,00	58,22
	21,36	0,00	11,71		19,72	0,00	51,40
	27,55	0,00	18,37		18,17	0,00	47,52

	IN0209W	IN0210W	IN0212W
Porcentaje Desuniforme Acumulado	0,00	100,00	0,00
	0,00	100,00	0,00
	50,45	100,00	41,78
	58,92	100,00	36,89
	54,28	100,00	34,11

Tabla 60: Extracto de tablas de porcentaje acumulado total, uniforme, semiuniforme y desuniforme para puntos aislados según PED10.

Con esta información se realizaron estudios de:

1. Porcentaje acumulado de uniformidad, semiuniformidad y desuniformidad al PED10.
2. Porcentaje acumulado de uniformidad, semiuniformidad y desuniformidad compositado cada 500 toneladas extraídas hasta las 17500 toneladas extraídas.
3. Boxplot (Diagrama de caja)

A continuación se detallaran cada uno de estos estudios mencionados.

6.1 Porcentaje acumulado de uniformidad, semiuniformidad y desuniformidad al PED10

Este estudio consistió básicamente en visualizar los tonelajes y porcentajes de uniformidad, semiuniformidad y desuniformidad al momento que el porcentaje de

entrada de la dilución fuera 10. A continuación se muestran los gráficos realizados para dichos datos separados por aislados, aislados interactivos e interactivos.

6.2.1 Puntos Aislados

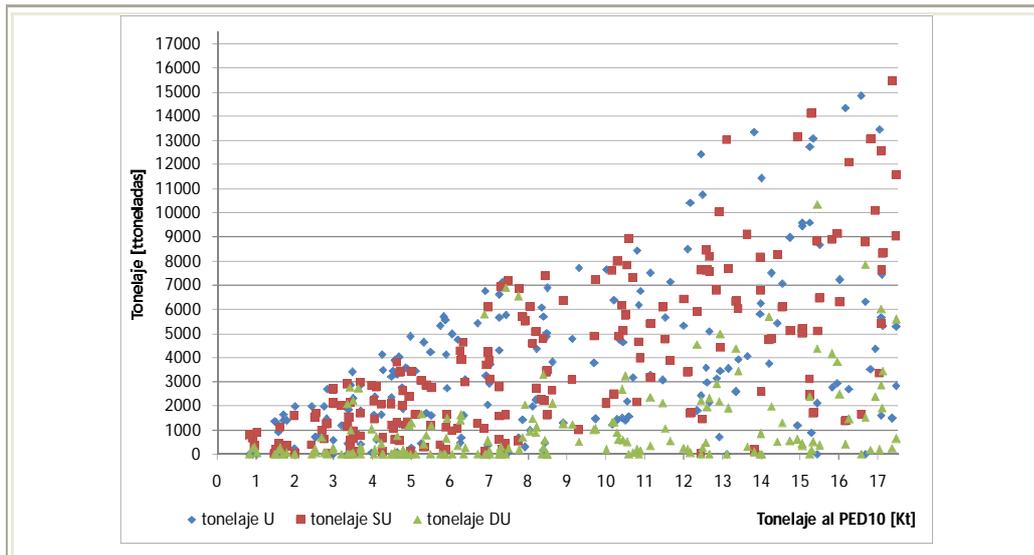


Figura 72: gráfico de tonELAJE U, SU y DU vs tonELAJE al PED10 para puntos Aislados

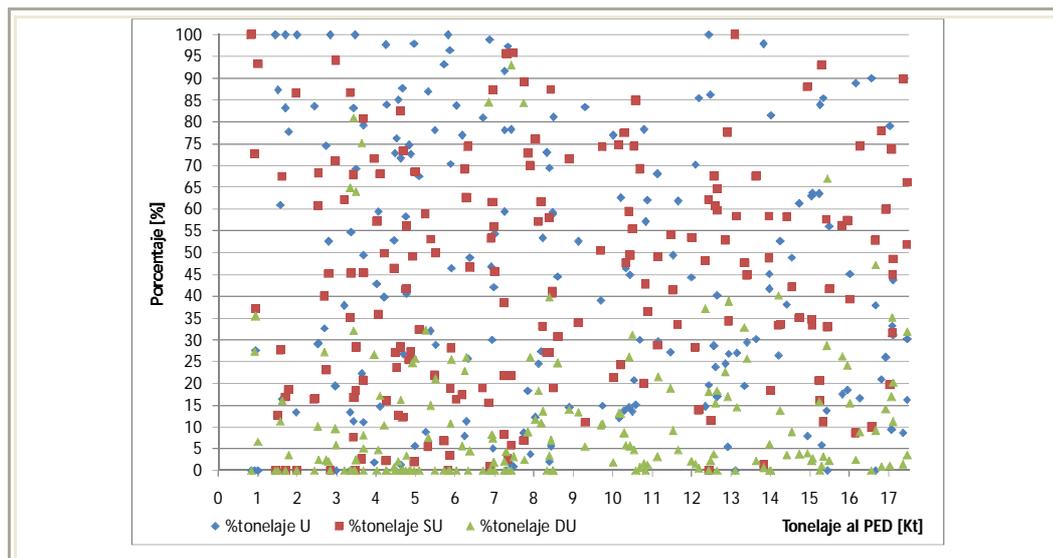


Figura 73: gráfico de porcentaje U, SU y DU vs tonELAJE al PED10 para puntos Aislados

Se observa de la figura 73 que el tonelaje acumulado al momento del PED10 no tiene relación con los % de uniformidad, semiuniformidad y desuniformidad en ese momento para los puntos aislados.

6.2.2 Puntos Aislado-interactivos

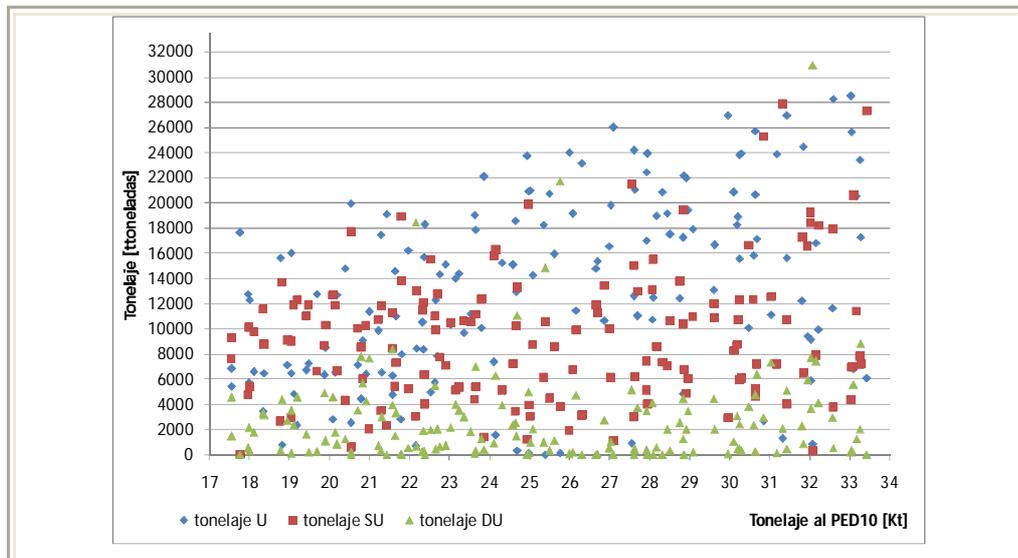


Figura 74: gráfico de tonELAJE U, SU y DU vs tonELAJE al PED10 para puntos Aisl-Int

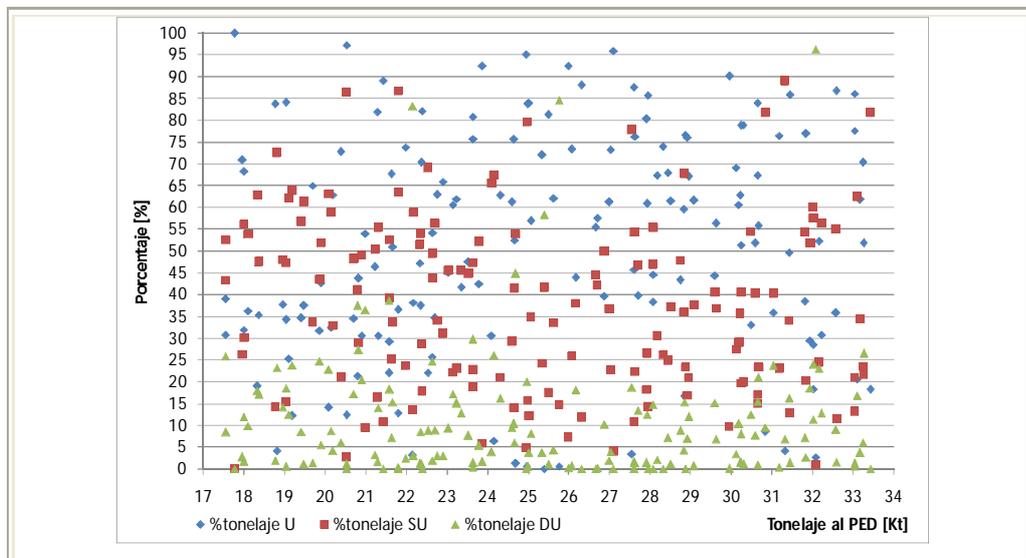


Figura 75: gráfico de porcentaje U, SU y DU vs tonELAJE al PED10 para puntos Aisl-Int

Al igual que para los puntos aislados se visualiza que el tonelaje acumulado al momento del PED10 no tiene relación con los % de uniformidad, semiuniformidad y desuniformidad en ese momento.

6.2.3 Puntos Interactivos

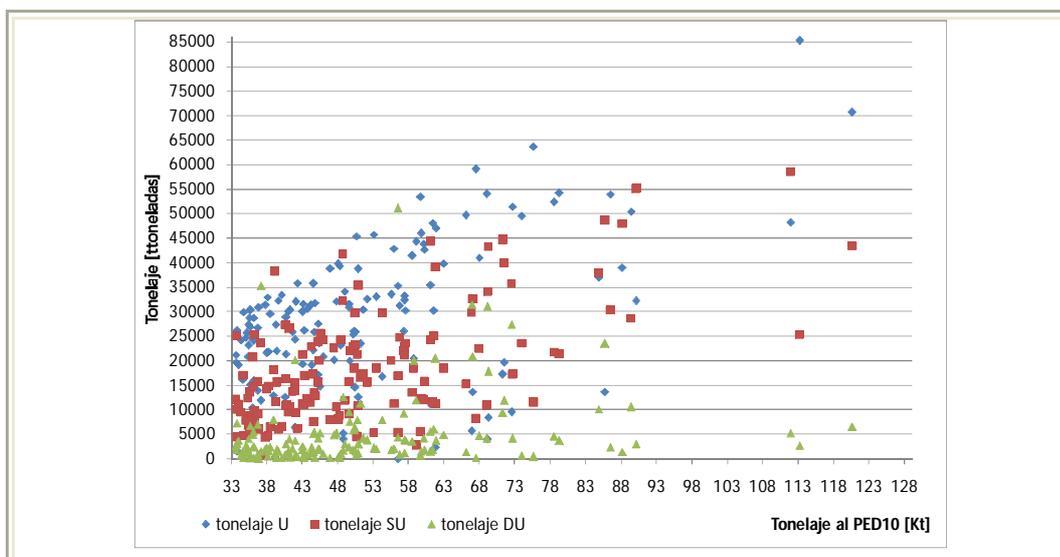


Figura 76: gráfico de tonelajes U, SU y DU vs tonelaje al PED10 para puntos Interactivos

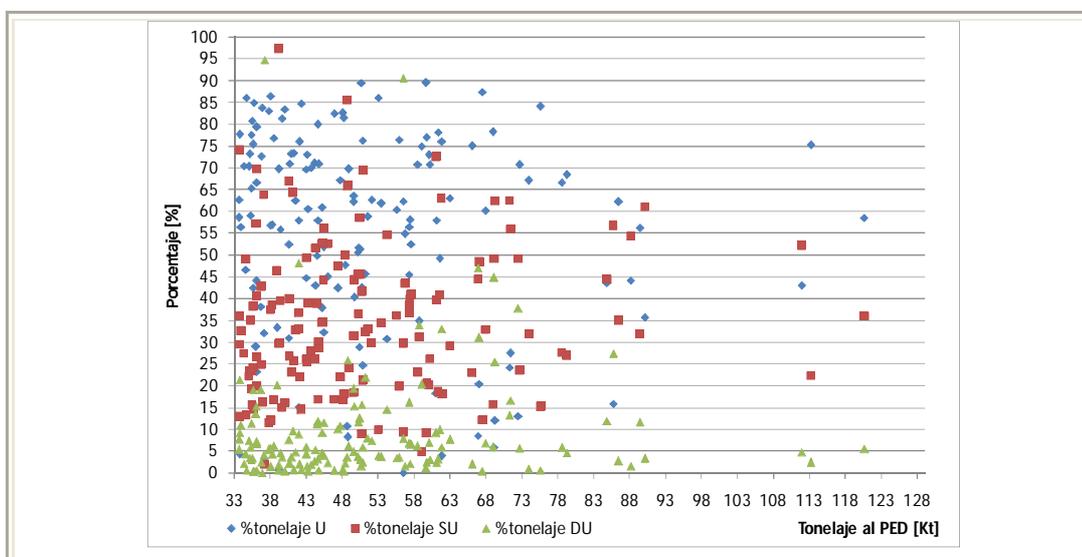


Figura 77: gráfico de porcentaje U, SU y DU vs tonelaje al PED10 para puntos Interactivos

Se observa de la figura 76 que la gran mayoría de los puntos interactivos poseen un mayor tonelaje extraído de forma uniforme que semiuniforme, y que el tonelaje extraído de forma desuniforme es pequeño (en la gran mayoría bajo el 10%) porcentualmente hablando. Al observar la figura 77 no se aprecia que el tonelaje al PED10 tenga relación con los porcentajes de uniformidad, semiuniformidad y desuniformidad.

6.2 Porcentaje acumulado de uniformidad y desuniformidad compositado cada 500 toneladas extraídas hasta las 17500 toneladas extraídas

Esta parte del estudio consistió en agrupar los porcentajes acumulados de uniformidad, semiuniformidad y desuniformidad en tablas separadas para los puntos aislados, aislado-interactivos e interactivos; compositados cada 500 toneladas totales extraídas.

A continuación se visualiza, a modo de ejemplo los porcentajes de uniformidad para los puntos aislados compositados cada 500 toneladas.

	INTERVALO DE TONELAJE EXTRAIDO						
	0-500	500-1000	1000-1500	1500-2000	2000-2500	2500-3000	3000-3500
PORCENTAJE UNIFORMIDAD ACUMULADO	100,0	16,5	18,4	20,5	37,2	49,0	57,5
	52,0	14,9	17,9	23,7	38,1	50,3	58,4
	25,8	19,4	17,3	26,6	40,0	51,5	59,2
	21,4	18,5	16,8	25,6	41,7	52,6	60,0
	27,6	16,2	16,4	28,3	43,3	53,7	60,8
	20,0	15,5	15,9	30,7	44,9	54,7	61,5
	0,0	15,0	15,5	33,0	46,3	55,7	62,2
	0,0	14,4	15,1	35,2	47,7	56,6	62,9
	0,0	13,9	14,7	34,0	50,6	60,5	67,1

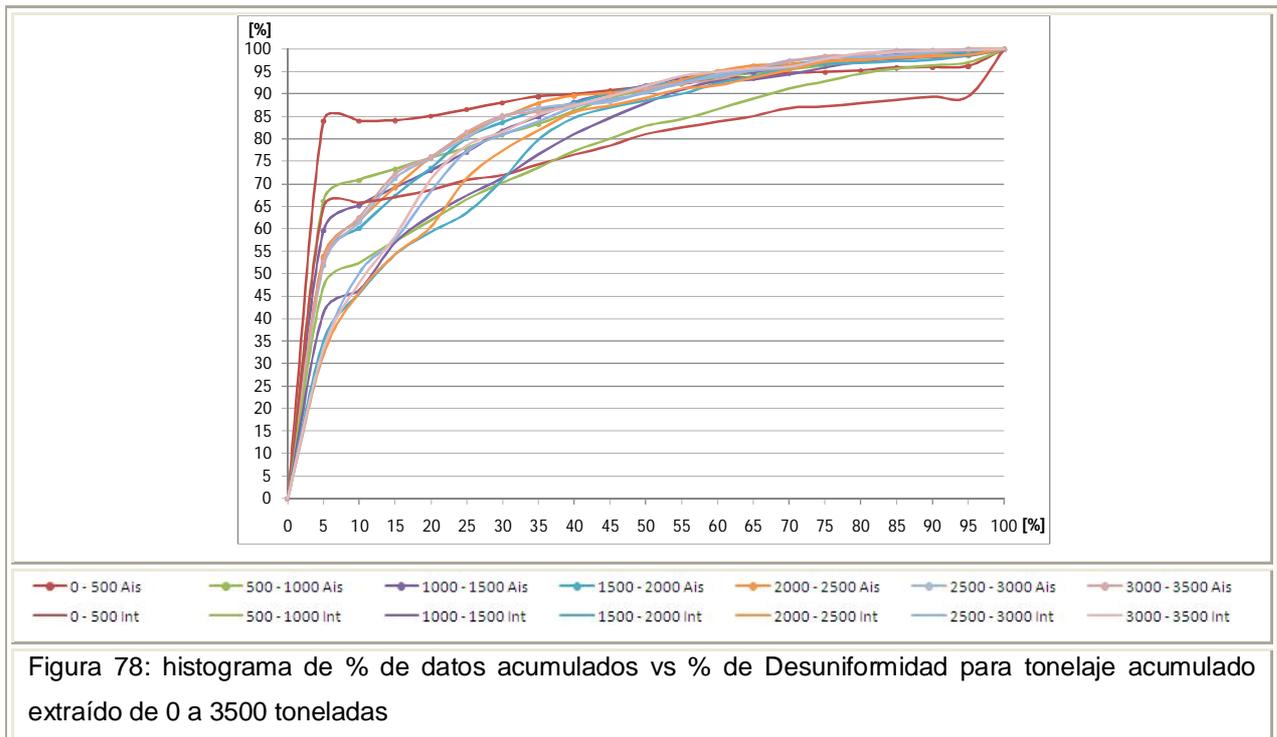
Tabla 61: Extracto de tabla de porcentaje uniforme para los puntos aislados compositado cada 500 toneladas extraídas.

Con los datos organizados por intervalos de tonelaje extraído se realizaron histogramas de porcentaje uniforme y desuniforme acumulados en intervalos de 5% para todos los intervalos de tonelaje y separándolos en aislados e interactivos para visualizar mejor el comportamiento de los puntos para los puntos aislados e interactivos.

Primero se analizara el comportamiento del % de Desuniformidad y posteriormente el comportamiento del % de Uniformidad.

6.2.1 Porcentaje de Desuniformidad

A continuación se enseñan los histogramas realizados con el porcentaje de desuniformidad para cada intervalo de tonelaje hasta llegar a las 17500 toneladas extraídas.



Se observa que los puntos aislados tuvieron mayor porcentaje de datos con un porcentaje de desuniformidad menor que los puntos interactivos para las primeras 3500 toneladas extraídas por los puntos. Este comportamiento no es el esperado, ya que se esperaría que los puntos interactivos tuviesen mayor cantidad de datos con una desuniformidad baja.

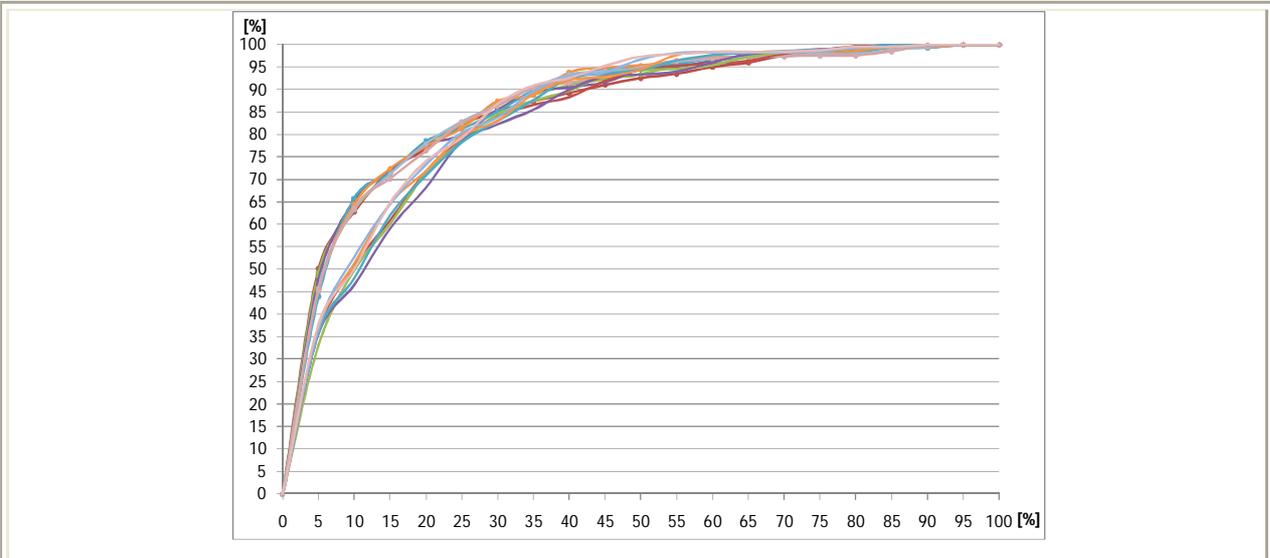


Figura 79: histograma de % de datos acumulados vs % de Desuniformidad para tonelaje acumulado extraído de 3500 a 7000 toneladas

Al igual que en el gráfico 79, se observa que, los puntos aislados tuvieron mayor porcentaje de datos con un porcentaje de desuniformidad menor que los puntos interactivos hasta que en el 85 % de los datos los porcentajes de desuniformidad para aislados e interactivos tienden a igualarse.

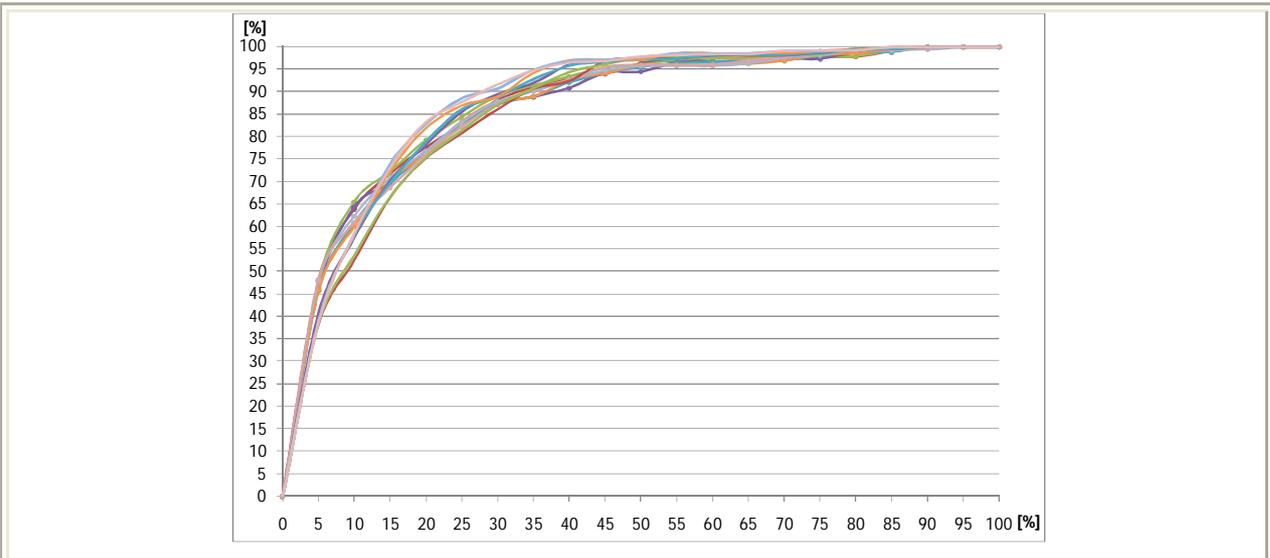
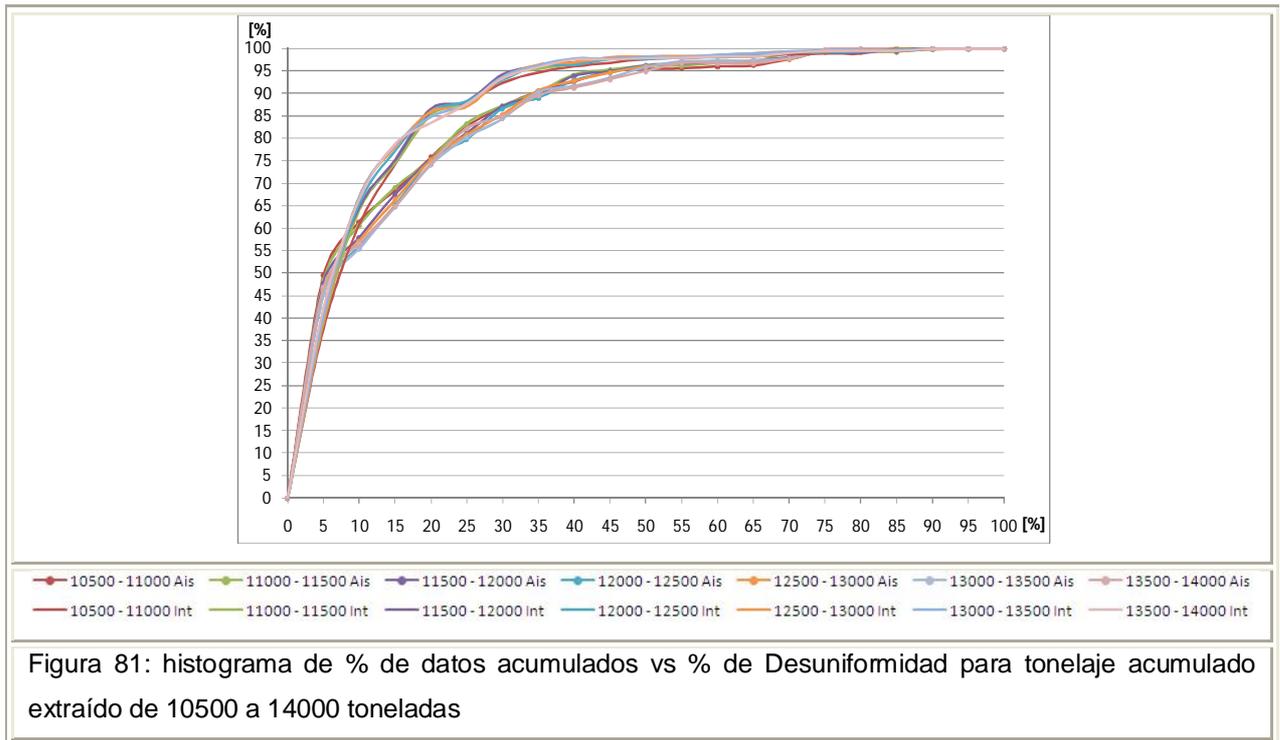
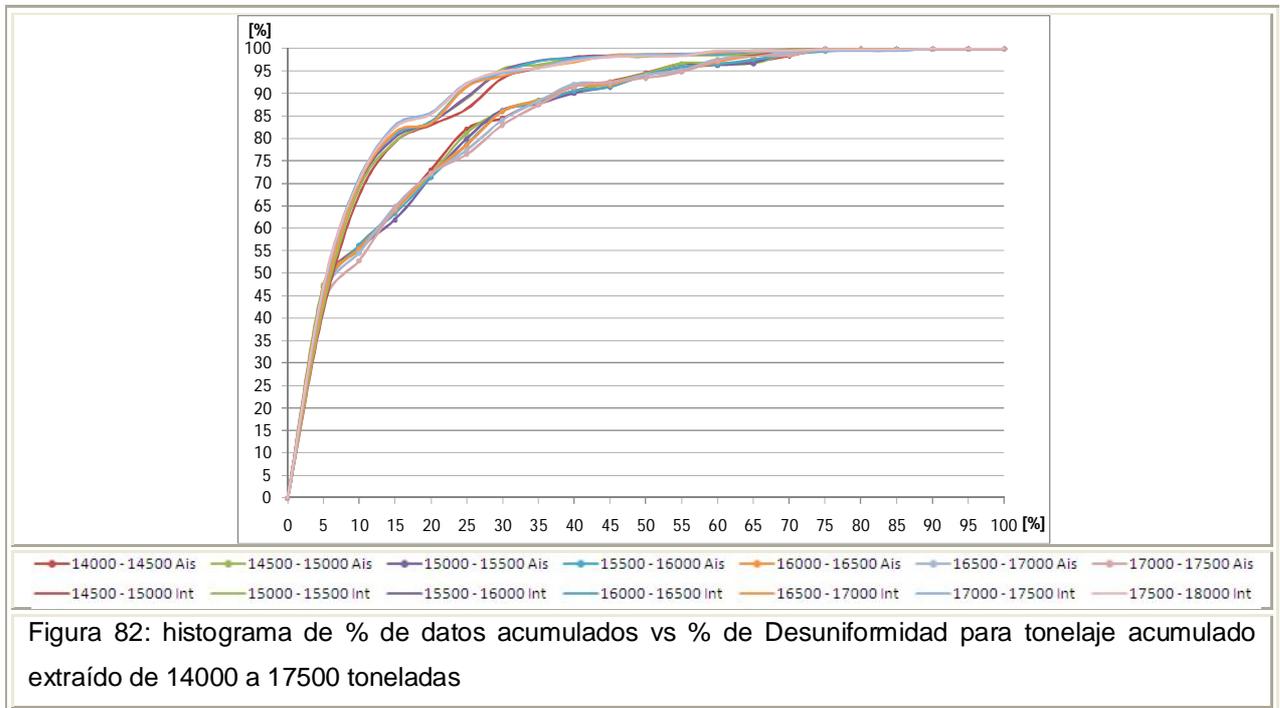


Figura 80: histograma de % de datos acumulados vs % de Desuniformidad para tonelaje acumulado extraído de 7000 a 10500 toneladas

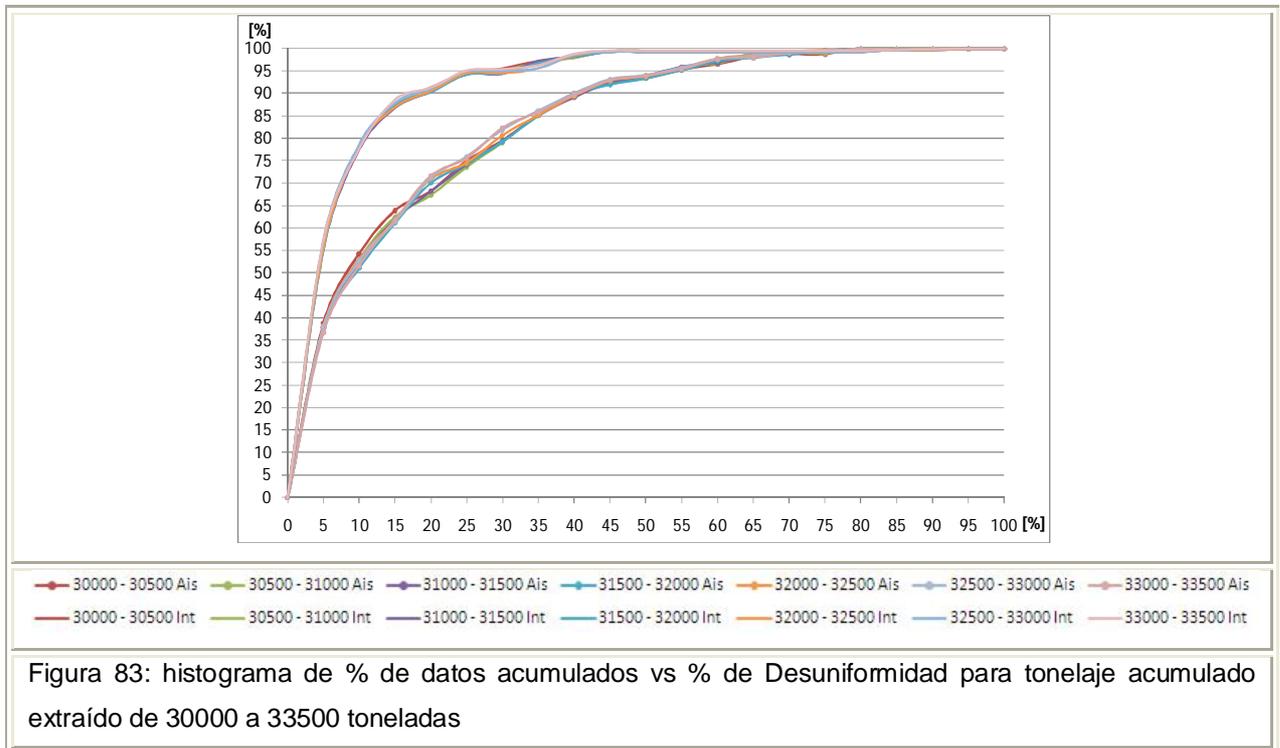
Se visualiza que las curvas con datos interactivos comienzan a poseer una mayor cantidad de puntos con baja desuniformidad que los puntos aislados, de hecho, a partir de la curva interactiva de 8000 a 8500 toneladas posee mayor % de datos con menor % de desuniformidad a partir del 15 % de desuniformidad.



Se ve claramente que los puntos interactivos poseen un menor porcentaje de datos con baja desuniformidad acumulada que los puntos aislados.



Se observa que la diferencia entre los datos de desuniformidad de los puntos aislados e interactivos va aumentando a medida que el tonelaje de extracción aumenta, y que los puntos aislados poseen un mayor porcentaje de desuniformidad que los puntos interactivos. Esta diferencia se hace mayor a medida que se extrae más tonelaje de los puntos, para visualizar esta diferencia, a continuación, se muestran ambas curvas para intervalos de tonelaje de extracción desde 30000 a 33500 toneladas.

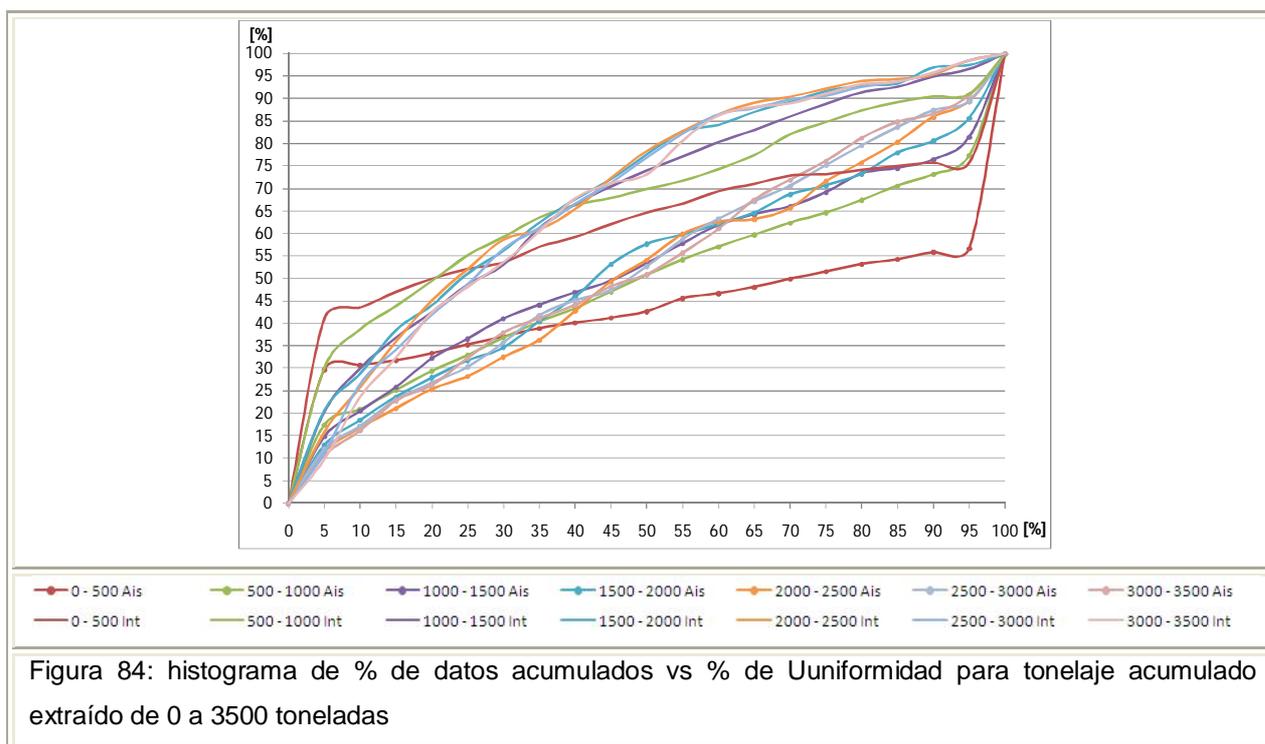


También es posible observar que la diferencia entre curvas de las mismas categorías (aisladas e interactivas) comienza a ser menor a medida que se extrae tonelaje de los puntos.

6.2.2 Porcentaje de Uniformidad

Se realizó el mismo estudio del punto 6.3.1 pero esta vez basado en los porcentajes de Uniformidad acumulada de los puntos de extracción aislados e interactivos.

A continuación se observan los histogramas realizados en este punto.



Se observa que los puntos interactivos poseen un mayor porcentaje de los datos con un porcentaje de uniformidad acumulada menor al compararlos con los datos de los puntos aislados para tonELAJES de extracción acumulada menores a 3500 toneladas.

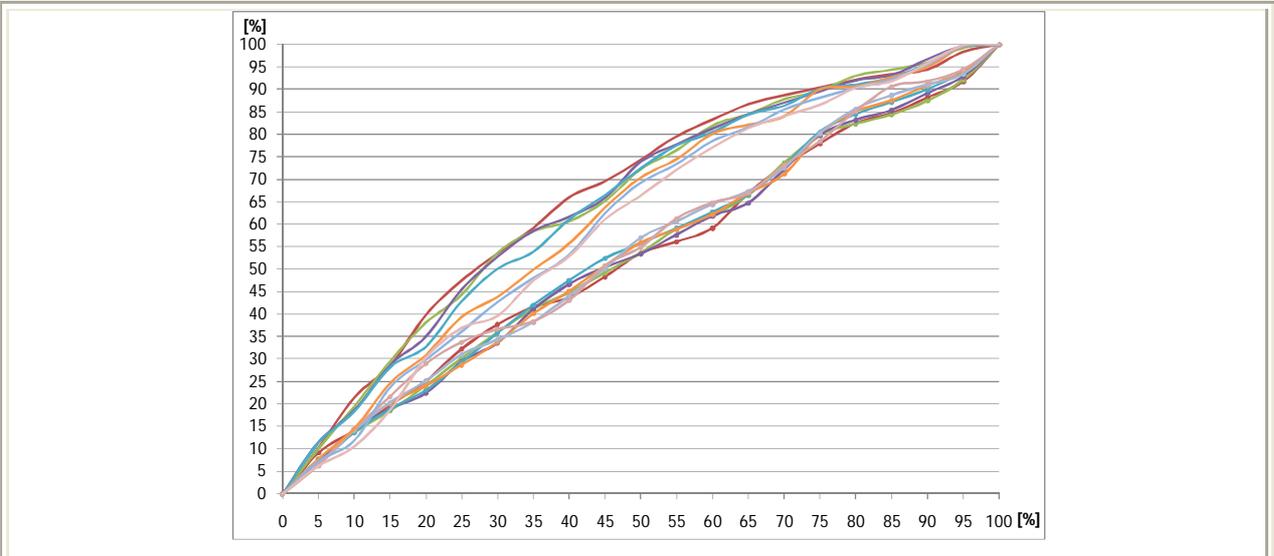


Figura 85: histograma de % de datos acumulados vs % de Uuniformidad para tonelaje acumulado extraído de 3500 a 7000 toneladas

En el grafico 85 se tiene que las curvas interactivas poseen menos datos con porcentaje de uniformidad alta que las curvas aisladas.

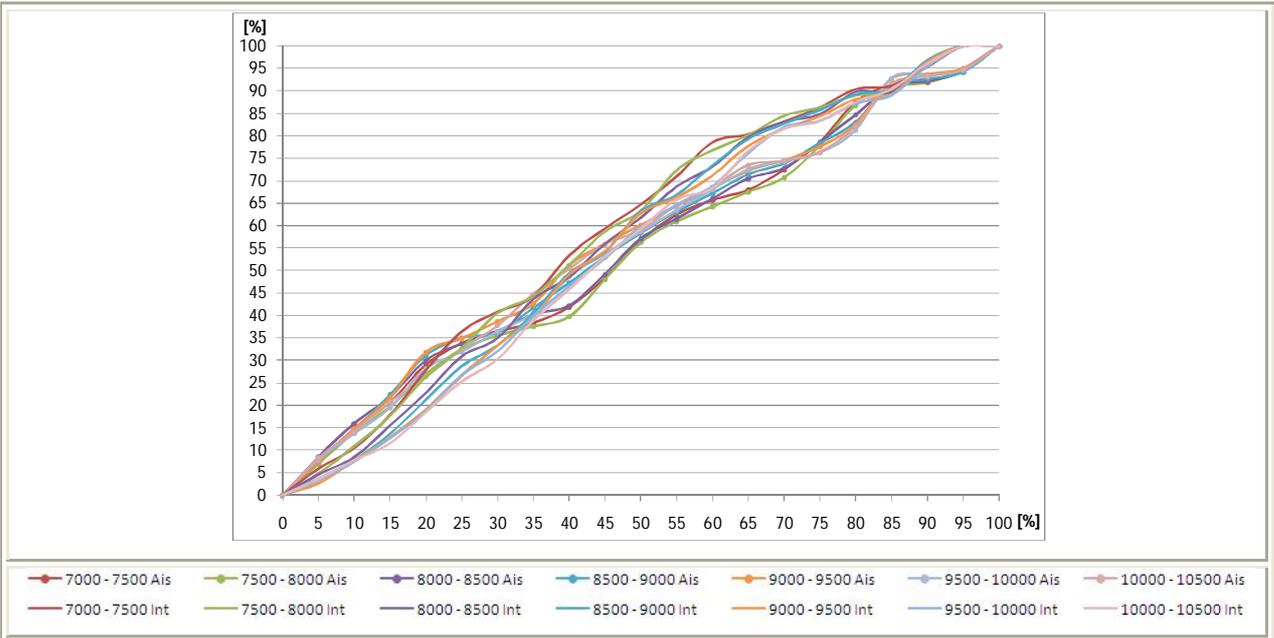
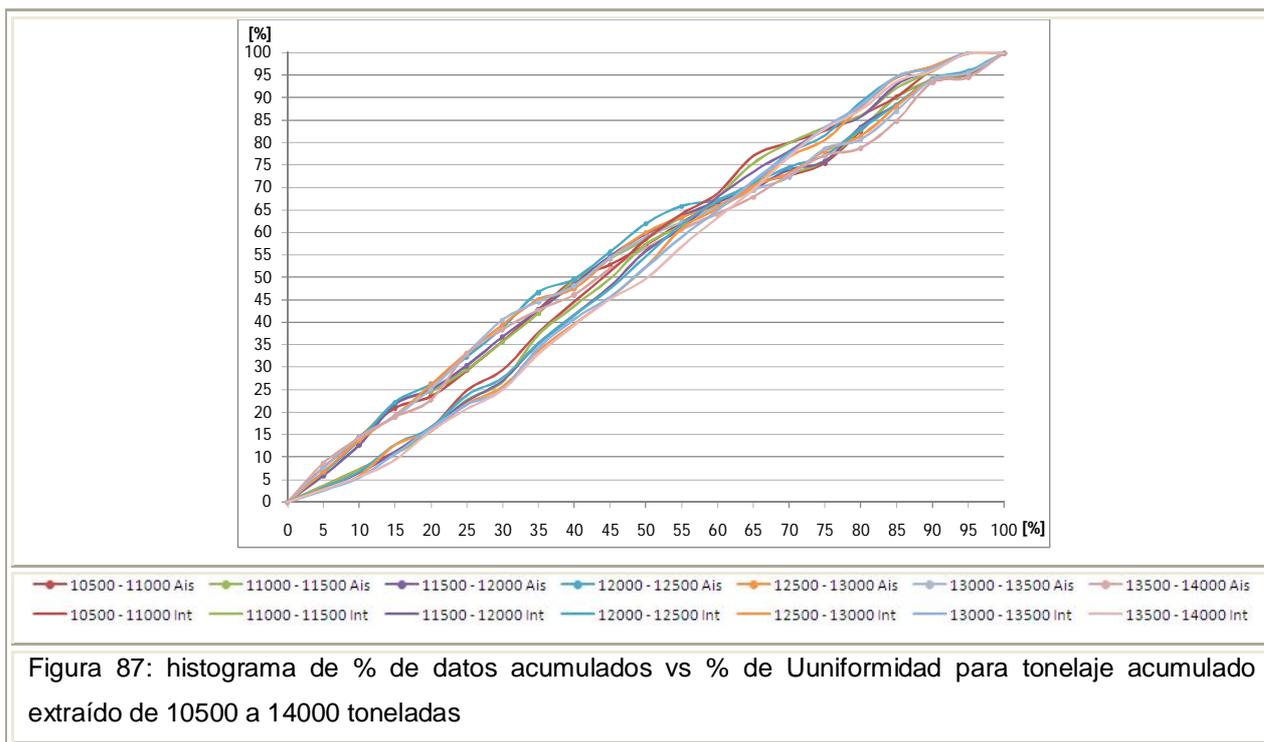
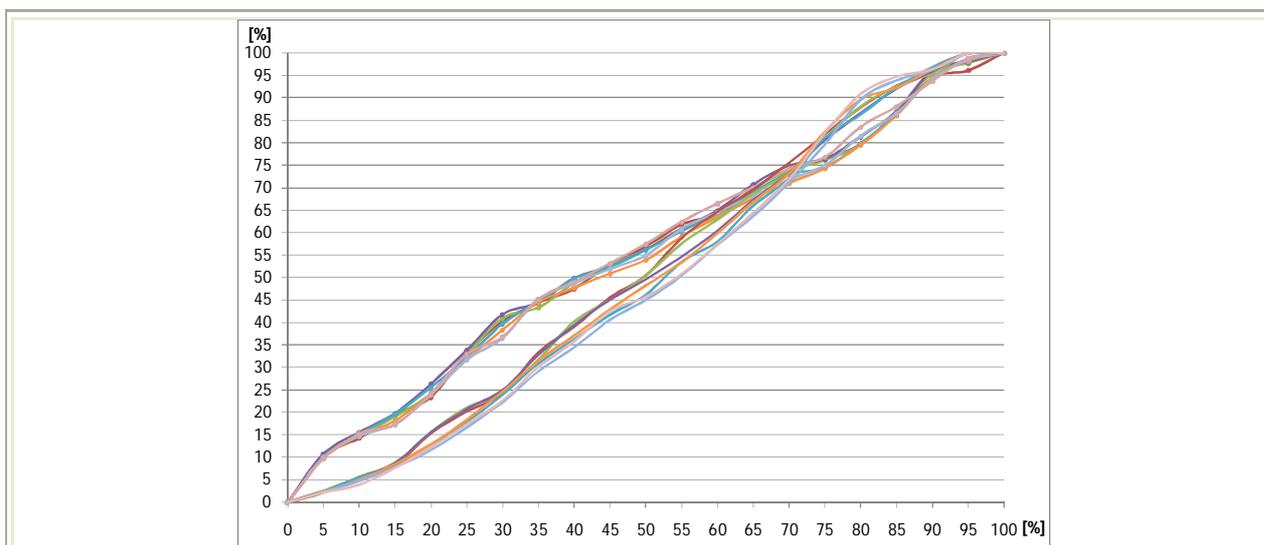


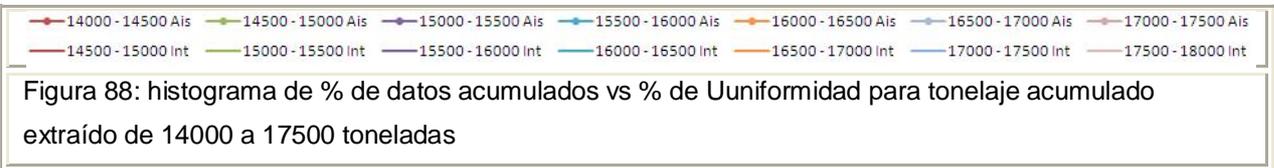
Figura 86: histograma de % de datos acumulados vs % de Uuniformidad para tonelaje acumulado extraído de 7000 a 10500 toneladas

Del grafico 86 se puede decir que las curvas aisladas e interactivas comienzan a tener un comportamiento similar para porcentajes de uniformidad acumulada menores a un 30 %. Es decir que los puntos aislados comienzan a disminuir su % de uniformidad y los interactivos a subir este mismo porcentaje.

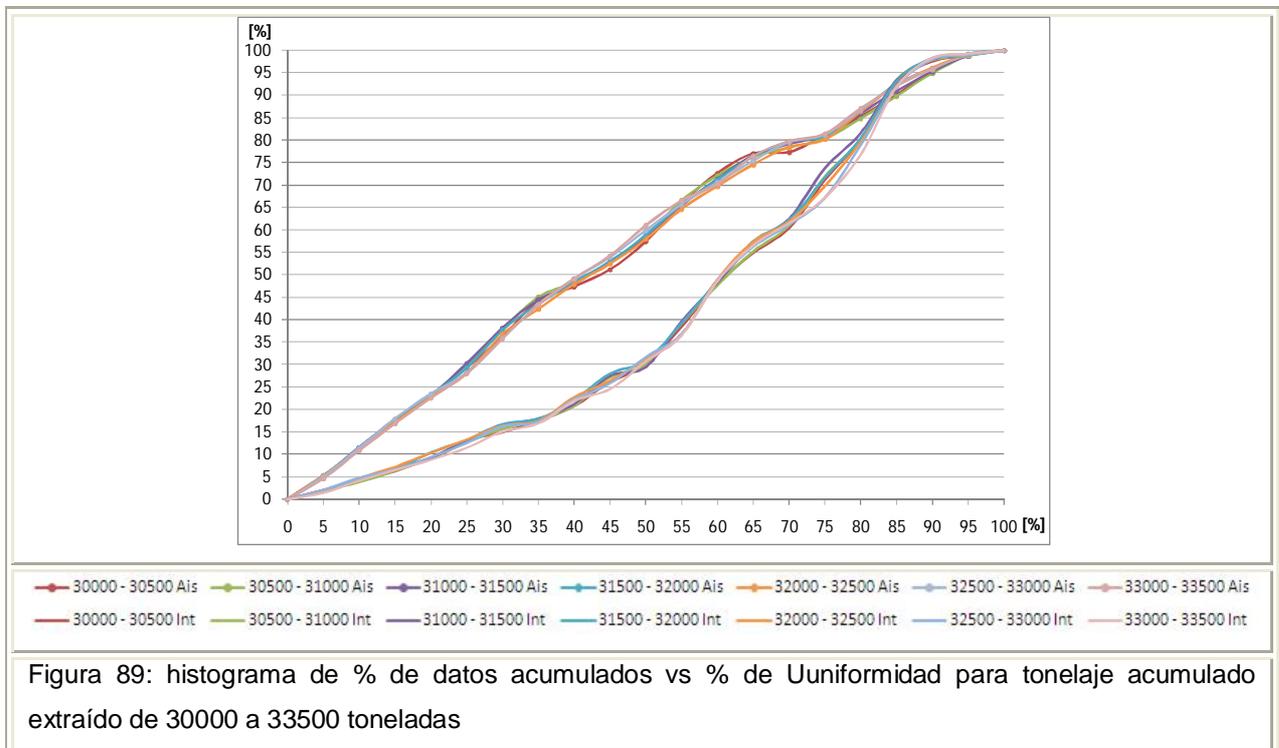


Del grafico 87 se observa que los datos aislados continúan disminuyendo su uniformidad y a su vez los puntos interactivos suben su uniformidad.





En este ultimo grafico se ve que la tendencia de que los puntos aislados bajan su uniformidad y los interactivos la aumentan continua a medida que se extrae tonelaje de los puntos, y la diferencia hace mayor entre ambas curvas. Para visualizar el aumento de la diferencia entre ambas curvas a continuación se presenta a modo de ejemplo las curvas con % acumulados de los datos aislados e interactivos para intervalos de tonelaje de extracción de 30000 a 33500 toneladas.



6.3 Boxplot (diagrama de caja)

Finalmente se realizaron diagramas de cajas para los intervalos de tonelaje extraído hasta las 33500 toneladas, para tener una mejor visión del comportamiento de la uniformidad y desuniformidad en los puntos de extracción aislados, aislado-interactivo e interactivos según el criterio PED10.

A continuación se definen los términos utilizados en los utilizados en los diagramas de caja:

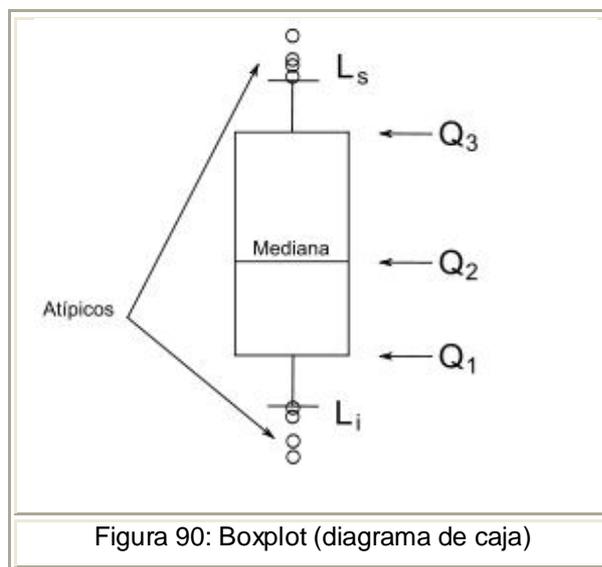


Figura 90: Boxplot (diagrama de caja)

- *Límite superior (L_s):* Es el valor máximo de los datos. Las opiniones por encima de este límite se consideran atípicas.
- *Límite inferior (L_i):* Es el valor mínimo de los datos. Las opiniones por encima de este límite se consideran atípicas.
- *Tercer cuartil (Q_3):* Por debajo de este valor se encuentran como máximo el 75% de los datos.
- *Mediana:* Coincide con el segundo cuartil (Q_2). Divide a la distribución en dos partes iguales. De este modo, 50% de las observaciones están por debajo de la mediana y 50% está por encima.

- *Primer cuartil (Q_1):* Por debajo de este valor se encuentra como máximo el 25% de los datos.

Primeramente se visualizara el comportamiento de la Uniformidad y posteriormente la desuniformidad.

6.3.1 Uniformidad

- *Intervalo de tonelaje acumulado extraído de 0 a 11000 toneladas*

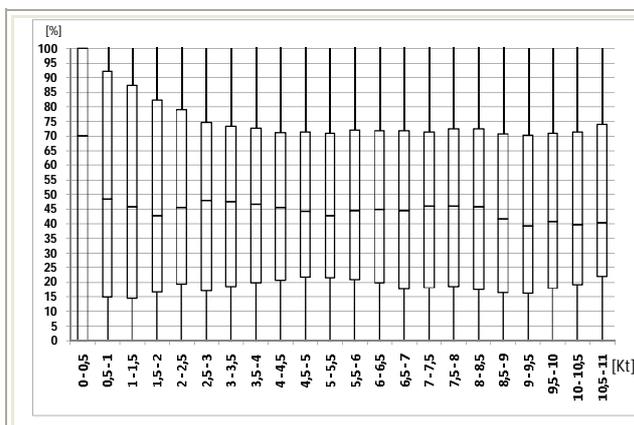


Figura 91: Diagrama de caja de % de Uniformidad vs intervalo de tonelaje acumulado extraído para los datos de puntos aislados

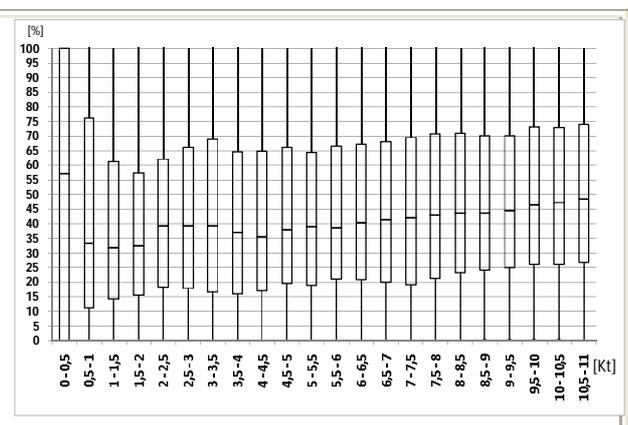


Figura 92: Diagrama de caja de % de Uniformidad vs intervalo de tonelaje acumulado extraído para los datos de puntos aislado-interactivos

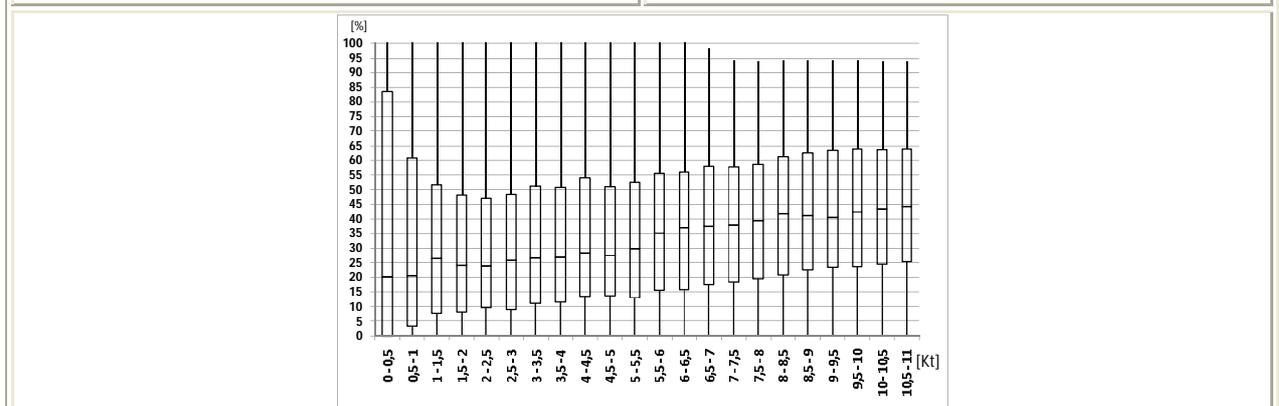


Figura 93: Diagrama de caja de % de Uniformidad vs intervalo de tonelaje acumulado extraído para los datos de puntos interactivos

- *Intervalo de tonelaje acumulado extraído de 11500 a 22000 toneladas*

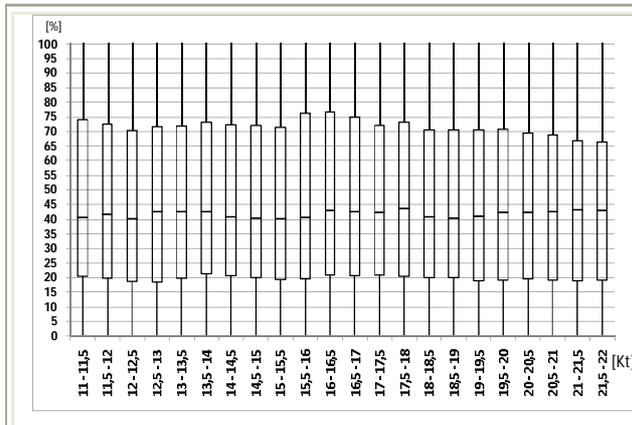


Figura 94: Diagrama de caja de % de Uniformidad vs intervalo de tonelaje acumulado extraído para los datos de puntos aislados

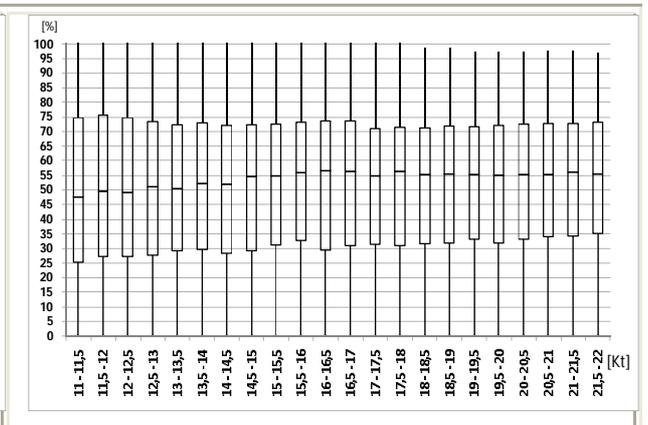


Figura 95: Diagrama de caja de % de Uniformidad vs intervalo de tonelaje acumulado extraído para los datos de puntos aislado-interactivos

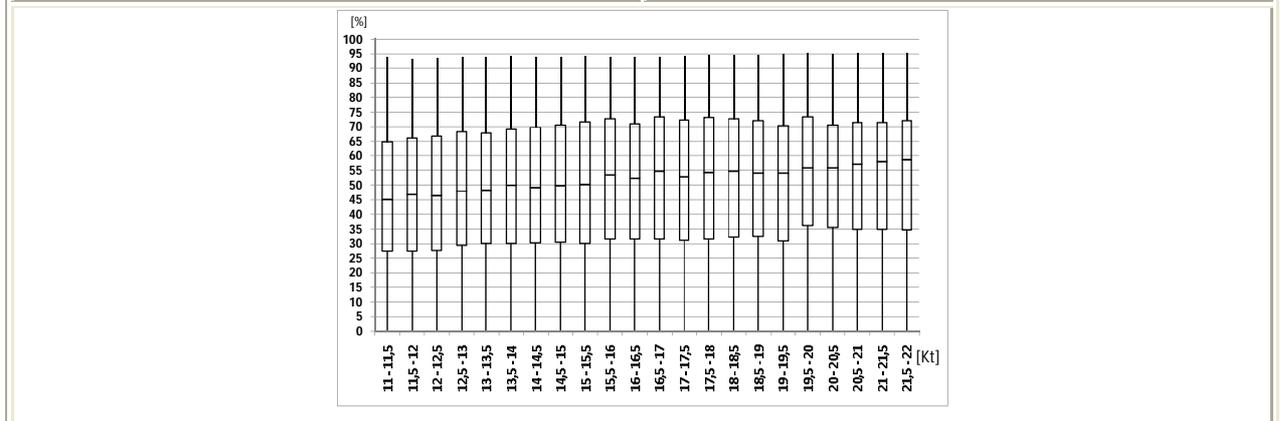


Figura 96: Diagrama de caja de % de Uniformidad vs intervalo de tonelaje acumulado extraído para los datos de puntos interactivos

- *Intervalo de tonelaje acumulado extraído de 20000 a 33500 toneladas*

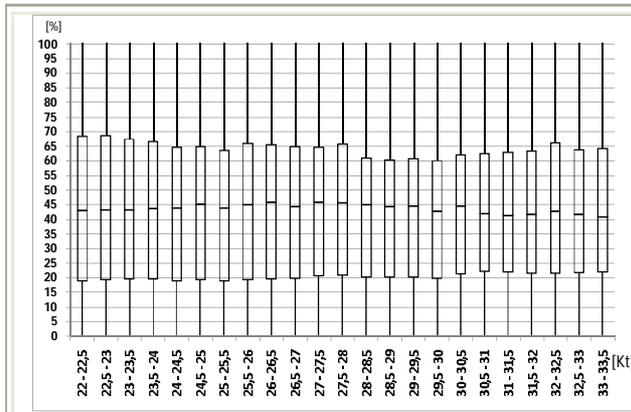


Figura 97: Diagrama de caja de % de Uniformidad vs intervalo de tonelaje acumulado extraído para los datos de puntos aislados

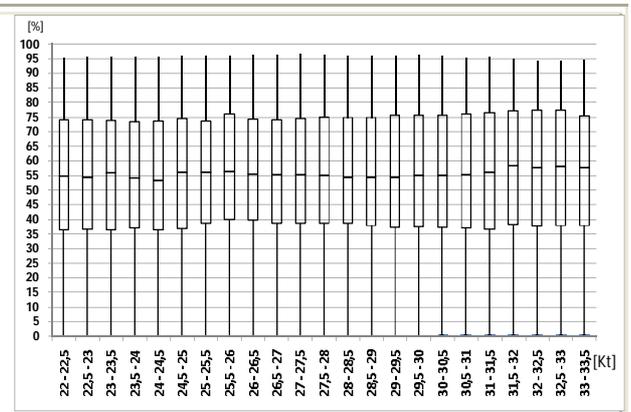


Figura 98: Diagrama de caja de % de Uniformidad vs intervalo de tonelaje acumulado extraído para los datos de puntos aislado-interactivos

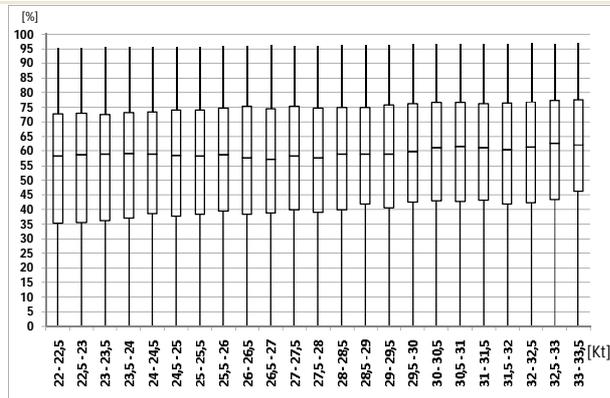


Figura 99: Diagrama de caja de % de Uniformidad vs intervalo de tonelaje acumulado extraído para los datos de puntos interactivos

6.3.2 Semiuniformidad

- Intervalo de tonelaje acumulado extraído de 0 a 11000 toneladas

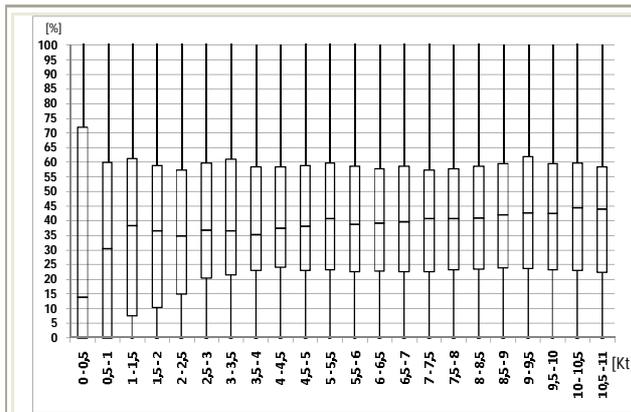


Figura 100: Diagrama de caja de % de Semiuniformidad vs intervalo de tonelaje acumulado extraído para los datos de puntos aislados

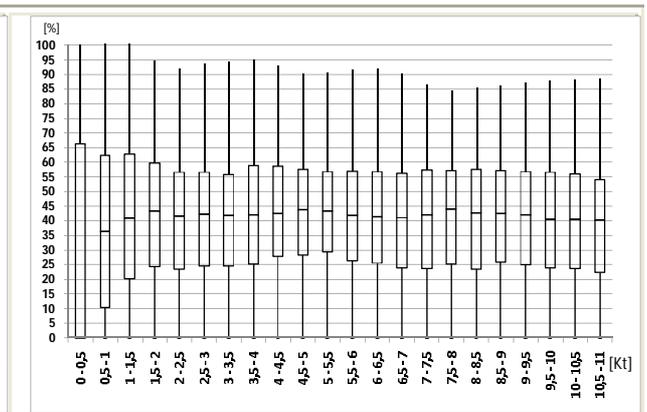


Figura 101: Diagrama de caja de % de Semiuniformidad vs intervalo de tonelaje acumulado extraído para los datos de puntos aisl-interactivos

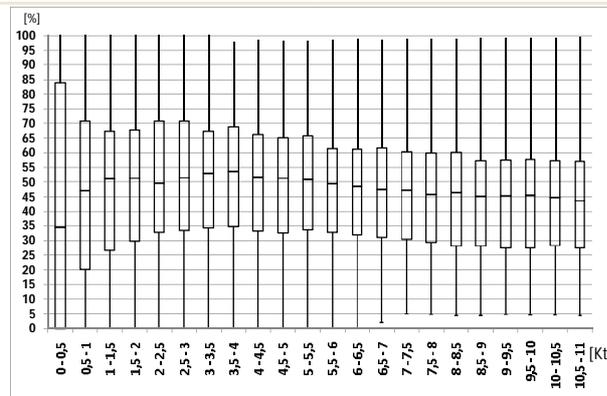


Figura 102: Diagrama de caja de % de Semiuniformidad vs intervalo de tonelaje acumulado extraído para los datos de puntos interactivos

- Intervalo de tonelaje acumulado extraído de 11500 a 22000 toneladas

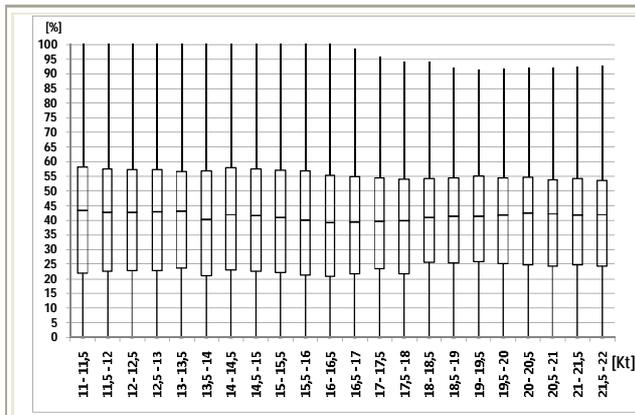


Figura 103: Diagrama de caja de % de Semiuniformidad vs intervalo de tonelaje acumulado extraído para los datos de puntos aislados

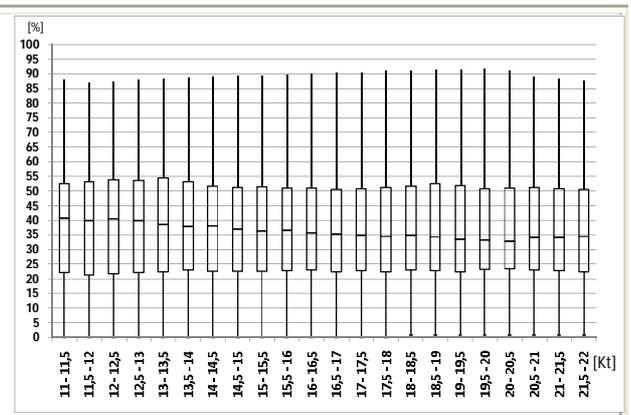


Figura 104: Diagrama de caja de % de Semiuniformidad vs intervalo de tonelaje acumulado extraído para los datos de puntos aisl-interactivos

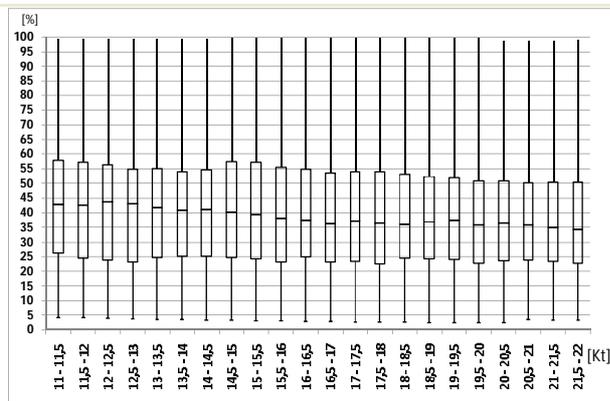


Figura 105: Diagrama de caja de % de Semiuniformidad vs intervalo de tonelaje acumulado extraído para los datos de puntos interactivos

- *Intervalo de tonelaje acumulado extraído de 20000 a 33500 toneladas*

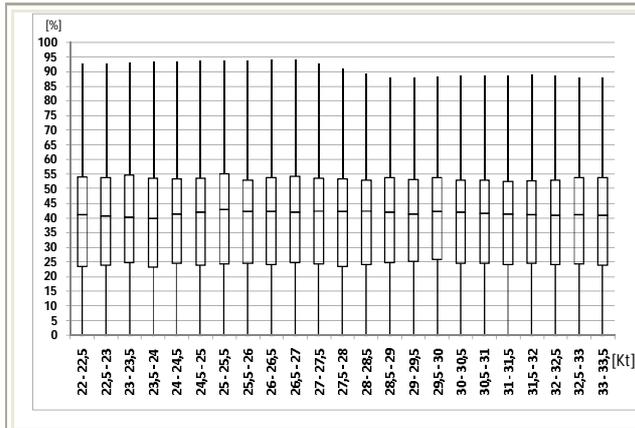


Figura 106: Diagrama de caja de % de Semiuniformidad vs intervalo de tonelaje acumulado extraído para los datos de puntos aislados

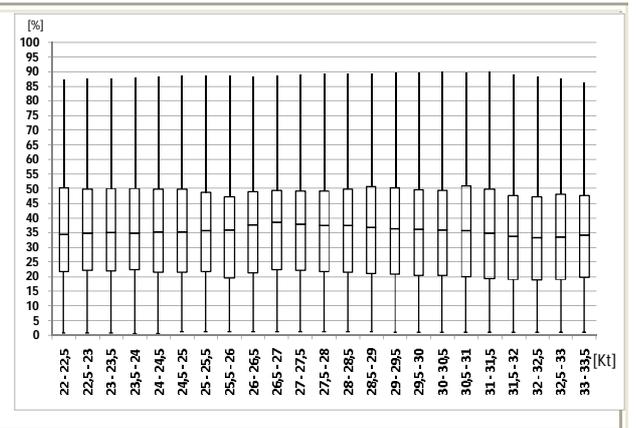


Figura 107: Diagrama de caja de % de Semiuniformidad vs intervalo de tonelaje acumulado extraído para los datos de puntos aislados e interactivos

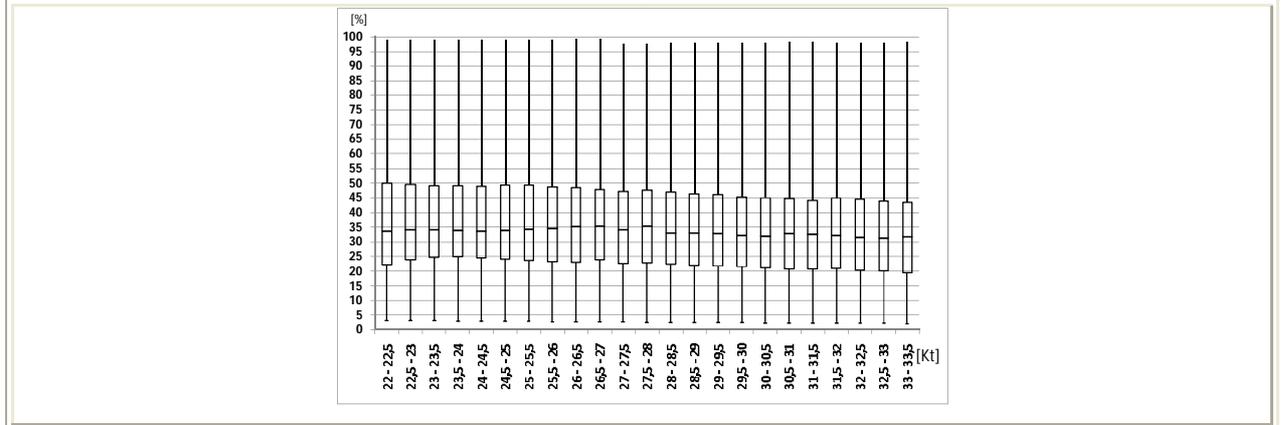


Figura 108: Diagrama de caja de % de Semiuniformidad vs intervalo de tonelaje acumulado extraído para los datos de puntos interactivos

6.3.3 Desuniformidad

- Intervalo de tonelaje acumulado extraído de 0 a 11000 toneladas

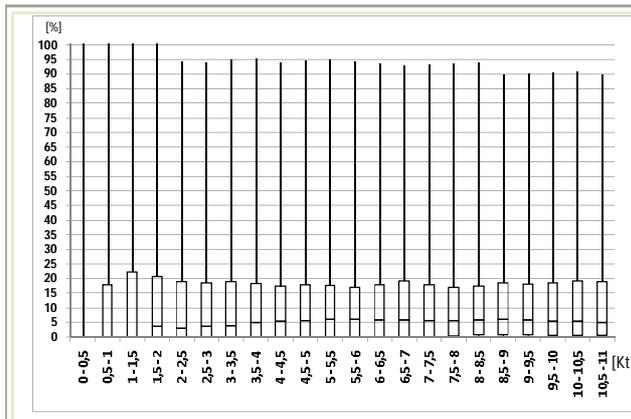


Figura 109: Diagrama de caja de % de Desuniformidad vs intervalo de tonelaje acumulado extraído para los datos de puntos aislados

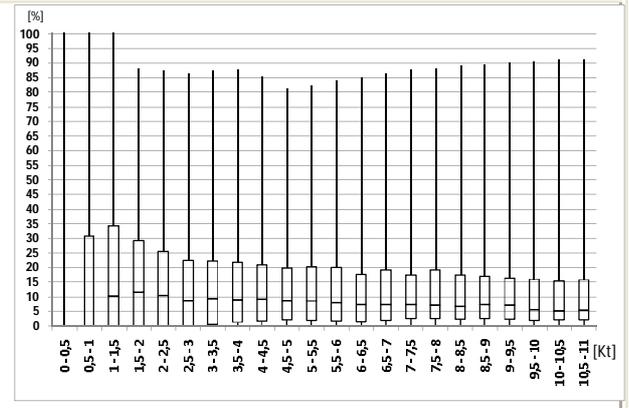


Figura 110: Diagrama de caja de % de Desuniformidad vs intervalo de tonelaje acumulado extraído para los datos de puntos aisl-interactivos

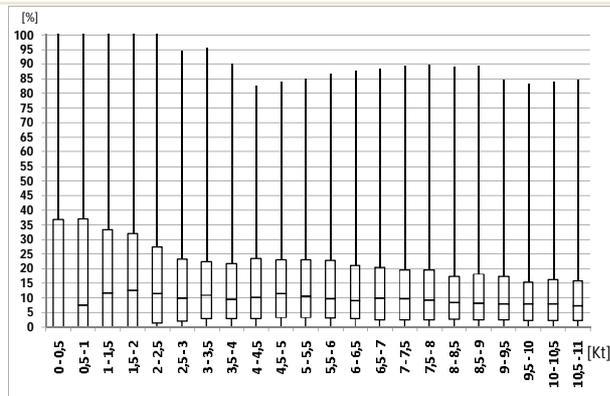


Figura 111: Diagrama de caja de % de Desuniformidad vs intervalo de tonelaje acumulado extraído para los datos de puntos interactivos

- *Intervalo de tonelaje acumulado extraído de 11500 a 22000 toneladas*

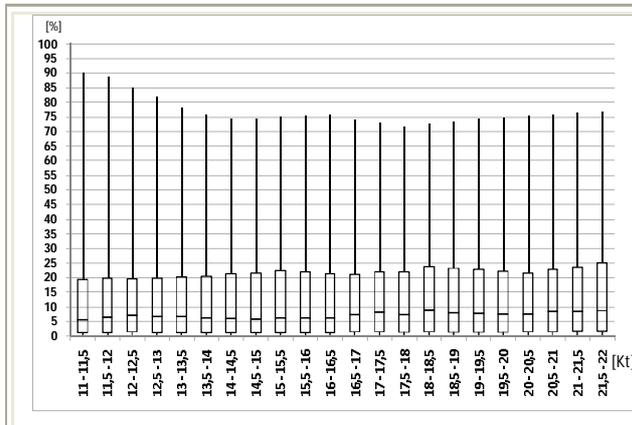


Figura 112: Diagrama de caja de % de Desuniformidad vs intervalo de tonelaje acumulado extraído para los datos de puntos aislados

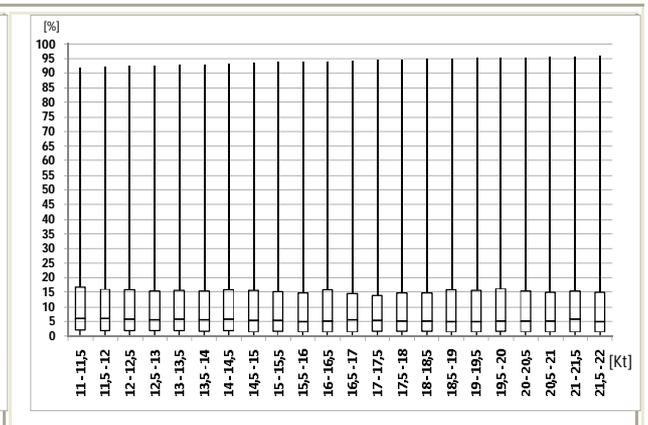


Figura 113: Diagrama de caja de % de Desuniformidad vs intervalo de tonelaje acumulado extraído para los datos de puntos aisl-interactivos

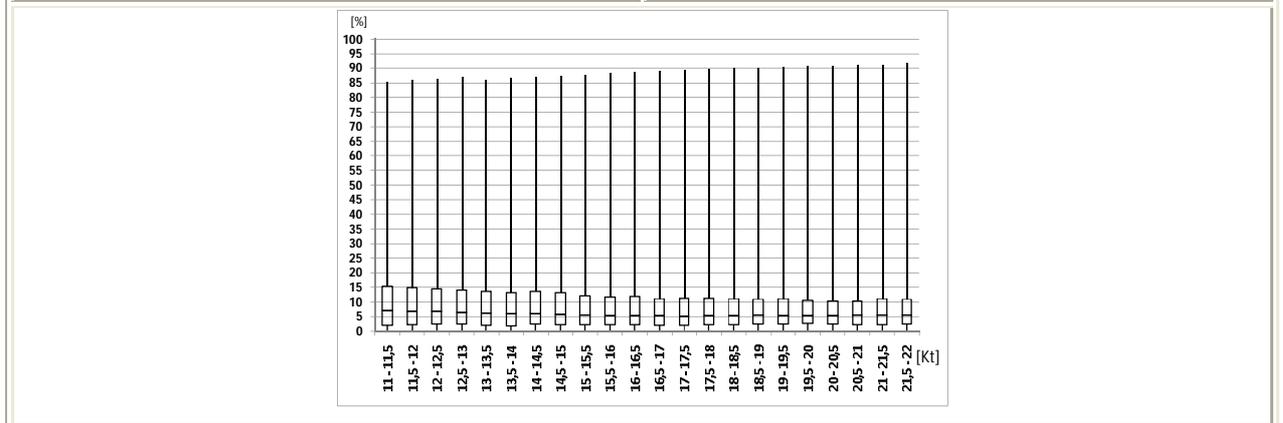


Figura 114: Diagrama de caja de % de Desuniformidad vs intervalo de tonelaje acumulado extraído para los datos de puntos interactivos

- *Intervalo de tonelaje acumulado extraído de 20000 a 33500 toneladas*

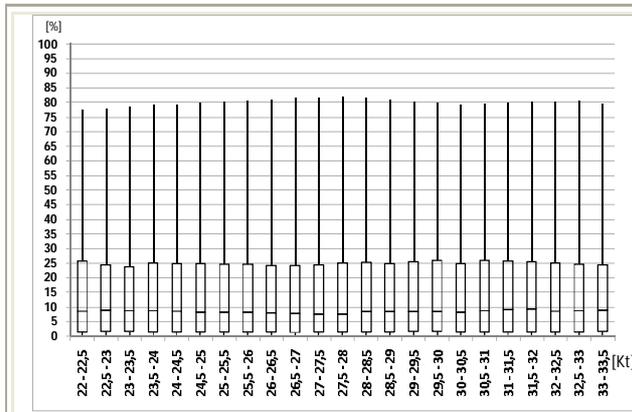


Figura 115: Diagrama de caja de % de Desuniformidad vs intervalo de tonelaje acumulado extraído para los datos de puntos aislados

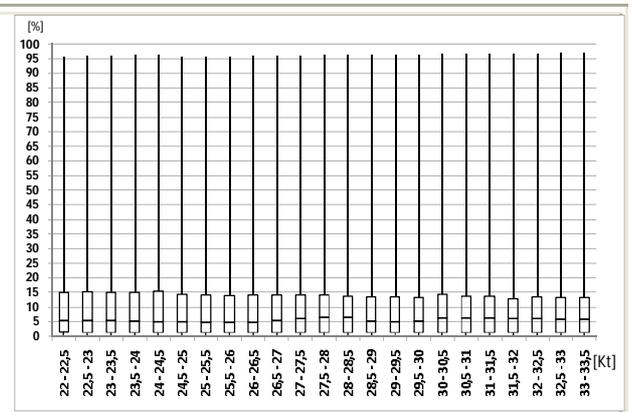


Figura 116: Diagrama de caja de % de Desuniformidad vs intervalo de tonelaje acumulado extraído para los datos de puntos aisl-interactivos

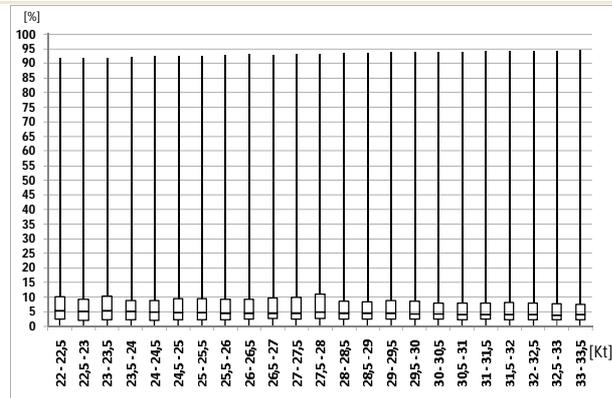


Figura 117: Diagrama de caja de % de Desuniformidad vs intervalo de tonelaje acumulado extraído para los datos de puntos interactivos

CAPÍTULO 7 Conclusiones

Fue posible comprobar la existencia de una relación entre el índice de uniformidad calculado para todos los parámetros estudiados y los modelos de dilución que caracterizan la interactividad de los puntos de extracción. A continuación se señalan estas relaciones:

- Los modelos de dilución, basados en el porcentaje de entrada de la dilución igual a 10%, correlacionaron de buena forma (correlaciones superiores a 0,84 para radios iguales o superiores a 17 metros) con las proporciones de uniformidad y desuniformidad esperadas de los puntos de extracción.
- Los puntos definidos según el criterio PED10 como interactivos poseen un bajo porcentaje de tonelaje extraído de forma desuniforme.
- Aquellos puntos catalogados como aislados según el criterio PED10 poseen en su gran mayoría un bajo porcentaje de uniformidad.

Con respecto al estudio de los parámetros de radio y período temporal, con los cuales, se inicia el cálculo del índice de uniformidad, se concluye que:

- Se logro una mayor correlación (0.8915) entre el índice de uniformidad y la teoría de la interactividad utilizando para el cálculo del índice de uniformidad un radio de 17 o 19 metros y un período temporal de 3 turnos.
- Se observa que para periodos de tiempo superiores a 7 turnos la correlación comienza a disminuir, para todos los radios estudiados, por lo que se recomienda utilizar de preferencia un periodo de 3 turnos o en su defecto un periodo de 5 o 7 turnos para el cálculo del índice de uniformidad.
- Las correlaciones basadas en el porcentaje de uniformidad fueron levemente mejores que aquellas correlaciones basadas en el porcentaje de desuniformidad, aunque existe concordancia entre la elección de los mejores casos

para cada radio estudiado, por lo que realizar estudios basados cualquiera de ellos lleva a resultados similares.

- Se observo que para los puntos categorizados como Interactivos se tiene que la gran mayoría de estos poseen un porcentaje de Tonelaje Desuniforme bajo, menor a 20%. Lo que deja ver una relación clara entre los puntos Interactivos y aquellos con bajo % de Tonelaje Desuniforme.

- Se considera que un radio de 15 metros o menor, en este caso, no es un buen parámetro de inicio para el cálculo del índice de uniformidad, ya que los resultados obtenidos poseen una baja correlación (0,648) entre los modelos de dilución y la teoría de la interactividad. Es por esto que también se considera que el poseer solo 4 vecinos dentro del radio de influencia para el cálculo del índice de uniformidad no es recomendable, ya que la mayor parte de los puntos de extracción (69%) poseen 4 vecinos al utilizar un radio de 15 metros.

- No es descartable la posibilidad de escoger para el cálculo del índice de uniformidad radios superiores a 19 metros, ya que las correlaciones obtenidas se consideran altas (correlaciones superiores a 0,84).

- La mayor correlación se obtuvo cuando la gran parte (65,1%) de los puntos de extracción poseen 6 vecinos para el cálculo del índice de uniformidad. Es por esto que se recomienda realizar el cálculo del índice de uniformidad con un radio tal, que la mayor parte de los puntos posean 6 vecinos dentro de este radio.

Con respecto al estudio realizado al comportamiento de la uniformidad, semiuniformidad y desuniformidad a los datos obtenidos a partir de realizar el cálculo del Índice de Uniformidad con parámetros de radio 17 metros y periodo de tiempo de 3 turnos se concluye que:

- No es posible predecir a ciencia cierta el tonelaje al PED10 dado el tonelaje acumulado extraído y los porcentajes de uniformidad, semiuniformidad y desuniformidad de los puntos de extracción. Lo que si es posible es tener mayores posibilidades de que un punto de extracción sea aislado, aislado interactivo e interactivo

dado la manera en que se ha estado extrayendo el punto (% de Uniformidad, % de Semiuniformidad y % de Desuniformidad).

- Se observo que en los puntos aislados poseían mayor % de uniformidad acumulada que los puntos aislado-interactivos e interactivos las primeras 7500 toneladas extraídas, posterior a este tonelaje la situación se invierte y la diferencia entre los % de uniformidad aumenta a medida que se extrae tonelaje de los puntos. De igual manera los puntos aislado-interactivos poseen mayor % de uniformidad que los puntos interactivos, pero esta relación comienza a invertirse a medida que el tonelaje de extracción aumenta.

- Se observo en los diagramas de caja que el % de semiuniformidad se encuentra concentrado (en un 75 %) bajo un valores de % de semiuniformidad de 55 %, en cambio los puntos aislado-interactivos se encuentran concentrados (en un 75%) bajo el 47% y en los puntos interactivos bajo el 44% aproximadamente.

- Al visualizar el comportamiento del % de uniformidad acumulado de los puntos, se observa claramente, que los puntos interactivos poseen en su gran mayoría % de uniformidad bastante bajos (el 75% de los casos con un % de uniformidad bajo 7,5 a las 32000 toneladas extraídas), y en comparación con los puntos aislados es mucho menor, ya que los puntos aislados a igual tonelaje extraído poseen el 75% de los datos concentrados bajo un 25% de desuniformidad.

De los 3 puntos anteriores se puede concluir que:

- El % de uniformidad en los puntos aislados debiese ser menor que en los puntos aislado-interactivos a igual tonelaje extraído, y que el porcentaje de uniformidad de los puntos aislado-interactivos debiese ser igual o menor que en los puntos interactivos en similares tonelajes extraídos. También se observo que el comportamiento de la Uniformidad para los puntos aislados es levemente decreciente y para los puntos aislado-interactivos e interactivos el % de uniformidad tiene a mantenerse o a aumentar a medida que se extraen los puntos.

- Con respecto al % de semiuniformidad basándose en los diagramas de caja se puede decir que el % de semiuniformidad en un punto aislado debiese ser

mayor que en un punto aislado-interactivo, y que un punto interactivo debiese tener menor o igual % de semiuniformidad que un punto aislado-interactivo. Se observó que el % de semiuniformidad no varía demasiado a medida que avanza la extracción para los puntos aislados e aislado-interactivos, y que en los puntos interactivos el % de semiuniformidad tiende a disminuir levemente a medida que se extrae el punto.

- Un punto aislado debiese poseer un % de desuniformidad superior que un punto aislado-interactivo a igual tonelaje extraído y un punto interactivo un % de desuniformidad menor que un punto aislado-interactivo.

7.1 RECOMENDACIONES

Con respecto al cálculo del índice de uniformidad se recomienda que:

- Para una mayor correlación entre el índice de uniformidad y el comportamiento de la dilución, el cálculo se realice con parámetros de radio de 17 metros y periodo de tiempo de 3 turnos.

Con respecto a la forma de extracción (uniforme, semiuniforme, desuniforme) se recomienda que:

- El porcentaje de desuniformidad acumulado de un punto se mantenga en valores inferiores (en lo posible) a 5% para tener una mayor posibilidad que el punto sea interactivo y por consiguiente la dilución entre en tonelajes mas altos de extracción.
- El porcentaje de uniformidad acumulada de un punto de extracción sea mayor que el % de desuniformidad acumulada.
- El comportamiento del % de uniformidad acumulada en un punto sea creciente a medida que se extrae el punto.

Dado que se demostró que el índice de uniformidad posee una importancia relevante en el comportamiento de la entrada de la dilución del punto, debiese adquirir una mayor importancia en la planificación de la extracción.

7.2 CONSIDERACIONES

Siendo que se a demostrado que el índice de uniformidad posee una importante relevancia en el comportamiento de la entrada dilución, aun existe poca información de este índice en la industria, por lo que se debiesen destinar estudios más específicos y detallados acerca del tema para poder integrarlo de menor manera en la planificación, operación, etc.

CAPÍTULO 8 **Bibliografía**

- [1] Susaeta, Andres. MassMin 2004. Theory of gravity flow (part 1). pp 167-172.
- [2] Susaeta, Andres. MassMin 2004. Theory of gravity flow (part 2). pp 173-178.
- [3] Laubscher, D. (1994): "Cave mining-the state of the art," The Journal of The South African Institute of Mining and Metallurgy.
- [4] Kvapil, R. (1982): "The mechanics and design of sublevel caving system," Underground Mining Methods Handbook, W. Hustrulid ed., SME, New York.

CAPÍTULO 9 ANEXO A: Errores

Se realizaron cálculos de errores a mismos datos que se le aplicó con anterioridad los cálculos del coeficiente de correlación.

El error fue definido de la siguiente manera:

$$= \frac{(\quad - \quad)}{(\quad - 2)}$$

donde:

“Prom i” es el valor promedio para el rango de porcentaje “i” (i=1 para rango 0%-5%, i=2 para rango 5%-10%,...,i=16 para rango 75%-80%).

n = número total de rangos.

A continuación se muestran estos cálculos separados por criterio.

9.1 Criterio PED

9.1.1 Errores según Porcentaje de Ton Uniformes.

Con los datos organizados como en la tabla 47 se calculo el error para todos los radios y períodos de tiempo con respecto a los valores de referencia.

A continuación se muestran los resultados obtenidos para el radio de 15 metros.

ERROR RADIO 15						
1t	t3	t5	t7	t9	t11	t13
0,466	0,289	0,300	0,303	0,323	0,339	0,336

Tabla 62: Errores para el radio 15.

Se observa que el menor error en la tabla 59 se encuentra en el período comprendido por 3 turnos.

A continuación se muestran los resultados obtenidos para los radios restantes, destacando el mínimo en la tabla.

ERROR RADIO 15						
1t	t3	t5	t7	t9	t11	t13
0,466	0,289	0,3	0,303	0,323	0,339	0,336
ERROR RADIO 17						
1t	t3	t5	t7	t9	t11	t13
0,489	0,258	0,264	0,279	0,296	0,311	0,315
ERROR RADIO 19						
1t	t3	t5	t7	t9	t11	t13
0,489	0,258	0,264	0,279	0,296	0,311	0,315
ERROR RADIO 21						
1t	t3	t5	t7	t9	t11	t13
0,527	0,288	0,263	0,292	0,288	0,286	0,319
ERROR RADIO 23						
1t	t3	t5	t7	t9	t11	t13
0,455	0,28	0,297	0,296	0,324	0,345	0,327
ERROR RADIO 25						
1t	t3	t5	t7	t9	t11	t13
0,396	0,286	0,294	0,266	0,285	0,289	0,297

Tabla 63: Errores según porcentaje uniforme para todos los radios estudiados.

Se observa que el error mínimo total se obtuvo en el radio de 17 y 19 metros para un período de 3 turnos.

9.1.2 Errores según Porcentaje de Ton Desuniformes.

ERROR RADIO 15						
1t	t3	t5	t7	t9	t11	t13
0,587	0,659	0,699	0,694	0,733	0,734	0,738
ERROR RADIO 17						
1t	t3	t5	t7	t9	t11	t13
0,519	0,593	0,615	0,628	0,672	0,679	0,674
ERROR RADIO 19						
1t	t3	t5	t7	t9	t11	t13
0,519	0,593	0,615	0,628	0,672	0,679	0,674
ERROR RADIO 21						
1t	t3	t5	t7	t9	t11	t13
0,464	0,540	0,560	0,581	0,595	0,616	0,626
ERROR RADIO 23						
1t	t3	t5	t7	t9	t11	t13
0,447	0,514	0,539	0,570	0,582	0,591	0,611
ERROR RADIO 25						
1t	t3	t5	t7	t9	t11	t13
0,346	0,226	0,240	0,258	0,306	0,318	0,282

Tabla 64: Errores según porcentaje desuniforme para todos los radios estudiados.

En el caso del error calculado para el % de tonelaje desuniforme se tiene que el mejor caso es el con parámetros de radio = 25 metros y período de tiempo de 3 turnos.

9.1.3 Errores según porcentaje de Ton Uniformes + Desuniformes

En esta parte del estudio lo que se hizo fue realizar la suma de los errores obtenidos en el punto 9.1.1 y 9.1.2 por radio y período de turnos. Los resultados de estas sumas son los siguientes.

ERROR RADIO 15						
1t	t3	t5	t7	t9	t11	t13
1,053	0,948	0,999	0,997	1,056	1,073	1,074
ERROR RADIO 17						
1t	t3	t5	t7	t9	t11	t13
1,008	0,851	0,879	0,907	0,968	0,99	0,989
ERROR RADIO 19						
1t	t3	t5	t7	t9	t11	t13
1,008	0,851	0,879	0,907	0,968	0,99	0,989
ERROR RADIO 21						
1t	t3	t5	t7	t9	t11	t13
0,991	0,828	0,823	0,873	0,883	0,902	0,945
ERROR RADIO 23						
1t	t3	t5	t7	t9	t11	t13
0,902	0,794	0,836	0,866	0,906	0,936	0,938
ERROR RADIO 25						
1t	t3	t5	t7	t9	t11	t13
0,742	0,512	0,534	0,524	0,591	0,607	0,579

Tabla 65: Errores basado en datos de porcentaje uniforme + porcentaje desuniforme

9.2 Criterio Visual

9.2.1 Errores según Porcentaje de Ton Uniformes.

ERROR RADIO 15						
1t	t3	t5	t7	t9	t11	t13
0,499	0,408	0,424	0,412	0,411	0,414	0,412
ERROR RADIO 17						
1t	t3	t5	t7	t9	t11	t13
0,494	0,368	0,390	0,378	0,401	0,406	0,414
ERROR RADIO 19						
1t	t3	t5	t7	t9	t11	t13
0,494	0,368	0,390	0,378	0,401	0,406	0,414
ERROR RADIO 21						
1t	t3	t5	t7	t9	t11	t13
0,515	0,405	0,423	0,411	0,405	0,402	0,401
ERROR RADIO 23						
1t	t3	t5	t7	t9	t11	t13
0,494	0,409	0,388	0,400	0,425	0,419	0,411
ERROR RADIO 25						
1t	t3	t5	t7	t9	t11	t13
0,473	0,418	0,405	0,394	0,392	0,400	0,401

Tabla 66: Errores según porcentaje uniforme para todos los radios estudiados.

Se observa que el error mínimo total se obtuvo en el radio de 17 y 19 metros para un período de 3 turnos.

9.2.2 Errores según Porcentaje de Ton Desuniformes.

Se repitieron los pasos establecidos con anterioridad para calcular el error y el coeficiente de correlación. A continuación se muestran ambos resultados obtenidos.

La siguiente tabla muestra los errores para cada radio, y destacando el mejor caso para cada radio, omitiendo el caso de 1 turno, debido a que con anterioridad se decidió que el parámetro de tiempo de 1 turno entrega poca información.

ERROR RADIO 15						
1t	t3	t5	t7	t9	t11	t13
0,466	0,544	0,539	0,630	0,662	0,696	0,693
ERROR RADIO 17						
1t	t3	t5	t7	t9	t11	t13
0,420	0,562	0,613	0,616	0,621	0,628	0,669
ERROR RADIO 19						
1t	t3	t5	t7	t9	t11	t13
0,420	0,562	0,613	0,616	0,621	0,628	0,669
ERROR RADIO 21						
1t	t3	t5	t7	t9	t11	t13
0,389	0,492	0,555	0,563	0,571	0,583	0,594
ERROR RADIO 23						
1t	t3	t5	t7	t9	t11	t13
0,420	0,472	0,471	0,481	0,510	0,528	0,530
ERROR RADIO 25						
1t	t3	t5	t7	t9	t11	t13
0,424	0,455	0,471	0,495	0,514	0,471	0,482

Tabla 67: Errores según porcentaje desuniforme para todos los radios estudiados.

Se tiene que el mejor caso es el con parámetros de radio = 25 metros y período de tiempo de 3 turnos.

9.2.3 Errores según porcentaje de Ton Uniformes + Desuniformes

En esta parte del estudio lo que se hizo fue realizar la suma de los errores obtenidos para el % de tonelaje Uniforme y el % de tonelaje Desuniforme por radio y período de turnos. Los resultados de estas sumas son los siguientes.

ERROR RADIO 15						
1t	t3	t5	t7	t9	t11	t13
0,965	0,952	0,963	1,042	1,073	1,11	1,105
ERROR RADIO 17						
1t	t3	t5	t7	t9	t11	t13
0,914	0,93	1,003	0,994	1,022	1,034	1,083
ERROR RADIO 19						
1t	t3	t5	t7	t9	t11	t13
0,914	0,93	1,003	0,994	1,022	1,034	1,083
ERROR RADIO 21						
1t	t3	t5	t7	t9	t11	t13
0,904	0,897	0,978	0,974	0,976	0,985	0,995
ERROR RADIO 23						
1t	t3	t5	t7	t9	t11	t13
0,914	0,881	0,859	0,881	0,935	0,947	0,941
ERROR RADIO 25						
1t	t3	t5	t7	t9	t11	t13
0,897	0,873	0,876	0,889	0,906	0,871	0,883

Tabla 68: Errores según porcentaje uniforme + porcentaje desuniforme

9.3 Elección del mejor Criterio para Categorizar el Modelo de Flujo basado en el error

Se compararon las tablas de errores finales y se decidió aquel criterio con menor error. A continuación se enseña una tabla con las diferencias (Criterio PED10 – Criterio Visual) obtenidas.

ERROR RADIO 15						
1t	t3	t5	t7	t9	t11	t13
0,088	-0,004	0,036	-0,045	-0,017	-0,037	-0,031
ERROR RADIO 17						
1t	t3	t5	t7	t9	t11	t13
0,094	-0,079	-0,124	-0,087	-0,054	-0,044	-0,094
ERROR RADIO 19						
1t	t3	t5	t7	t9	t11	t13
0,094	-0,079	-0,124	-0,087	-0,054	-0,044	-0,094
ERROR RADIO 21						
1t	t3	t5	t7	t9	t11	t13
0,087	-0,069	-0,155	-0,101	-0,093	-0,083	-0,050
ERROR RADIO 23						
1t	t3	t5	t7	t9	t11	t13
-0,012	-0,087	-0,023	-0,015	-0,029	-0,011	-0,003
ERROR RADIO 25						
1t	t3	t5	t7	t9	t11	t13
-0,155	-0,361	-0,342	-0,365	-0,315	-0,264	-0,304

Tabla 69: Diferencias entre el Criterio PED10 y el Criterio Visual

Como se aprecia en la tabla, el Criterio PED10 tiene un menor error, por lo que se considera que es el mejor Criterio.

CAPÍTULO 10 ANEXO B: Estadísticas básicas por intervalo de tonelaje extraído.

10.1 Puntos Aislados

10.1.1 % Uniforme

		Estadísticas básicas de puntos Aislados para % Uniforme					
		Mínimo	Q1	Q2	Q3	Máximo	Promedio
Intervalos de tonelaje acumulado	0 - 500	0,00	0,00	70,12	100,00	100,00	56,69
	500 - 1000	0,00	14,88	48,41	92,17	100,00	51,09
	1000 - 1500	0,00	14,48	45,66	87,43	100,00	48,04
	1500 - 2000	0,00	16,59	42,76	82,29	100,00	47,99
	2000 - 2500	0,00	19,46	45,47	79,07	100,00	48,82
	2500 - 3000	0,00	17,10	48,18	74,65	100,00	47,03
	3000 - 3500	0,00	18,49	47,57	73,29	100,00	47,04
	3500 - 4000	0,00	19,92	46,64	72,72	100,00	47,18
	4000 - 4500	0,00	20,65	45,52	71,17	100,00	47,19
	4500 - 5000	0,00	21,73	44,25	71,33	100,00	47,19
	5000 - 5500	0,00	21,54	42,87	71,00	100,00	46,26
	5500 - 6000	0,00	20,97	44,46	71,97	100,00	46,55
	6000 - 6500	0,00	19,89	44,81	71,93	100,00	46,19
	6500 - 7000	0,00	17,67	44,39	71,84	100,00	45,58
	7000 - 7500	0,00	18,16	46,01	71,35	100,00	45,52
	7500 - 8000	0,00	18,69	45,87	72,52	100,00	46,26
	8000 - 8500	0,00	17,47	45,70	72,58	100,00	45,14
	8500 - 9000	0,00	16,57	41,76	70,70	100,00	44,18
	9000 - 9500	0,00	16,22	39,13	70,28	100,00	43,32
	9500 - 10000	0,00	17,86	40,80	71,00	100,00	44,62
	10000 - 10500	0,00	19,23	39,55	71,34	100,00	44,13
	10500 - 11000	0,00	21,94	40,41	73,96	100,00	45,39
	11000 - 11500	0,00	20,50	40,60	73,91	100,00	44,97
	11500 - 12000	0,00	19,94	41,80	72,49	100,00	44,97
	12000 - 12500	0,00	18,84	40,29	70,32	100,00	43,91
	12500 - 13000	0,00	18,62	42,49	71,62	100,00	44,63
13000 - 13500	0,00	19,97	42,47	71,93	100,00	44,86	
13500 - 14000	0,00	21,29	42,59	73,06	100,00	46,10	
14000 - 14500	0,00	20,74	40,95	72,26	100,00	45,22	
14500 - 15000	0,00	20,12	40,37	72,08	100,00	45,09	
15000 - 15500	0,00	19,42	40,21	71,41	100,00	44,56	
15500 - 16000	0,00	19,76	40,69	76,26	100,00	45,26	
16000 - 16500	0,00	20,86	42,93	76,67	100,00	45,99	

		Estadísticas básicas de puntos Aislados para % Uniforme					
		Mínimo	Q1	Q2	Q3	Máximo	Promedio
Intervalos de tonelaje acumulado	16500 - 17000	0,00	20,66	42,67	74,97	100,00	45,64
	17000 - 17500	0,00	20,94	42,44	72,04	100,00	44,69
	17500 - 18000	0,00	20,60	43,53	73,21	100,00	45,48
	18000 - 18500	0,00	19,98	40,88	70,51	100,00	44,16
	18500 - 19000	0,00	19,98	40,39	70,52	100,00	44,12
	19000 - 19500	0,00	19,10	41,01	70,57	100,00	43,95
	19500 - 20000	0,00	19,19	42,35	70,72	100,00	44,44
	20000 - 20500	0,00	19,67	42,40	69,55	100,00	44,47
	20500 - 21000	0,00	19,24	42,63	68,80	100,00	44,07
	21000 - 21500	0,00	19,04	43,22	66,70	100,00	43,56
	21500 - 22000	0,00	19,31	42,95	66,24	100,00	43,42
	22000 - 22500	0,00	19,03	42,94	68,38	100,00	43,91
	22500 - 23000	0,00	19,42	43,18	68,75	100,00	44,04
	23000 - 23500	0,00	19,68	43,22	67,41	100,00	43,95
	23500 - 24000	0,00	19,57	43,56	66,58	100,00	44,23
	24000 - 24500	0,00	19,08	43,86	64,64	100,00	44,02
	24500 - 25000	0,00	19,40	45,22	64,82	100,00	44,64
	25000 - 25500	0,00	19,04	43,78	63,62	100,00	43,77
	25500 - 26000	0,00	19,46	44,87	65,88	100,00	44,36
	26000 - 26500	0,00	19,70	46,06	65,41	100,00	44,37
	26500 - 27000	0,00	19,81	44,18	64,75	100,00	43,96
	27000 - 27500	0,00	20,62	46,02	64,61	100,00	44,31
	27500 - 28000	0,00	20,99	45,69	65,77	100,00	44,61
	28000 - 28500	0,00	20,22	44,95	61,06	100,00	43,79
	28500 - 29000	0,00	20,33	44,31	60,34	100,00	43,80
	29000 - 29500	0,00	20,28	44,45	60,86	100,00	44,08
	29500 - 30000	0,00	19,88	42,81	59,93	100,00	43,28
	30000 - 30500	0,00	21,45	44,45	61,99	100,00	44,16
	30500 - 31000	0,00	22,10	41,99	62,61	100,00	44,02
	31000 - 31500	0,00	21,95	41,31	62,99	100,00	43,93
	31500 - 32000	0,00	21,58	41,72	63,33	100,00	43,75
	32000 - 32500	0,00	21,57	42,77	66,18	100,00	44,44
	32500 - 33000	0,00	21,72	41,69	63,86	100,00	43,83
33000 - 33500	0,00	22,02	40,86	64,11	100,00	43,88	

10.1.2 % Semiuniforme

		Estadísticas básicas de puntos Aislados para % Semiuniforme					
		Mínimo	Q1	Q2	Q3	Máximo	Promedio
Intervalos de tonelaje acumulado	0 - 500	0,00	0,00	13,89	71,78	100,00	34,14
	500 - 1000	0,00	0,00	30,40	59,96	100,00	35,98
	1000 - 1500	0,00	7,49	38,34	61,34	100,00	38,44
	1500 - 2000	0,00	10,45	36,54	58,82	100,00	37,84
	2000 - 2500	0,00	15,05	35,00	57,50	100,00	37,69
	2500 - 3000	0,00	20,61	36,75	59,82	100,00	39,30
	3000 - 3500	0,00	21,47	36,57	61,06	100,00	39,36
	3500 - 4000	0,00	23,07	35,31	58,43	100,00	39,69
	4000 - 4500	0,00	24,07	37,54	58,51	100,00	40,28
	4500 - 5000	0,00	23,10	38,22	58,84	100,00	40,05
	5000 - 5500	0,00	23,24	40,61	59,67	100,00	41,06
	5500 - 6000	0,00	22,66	38,76	58,74	100,00	41,02
	6000 - 6500	0,00	22,83	39,18	57,89	100,00	41,24
	6500 - 7000	0,00	22,69	39,55	58,80	100,00	41,56
	7000 - 7500	0,00	22,63	40,68	57,43	100,00	42,13
	7500 - 8000	0,00	23,31	40,62	57,80	100,00	41,90
	8000 - 8500	0,00	23,48	40,83	58,80	100,00	42,02
	8500 - 9000	0,00	23,94	42,17	59,47	100,00	42,81
	9000 - 9500	0,00	23,75	42,83	61,93	100,00	43,64
	9500 - 10000	0,00	23,29	42,63	59,64	100,00	42,77
	10000 - 10500	0,00	23,05	44,53	59,85	100,00	43,11
	10500 - 11000	0,00	22,48	43,99	58,52	100,00	41,90
	11000 - 11500	0,00	21,99	43,44	58,29	100,00	42,41
	11500 - 12000	0,00	22,73	42,74	57,33	100,00	42,09
	12000 - 12500	0,00	22,85	42,82	57,32	100,00	42,60
	12500 - 13000	0,00	22,91	43,03	57,21	100,00	42,04
	13000 - 13500	0,00	23,73	43,15	56,61	100,00	41,52
	13500 - 14000	0,00	21,19	40,27	56,71	100,00	40,42
	14000 - 14500	0,00	23,16	41,95	58,16	100,00	40,95
	14500 - 15000	0,00	22,57	41,47	57,36	100,00	41,05
15000 - 15500	0,00	22,19	40,86	57,03	100,00	41,05	
15500 - 16000	0,00	21,44	39,96	56,68	100,00	40,54	
16000 - 16500	0,00	20,89	39,22	55,37	100,00	39,94	

		Estadísticas básicas de puntos Aislados para % Semiuniforme					
		Mínimo	Q1	Q2	Q3	Máximo	Promedio
Intervalos de tonelaje acumulado	16500 - 17000	0,00	21,73	39,43	54,88	98,46	40,18
	17000 - 17500	0,00	23,52	39,68	54,50	95,53	40,68
	17500 - 18000	0,00	21,88	39,80	53,95	93,62	40,10
	18000 - 18500	0,00	25,65	40,83	54,20	93,72	40,82
	18500 - 19000	0,00	25,41	41,40	54,38	92,12	40,95
	19000 - 19500	0,00	25,84	41,24	55,10	91,38	41,18
	19500 - 20000	0,00	25,18	41,78	54,41	91,58	41,00
	20000 - 20500	0,00	24,85	42,51	54,75	91,78	41,30
	20500 - 21000	0,00	24,27	42,17	53,87	91,97	41,08
	21000 - 21500	0,00	24,74	41,75	54,18	92,18	41,34
	21500 - 22000	0,00	24,37	41,86	53,58	92,35	41,29
	22000 - 22500	0,00	23,53	41,11	53,96	92,51	41,03
	22500 - 23000	0,00	23,90	40,63	53,81	92,67	40,95
	23000 - 23500	0,00	24,76	40,15	54,67	92,85	41,17
	23500 - 24000	0,00	23,16	39,87	53,62	92,99	40,61
	24000 - 24500	0,00	24,58	41,22	53,45	93,13	40,85
	24500 - 25000	0,00	23,87	41,95	53,56	93,26	40,71
	25000 - 25500	0,00	24,43	42,90	55,02	93,41	41,15
	25500 - 26000	0,00	24,61	42,09	52,95	93,53	40,43
	26000 - 26500	0,00	24,17	42,12	53,82	93,65	40,47
	26500 - 27000	0,00	24,67	42,00	54,17	93,69	41,16
	27000 - 27500	0,00	24,22	42,39	53,58	92,37	40,97
	27500 - 28000	0,00	23,51	42,12	53,38	90,68	40,55
	28000 - 28500	0,00	24,20	42,32	53,01	89,16	40,77
	28500 - 29000	0,00	24,74	41,98	53,77	87,67	40,91
	29000 - 29500	0,00	25,20	41,40	53,26	87,72	40,33
	29500 - 30000	0,00	25,72	42,08	53,82	87,88	40,87
	30000 - 30500	0,00	24,52	41,87	53,01	88,09	40,25
	30500 - 31000	0,00	24,54	41,53	52,90	88,28	40,12
	31000 - 31500	0,00	24,18	41,34	52,57	88,49	40,26
	31500 - 32000	0,00	24,61	41,18	52,77	88,66	40,30
	32000 - 32500	0,00	24,12	40,78	52,95	88,14	40,02
	32500 - 33000	0,00	24,34	40,99	53,86	87,85	40,73
33000 - 33500	0,00	23,98	40,93	53,74	87,86	40,55	

10.1.3 % Desuniforme

		Estadísticas básicas de puntos Aislados para % Desuniforme					
		Mínimo	Q1	Q2	Q3	Máximo	Promedio
Intervalos de tonelaje acumulado	0 - 500	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	9,18
	500 - 1000	0,00	0,00	0,00	17,88	100,00	12,93
	1000 - 1500	0,00	0,00	0,00	22,28	100,00	13,52
	1500 - 2000	0,00	0,00	3,75	20,69	100,00	14,17
	2000 - 2500	0,00	0,00	3,00	19,04	94,07	13,49
	2500 - 3000	0,00	0,00	3,77	18,54	93,46	13,67
	3000 - 3500	0,00	0,00	4,06	19,11	94,65	13,60
	3500 - 4000	0,00	0,00	4,93	18,35	94,93	13,13
	4000 - 4500	0,00	0,00	5,50	17,58	93,68	12,53
	4500 - 5000	0,00	0,00	5,57	17,91	94,42	12,76
	5000 - 5500	0,00	0,00	6,06	17,80	94,57	12,69
	5500 - 6000	0,00	0,00	6,05	17,11	94,19	12,43
	6000 - 6500	0,00	0,00	5,77	17,93	93,39	12,57
	6500 - 7000	0,00	0,00	5,89	19,27	92,35	12,87
	7000 - 7500	0,00	0,00	5,73	18,04	93,00	12,34
	7500 - 8000	0,00	0,43	5,55	17,07	93,29	11,84
	8000 - 8500	0,00	0,75	5,90	17,58	93,56	12,85
	8500 - 9000	0,00	0,71	5,99	18,52	89,23	13,01
	9000 - 9500	0,00	0,69	5,92	18,11	89,81	13,05
	9500 - 10000	0,00	0,64	5,42	18,67	90,32	12,61
	10000 - 10500	0,00	0,62	5,37	19,12	90,51	12,76
	10500 - 11000	0,00	0,60	5,08	19,07	89,77	12,71
	11000 - 11500	0,00	1,15	5,59	19,50	90,08	12,62
	11500 - 12000	0,00	1,21	6,50	19,83	88,35	12,93
	12000 - 12500	0,00	1,52	7,14	19,62	84,86	13,49
	12500 - 13000	0,00	1,27	6,77	19,81	81,63	13,33
	13000 - 13500	0,00	1,21	6,72	20,29	78,05	13,63
	13500 - 14000	0,00	1,14	6,22	20,41	75,60	13,48
14000 - 14500	0,00	1,13	6,11	21,38	74,25	13,83	
14500 - 15000	0,00	1,29	5,96	21,61	73,95	13,86	
15000 - 15500	0,00	1,27	6,26	22,46	74,71	14,39	
15500 - 16000	0,00	1,22	6,39	21,91	75,49	14,20	
16000 - 16500	0,00	1,18	6,33	21,43	75,69	14,07	

		Estadísticas básicas de puntos Aislados para % Desuniforme					
		Mínimo	Q1	Q2	Q3	Máximo	Promedio
Intervalos de tonelaje acumulado	16500 - 17000	0,00	1,52	7,39	21,05	73,71	14,18
	17000 - 17500	0,00	1,61	8,29	21,96	72,90	14,63
	17500 - 18000	0,00	1,43	7,42	21,91	71,71	14,42
	18000 - 18500	0,00	1,51	9,04	24,00	72,41	15,02
	18500 - 19000	0,00	1,47	8,06	23,23	73,18	14,93
	19000 - 19500	0,00	1,44	7,80	22,91	73,87	14,87
	19500 - 20000	0,00	1,41	7,51	22,31	74,45	14,56
	20000 - 20500	0,00	1,56	7,57	21,63	75,16	14,23
	20500 - 21000	0,00	1,54	8,44	22,86	75,69	14,85
	21000 - 21500	0,00	1,77	8,33	23,58	76,24	15,10
	21500 - 22000	0,00	1,73	8,85	25,09	76,79	15,29
	22000 - 22500	0,00	1,72	8,66	25,79	77,32	15,06
	22500 - 23000	0,00	1,89	9,09	24,62	77,75	15,01
	23000 - 23500	0,00	1,74	8,82	23,98	78,20	14,88
	23500 - 24000	0,00	1,71	8,83	25,17	78,78	15,16
	24000 - 24500	0,00	1,67	8,65	24,94	79,16	15,13
	24500 - 25000	0,00	1,63	8,15	24,88	79,59	14,65
	25000 - 25500	0,00	1,69	8,30	24,76	79,99	15,09
	25500 - 26000	0,00	1,57	8,09	24,73	80,36	15,22
	26000 - 26500	0,00	1,55	7,98	24,28	80,76	15,15
	26500 - 27000	0,00	1,51	7,82	24,36	81,10	14,88
	27000 - 27500	0,00	1,58	7,65	24,58	81,43	14,72
	27500 - 28000	0,00	1,57	7,50	25,10	81,54	14,85
	28000 - 28500	0,00	1,55	8,42	25,31	81,13	15,45
	28500 - 29000	0,00	1,53	8,30	24,93	80,86	15,29
	29000 - 29500	0,00	1,75	8,39	25,54	79,86	15,59
	29500 - 30000	0,00	1,79	8,32	26,05	79,54	15,85
	30000 - 30500	0,00	1,71	8,17	25,05	78,94	15,60
	30500 - 31000	0,00	1,71	8,81	26,09	79,26	15,86
	31000 - 31500	0,00	1,68	9,20	25,82	79,58	15,81
31500 - 32000	0,00	1,62	9,40	25,60	79,90	15,95	
32000 - 32500	0,00	1,61	8,70	25,11	80,21	15,54	
32500 - 33000	0,00	1,61	8,75	24,66	80,29	15,44	
33000 - 33500	0,00	1,81	8,99	24,45	79,20	15,57	

10.2 Puntos Aislado-Interactivos

10.2.1 % Uniforme

		Estadísticas básicas de puntos Aisl-Interactivos para % Uniforme					
		Mínimo	Q1	Q2	Q3	Máximo	Promedio
Intervalos de tonelaje acumulado	0 - 500	0,00	0,00	57,14	100,00	100,00	54,68
	500 - 1000	0,00	11,27	33,39	76,09	100,00	43,49
	1000 - 1500	0,00	14,37	31,80	61,34	100,00	39,72
	1500 - 2000	0,00	15,55	32,34	57,47	100,00	39,25
	2000 - 2500	0,00	18,34	39,14	62,07	100,00	41,36
	2500 - 3000	0,00	17,98	39,12	66,13	100,00	42,15
	3000 - 3500	0,00	16,65	39,13	68,86	100,00	43,25
	3500 - 4000	0,00	16,10	37,06	64,68	100,00	41,98
	4000 - 4500	0,00	17,19	35,65	64,94	100,00	41,41
	4500 - 5000	0,00	19,68	37,87	66,11	100,00	42,17
	5000 - 5500	0,00	18,92	38,96	64,51	100,00	41,83
	5500 - 6000	0,00	21,20	38,63	66,54	100,00	43,20
	6000 - 6500	0,00	21,03	40,49	67,23	100,00	44,57
	6500 - 7000	0,00	20,00	41,51	68,09	100,00	44,57
	7000 - 7500	0,00	19,16	42,18	69,49	100,00	44,73
	7500 - 8000	0,00	21,31	42,99	70,73	100,00	45,16
	8000 - 8500	0,00	23,19	43,63	71,09	100,00	46,45
	8500 - 9000	0,28	24,05	43,59	70,10	100,00	46,45
	9000 - 9500	0,27	24,95	44,38	70,14	100,00	46,96
	9500 - 10000	0,26	26,14	46,35	73,07	100,00	48,53
	10000 - 10500	0,24	26,16	47,17	73,00	100,00	48,61
	10500 - 11000	0,23	26,88	48,54	74,06	100,00	49,46
	11000 - 11500	0,22	25,35	47,71	74,55	100,00	49,01
	11500 - 12000	0,21	27,20	49,64	75,57	100,00	49,90
	12000 - 12500	0,20	27,23	49,24	74,58	100,00	49,36
	12500 - 13000	0,20	27,75	51,08	73,27	100,00	49,65
13000 - 13500	0,19	29,25	50,46	72,37	100,00	49,91	
13500 - 14000	0,18	29,64	52,09	72,88	100,00	50,02	
14000 - 14500	0,18	28,39	51,86	72,15	100,00	50,01	
14500 - 15000	0,17	29,26	54,64	72,34	100,00	50,78	
15000 - 15500	0,17	31,22	54,83	72,49	100,00	51,34	
15500 - 16000	0,16	32,81	56,04	73,22	100,00	52,00	
16000 - 16500	0,16	29,51	56,60	73,63	100,00	51,68	

		Estadísticas básicas de puntos Aisl-Interactivos para % Uniforme					
		Mínimo	Q1	Q2	Q3	Máximo	Promedio
Intervalos de tonelaje acumulado	16500 - 17000	0,15	31,20	56,32	73,53	100,00	52,14
	17000 - 17500	0,15	31,47	54,87	70,92	100,00	52,12
	17500 - 18000	0,14	31,07	56,26	71,41	100,00	52,31
	18000 - 18500	0,14	31,79	55,23	71,25	98,60	52,60
	18500 - 19000	0,13	31,86	55,58	71,84	98,46	52,45
	19000 - 19500	0,13	33,22	55,21	71,60	97,09	52,59
	19500 - 20000	0,13	31,99	55,16	72,01	97,16	52,38
	20000 - 20500	0,13	33,30	55,22	72,54	97,23	52,74
	20500 - 21000	0,12	34,14	55,30	72,79	97,31	52,43
	21000 - 21500	0,12	34,31	56,25	72,80	97,36	52,71
	21500 - 22000	0,12	35,24	55,50	73,11	96,79	52,74
	22000 - 22500	0,11	36,41	54,97	73,96	95,05	52,98
	22500 - 23000	0,11	36,64	54,51	74,07	95,15	52,88
	23000 - 23500	0,11	36,46	55,92	73,70	95,25	53,16
	23500 - 24000	0,11	37,09	54,19	73,37	95,35	53,19
	24000 - 24500	0,10	36,50	53,34	73,61	95,47	52,52
	24500 - 25000	0,10	36,79	56,07	74,34	95,56	53,60
	25000 - 25500	0,10	38,75	56,11	73,55	95,63	53,94
	25500 - 26000	0,10	39,92	56,27	76,12	95,71	55,10
	26000 - 26500	0,10	39,78	55,49	74,17	95,80	54,24
	26500 - 27000	0,09	38,79	55,32	73,95	95,88	53,09
	27000 - 27500	0,09	38,71	55,25	74,43	95,96	53,29
	27500 - 28000	0,09	38,82	55,10	75,02	95,74	53,08
	28000 - 28500	0,09	38,82	54,54	74,93	95,57	53,49
	28500 - 29000	0,09	37,80	54,43	74,89	95,64	53,40
	29000 - 29500	0,09	37,20	54,46	75,59	95,72	53,78
	29500 - 30000	0,19	37,39	55,19	75,67	95,79	54,03
	30000 - 30500	0,29	37,34	55,18	75,76	95,60	53,76
	30500 - 31000	0,28	37,01	55,28	76,00	95,09	53,81
	31000 - 31500	0,28	36,53	56,18	76,49	95,10	54,30
	31500 - 32000	0,27	38,26	58,30	77,07	94,76	55,58
	32000 - 32500	0,27	37,69	57,64	77,30	94,06	55,42
	32500 - 33000	0,26	37,84	58,05	77,42	94,15	55,46
33000 - 33500	0,26	37,89	57,72	75,52	94,24	55,15	

10.2.2 % Semiuniforme

		Estadísticas básicas de puntos Aisl-Interactivos para % Semiuniforme					
		Mínimo	Q1	Q2	Q3	Máximo	Promedio
Intervalos de tonelaje acumulado	0 - 500	0,00	0,00	0,00	66,28	100,00	32,44
	500 - 1000	0,00	10,60	36,35	62,22	100,00	37,86
	1000 - 1500	0,00	20,33	40,85	62,68	100,00	41,15
	1500 - 2000	0,00	24,22	43,45	59,85	94,30	42,28
	2000 - 2500	0,00	23,49	41,64	56,47	91,87	41,15
	2500 - 3000	0,00	24,47	42,34	56,65	93,32	41,49
	3000 - 3500	0,00	24,49	41,94	55,76	93,88	40,85
	3500 - 4000	0,00	25,14	42,20	58,98	94,48	42,37
	4000 - 4500	0,00	27,92	42,55	58,65	92,67	43,12
	4500 - 5000	0,00	28,39	43,95	57,60	89,94	43,14
	5000 - 5500	0,00	29,38	43,42	56,88	90,61	43,17
	5500 - 6000	0,00	26,49	41,88	56,90	91,14	42,39
	6000 - 6500	0,00	25,54	41,43	56,79	91,76	41,76
	6500 - 7000	0,00	23,92	41,11	56,14	90,01	40,96
	7000 - 7500	0,00	23,76	42,12	57,50	86,18	41,70
	7500 - 8000	0,00	25,24	44,03	57,13	84,31	41,21
	8000 - 8500	0,00	23,42	42,80	57,65	85,25	40,70
	8500 - 9000	0,00	25,92	42,65	57,26	86,09	41,06
	9000 - 9500	0,00	25,04	42,18	56,77	86,84	40,61
	9500 - 10000	0,00	23,85	40,38	56,55	87,51	39,59
10000 - 10500	0,00	23,78	40,48	55,87	88,12	39,76	
10500 - 11000	0,00	22,46	40,32	54,05	88,40	38,86	
11000 - 11500	0,00	22,10	40,64	52,64	87,51	38,71	
11500 - 12000	0,00	21,25	39,90	53,09	86,61	38,19	
12000 - 12500	0,00	21,86	40,41	53,71	87,12	38,76	
12500 - 13000	0,00	22,19	39,91	53,52	87,60	38,70	
13000 - 13500	0,00	22,41	38,64	54,47	88,09	38,36	
13500 - 14000	0,00	23,13	37,97	53,21	88,50	38,49	
14000 - 14500	0,00	22,71	38,19	51,65	88,88	38,29	
14500 - 15000	0,00	22,68	37,16	51,29	89,05	38,12	
15000 - 15500	0,00	22,52	36,41	51,52	89,23	37,69	
15500 - 16000	0,00	22,92	36,69	51,04	89,53	37,52	
16000 - 16500	0,00	23,01	35,81	51,15	89,87	37,41	

		Estadísticas básicas de puntos Aisl-Interactivos para % Semiuniforme					
		Mínimo	Q1	Q2	Q3	Máximo	Promedio
Intervalos de tonelaje acumulado	16500 - 17000	0,00	22,42	35,41	50,64	90,18	37,51
	17000 - 17500	0,00	22,84	34,94	50,94	90,41	37,64
	17500 - 18000	0,00	22,50	34,47	51,37	90,70	37,18
	18000 - 18500	0,86	23,07	34,99	51,67	90,96	37,09
	18500 - 19000	0,84	22,82	34,38	52,52	91,19	37,17
	19000 - 19500	0,82	22,38	33,45	51,97	91,41	36,96
	19500 - 20000	0,80	23,23	33,26	50,84	91,61	37,12
	20000 - 20500	0,79	23,41	32,84	50,97	90,74	36,96
	20500 - 21000	0,76	23,13	34,11	51,25	88,81	37,07
	21000 - 21500	0,74	22,74	34,14	50,78	88,01	36,83
	21500 - 22000	0,73	22,41	34,51	50,73	87,45	37,04
	22000 - 22500	0,71	21,85	34,26	50,36	86,82	36,68
	22500 - 23000	0,70	22,28	34,97	49,84	87,11	36,91
	23000 - 23500	0,68	22,07	35,06	50,02	87,38	36,56
	23500 - 24000	0,66	22,31	34,97	50,07	87,61	36,57
	24000 - 24500	0,66	21,58	35,29	49,71	87,87	36,51
	24500 - 25000	1,28	21,46	35,41	49,81	88,11	36,37
	25000 - 25500	1,25	21,71	35,88	48,82	88,35	36,36
	25500 - 26000	1,23	19,66	35,99	47,27	88,38	35,55
	26000 - 26500	1,20	21,29	37,73	49,04	88,26	36,33
	26500 - 27000	1,18	22,41	38,44	49,26	88,40	37,11
	27000 - 27500	1,16	22,25	37,89	49,12	88,61	36,98
	27500 - 28000	1,14	21,84	37,44	49,22	88,90	36,91
	28000 - 28500	1,12	21,49	37,47	49,84	89,04	36,72
	28500 - 29000	1,09	21,16	36,93	50,75	89,26	36,92
	29000 - 29500	1,08	20,84	36,52	50,45	89,47	36,54
	29500 - 30000	1,06	20,52	36,20	49,51	89,62	36,18
	30000 - 30500	1,04	20,53	35,95	49,39	89,75	36,24
	30500 - 31000	1,03	20,11	35,77	51,12	89,55	36,45
	31000 - 31500	1,01	19,42	35,00	49,82	89,58	35,80
31500 - 32000	1,00	19,01	33,66	47,64	88,56	34,68	
32000 - 32500	0,98	18,84	33,27	47,34	88,15	34,46	
32500 - 33000	0,96	19,10	33,39	48,02	87,15	34,60	
33000 - 33500	0,95	19,94	33,99	47,65	86,06	34,61	

10.2.3 % Desuniforme

		Estadísticas básicas de puntos Aisl-Interactivos para % Desuniforme					
		Mínimo	Q1	Q2	Q3	Máximo	Promedio
Intervalos de tonelaje acumulado	0 - 500	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	12,87
	500 - 1000	0,00	0,00	0,00	30,98	100,00	18,65
	1000 - 1500	0,00	0,00	10,41	34,29	100,00	19,13
	1500 - 2000	0,00	0,00	11,53	29,28	87,82	18,47
	2000 - 2500	0,00	0,00	10,53	25,65	87,13	17,50
	2500 - 3000	0,00	0,00	8,79	22,48	86,05	16,36
	3000 - 3500	0,00	0,55	9,43	22,17	86,89	15,90
	3500 - 4000	0,00	1,32	8,96	21,80	87,36	15,66
	4000 - 4500	0,00	1,84	9,36	20,99	84,96	15,48
	4500 - 5000	0,00	2,16	8,88	19,90	80,99	14,69
	5000 - 5500	0,00	2,08	8,55	20,24	82,13	14,99
	5500 - 6000	0,00	1,77	7,97	20,00	84,02	14,40
	6000 - 6500	0,00	1,69	7,35	17,73	84,71	13,68
	6500 - 7000	0,00	2,12	7,44	19,15	86,12	14,47
	7000 - 7500	0,00	2,58	7,25	17,54	87,30	13,57
	7500 - 8000	0,00	2,70	7,12	19,25	87,82	13,63
	8000 - 8500	0,00	2,54	6,67	17,47	88,73	12,86
	8500 - 9000	0,00	2,63	7,36	17,20	89,14	12,49
	9000 - 9500	0,00	2,44	7,07	16,53	89,88	12,43
	9500 - 10000	0,00	2,14	5,59	16,04	90,33	11,88
	10000 - 10500	0,00	2,21	5,26	15,37	90,91	11,63
	10500 - 11000	0,00	2,19	5,38	15,86	91,18	11,68
	11000 - 11500	0,00	2,25	6,07	16,90	91,67	12,28
	11500 - 12000	0,00	2,12	6,02	16,10	92,11	11,91
	12000 - 12500	0,00	2,04	5,96	15,76	92,33	11,89
	12500 - 13000	0,00	2,00	5,74	15,36	92,52	11,65
	13000 - 13500	0,00	2,14	5,93	15,65	92,50	11,73
	13500 - 14000	0,00	1,88	5,57	15,33	92,67	11,49
14000 - 14500	0,00	2,15	5,91	15,89	92,92	11,71	
14500 - 15000	0,00	1,68	5,40	15,72	93,26	11,10	
15000 - 15500	0,00	1,73	5,49	15,14	93,47	10,98	
15500 - 16000	0,00	1,62	5,06	14,83	93,57	10,49	
16000 - 16500	0,00	1,59	5,26	15,80	93,76	10,91	

		Estadísticas básicas de puntos Aisl-Interactivos para % Desuniforme					
		Mínimo	Q1	Q2	Q3	Máximo	Promedio
Intervalos de tonelaje acumulado	16500 - 17000	0,00	1,61	5,55	14,49	93,92	10,36
	17000 - 17500	0,00	1,73	5,46	13,95	94,09	10,24
	17500 - 18000	0,00	1,74	5,28	14,80	94,31	10,50
	18000 - 18500	0,00	1,75	5,13	14,80	94,53	10,31
	18500 - 19000	0,00	1,70	5,09	15,77	94,62	10,38
	19000 - 19500	0,00	1,67	5,00	15,58	94,77	10,45
	19500 - 20000	0,00	1,74	5,30	16,18	94,88	10,51
	20000 - 20500	0,00	1,71	5,17	15,33	94,96	10,30
	20500 - 21000	0,00	1,66	5,29	14,93	95,17	10,50
	21000 - 21500	0,00	1,54	5,79	15,51	95,26	10,46
	21500 - 22000	0,00	1,56	5,04	15,07	95,35	10,22
	22000 - 22500	0,00	1,54	5,54	14,96	95,49	10,34
	22500 - 23000	0,00	1,51	5,42	15,14	95,55	10,21
	23000 - 23500	0,00	1,49	5,35	14,98	95,65	10,28
	23500 - 24000	0,00	1,46	5,30	15,07	95,77	10,24
	24000 - 24500	0,00	1,39	5,10	15,48	95,80	10,97
	24500 - 25000	0,00	1,31	4,98	14,39	95,30	10,03
	25000 - 25500	0,00	1,36	4,90	14,15	95,41	9,70
	25500 - 26000	0,00	1,33	4,81	14,01	95,46	9,35
	26000 - 26500	0,00	1,42	4,72	14,24	95,57	9,43
	26500 - 27000	0,00	1,48	5,54	14,19	95,66	9,80
	27000 - 27500	0,00	1,46	6,17	14,09	95,71	9,72
	27500 - 28000	0,00	1,44	6,58	14,08	95,80	10,01
	28000 - 28500	0,00	1,43	6,40	13,81	95,87	9,79
	28500 - 29000	0,00	1,46	5,33	13,58	95,96	9,69
	29000 - 29500	0,00	1,37	4,91	13,41	96,01	9,68
	29500 - 30000	0,00	1,35	5,14	13,36	96,09	9,79
	30000 - 30500	0,00	1,47	6,19	14,40	96,17	10,00
	30500 - 31000	0,00	1,38	6,18	13,70	96,21	9,74
	31000 - 31500	0,00	1,42	6,19	13,61	96,28	9,89
	31500 - 32000	0,00	1,40	5,98	12,95	96,32	9,74
	32000 - 32500	0,00	1,38	5,98	13,58	96,40	10,12
32500 - 33000	0,00	1,35	5,82	13,26	96,45	9,95	
33000 - 33500	0,00	1,35	5,84	13,30	96,50	10,24	

10.3 Puntos Interactivos

10.3.1 % Uniforme

		Estadísticas básicas de puntos Interactivos para % Uniforme					
		Mínimo	Q1	Q2	Q3	Máximo	Promedio
Intervalos de tonelaje acumulado	0 - 500	0,00	0,00	20,11	83,55	100,00	37,93
	500 - 1000	0,00	3,24	20,62	60,80	100,00	32,53
	1000 - 1500	0,00	7,70	26,51	51,78	100,00	32,53
	1500 - 2000	0,00	8,18	24,17	48,14	100,00	30,53
	2000 - 2500	0,00	9,70	23,86	47,09	100,00	30,56
	2500 - 3000	0,00	9,03	25,75	48,29	100,00	31,67
	3000 - 3500	0,00	11,10	26,69	51,24	100,00	32,52
	3500 - 4000	0,00	11,65	26,89	50,81	100,00	33,51
	4000 - 4500	0,00	13,41	28,27	54,03	100,00	34,81
	4500 - 5000	0,00	13,73	27,43	51,16	100,00	34,81
	5000 - 5500	0,00	13,02	29,90	52,52	100,00	35,66
	5500 - 6000	0,00	15,64	35,09	55,48	100,00	37,94
	6000 - 6500	0,00	15,92	37,08	56,03	100,00	38,93
	6500 - 7000	0,00	17,49	37,41	58,13	98,05	40,09
	7000 - 7500	0,00	18,37	37,91	57,89	94,14	40,50
	7500 - 8000	0,00	19,40	39,43	58,72	93,73	41,13
	8000 - 8500	0,00	20,91	41,63	61,26	94,08	42,62
	8500 - 9000	0,00	22,53	41,04	62,60	94,14	43,42
	9000 - 9500	0,00	23,50	40,39	63,42	93,84	44,28
	9500 - 10000	0,00	23,76	42,39	63,88	94,13	45,00
	10000 - 10500	0,00	24,52	43,33	63,48	93,67	45,18
	10500 - 11000	0,00	25,33	44,30	63,81	93,66	45,84
	11000 - 11500	0,00	27,52	45,17	64,84	93,74	46,56
	11500 - 12000	0,00	27,56	46,83	66,17	92,99	47,05
	12000 - 12500	0,00	27,73	46,36	66,74	93,26	47,00
	12500 - 13000	0,00	29,48	47,92	68,15	93,53	48,05
	13000 - 13500	0,00	29,97	48,25	67,86	93,76	48,07
	13500 - 14000	0,00	30,03	50,10	69,16	93,93	48,94
14000 - 14500	0,00	30,37	49,18	69,77	93,56	49,03	
14500 - 15000	0,00	30,47	49,69	70,67	93,77	49,13	
15000 - 15500	0,00	30,05	50,16	71,54	93,85	49,81	
15500 - 16000	0,00	31,59	53,33	72,68	93,40	50,95	
16000 - 16500	0,00	31,51	52,35	71,04	93,60	50,32	

		Estadísticas básicas de puntos Interactivos para % Uniforme					
		Mínimo	Q1	Q2	Q3	Máximo	Promedio
Intervalos de tonelaje acumulado	16500 - 17000	0,00	31,54	54,61	73,34	93,80	51,55
	17000 - 17500	0,00	31,02	52,72	72,28	93,97	50,87
	17500 - 18000	0,00	31,50	54,28	73,09	94,13	51,73
	18000 - 18500	0,00	32,19	54,62	72,64	94,30	51,91
	18500 - 19000	0,00	32,33	54,05	72,03	94,44	51,86
	19000 - 19500	0,00	31,00	53,94	70,28	94,58	51,58
	19500 - 20000	0,00	36,18	55,99	73,28	94,72	53,22
	20000 - 20500	0,00	35,53	55,96	70,56	94,74	52,62
	20500 - 21000	0,00	35,03	57,31	71,37	94,72	53,08
	21000 - 21500	0,00	34,90	58,09	71,52	94,79	53,23
	21500 - 22000	0,00	34,65	58,59	71,97	94,77	53,66
	22000 - 22500	0,00	35,41	58,34	72,74	94,89	54,29
	22500 - 23000	0,00	35,65	58,64	72,84	95,00	54,20
	23000 - 23500	0,00	36,23	58,91	72,50	95,11	53,94
	23500 - 24000	0,00	37,12	59,09	73,04	95,21	54,45
	24000 - 24500	0,00	38,51	58,98	73,34	95,31	54,88
	24500 - 25000	0,00	37,70	58,54	74,02	95,40	54,79
	25000 - 25500	0,00	38,35	58,20	74,06	95,49	54,96
	25500 - 26000	0,00	39,47	58,65	74,63	95,57	55,54
	26000 - 26500	0,00	38,26	57,56	75,25	95,66	55,34
	26500 - 27000	0,00	38,72	57,22	74,33	95,74	54,84
	27000 - 27500	0,00	39,72	58,35	75,18	95,82	55,80
	27500 - 28000	0,00	39,02	57,60	74,66	95,89	55,43
	28000 - 28500	0,00	39,73	58,86	74,86	95,96	56,55
	28500 - 29000	0,00	41,97	58,99	74,84	96,03	56,96
	29000 - 29500	0,00	40,57	58,97	75,68	96,10	57,11
	29500 - 30000	0,00	42,49	59,69	76,16	96,17	57,43
	30000 - 30500	0,00	42,94	61,04	76,50	96,23	58,19
	30500 - 31000	0,00	42,81	61,47	76,51	96,29	58,08
	31000 - 31500	0,00	43,27	61,05	76,18	96,35	57,54
31500 - 32000	0,00	42,00	60,44	76,30	96,41	57,40	
32000 - 32500	0,00	42,46	61,33	76,76	96,46	57,86	
32500 - 33000	0,00	43,50	62,68	77,32	96,52	58,39	
33000 - 33500	0,00	46,19	61,99	77,53	96,57	58,67	

10.3.2 % Semiuniforme

		Estadísticas básicas de puntos Interactivos para % Semiuniforme					
		Mínimo	Q1	Q2	Q3	Máximo	Promedio
Intervalos de tonelaje acumulado	0 - 500	0,00	0,00	34,46	83,90	100,00	40,93
	500 - 1000	0,00	20,08	47,00	70,86	100,00	45,90
	1000 - 1500	0,00	26,62	51,13	67,33	100,00	47,65
	1500 - 2000	0,00	29,75	51,27	67,89	100,00	49,09
	2000 - 2500	0,00	32,78	49,55	70,88	100,00	50,08
	2500 - 3000	0,00	33,54	51,57	70,74	100,00	50,88
	3000 - 3500	0,00	34,35	53,02	67,39	100,00	50,50
	3500 - 4000	0,00	34,75	53,53	68,86	97,60	50,79
	4000 - 4500	0,00	33,20	51,69	66,12	97,85	49,41
	4500 - 5000	0,00	32,65	51,33	65,17	98,06	48,87
	5000 - 5500	0,00	33,75	50,78	65,72	98,25	48,80
	5500 - 6000	0,00	32,89	49,42	61,37	98,40	47,18
	6000 - 6500	0,00	32,00	48,51	61,24	98,53	46,76
	6500 - 7000	1,95	31,12	47,55	61,59	98,62	45,90
	7000 - 7500	5,03	30,42	47,21	60,43	98,72	45,61
	7500 - 8000	4,71	29,37	45,65	59,98	98,80	45,27
	8000 - 8500	4,44	28,20	46,47	60,08	98,87	44,76
	8500 - 9000	4,40	28,04	45,21	57,20	98,93	44,00
	9000 - 9500	4,84	27,51	45,41	57,52	98,99	43,72
	9500 - 10000	4,61	27,51	45,59	57,64	99,05	43,53
	10000 - 10500	4,65	28,30	44,60	57,18	99,09	43,37
	10500 - 11000	4,43	27,49	43,53	57,09	99,13	42,95
	11000 - 11500	4,23	26,34	42,88	57,90	99,16	42,62
	11500 - 12000	4,07	24,57	42,67	57,18	99,21	42,42
	12000 - 12500	3,91	23,87	43,60	56,47	99,24	42,31
	12500 - 13000	3,76	23,25	42,94	54,81	99,26	41,62
	13000 - 13500	3,61	24,69	41,80	55,07	99,29	41,68
	13500 - 14000	3,49	25,14	40,88	54,13	99,32	40,67
14000 - 14500	3,35	25,21	41,02	54,58	99,34	40,72	
14500 - 15000	3,25	24,79	40,21	57,39	99,36	40,92	
15000 - 15500	3,15	24,25	39,49	57,32	99,38	40,61	
15500 - 16000	3,04	23,30	38,17	55,48	99,40	39,61	
16000 - 16500	2,95	24,99	37,51	54,78	99,42	40,02	

		Estadísticas básicas de puntos Interactivos para % Semiuniforme					
		Mínimo	Q1	Q2	Q3	Máximo	Promedio
Intervalos de tonelaje acumulado	16500 - 17000	2,86	23,30	36,24	53,70	99,44	39,19
	17000 - 17500	2,78	23,56	37,36	54,04	99,45	39,85
	17500 - 18000	2,71	22,62	36,40	54,12	99,47	39,13
	18000 - 18500	2,63	24,57	36,06	53,08	99,49	39,11
	18500 - 19000	2,57	24,23	36,92	52,25	99,49	39,02
	19000 - 19500	2,50	24,16	37,53	51,90	99,51	39,18
	19500 - 20000	2,43	22,90	35,72	50,76	99,52	37,86
	20000 - 20500	2,43	23,72	36,48	50,93	98,41	38,21
	20500 - 21000	3,43	23,85	35,73	50,16	98,45	37,69
	21000 - 21500	3,34	23,58	35,02	50,50	98,48	37,52
	21500 - 22000	3,24	22,91	34,40	50,36	98,53	37,06
	22000 - 22500	3,18	22,19	33,66	50,01	98,55	36,72
	22500 - 23000	3,12	23,91	34,00	49,53	98,59	37,07
	23000 - 23500	3,06	24,84	34,02	49,14	98,62	37,20
	23500 - 24000	2,99	24,96	33,89	49,20	98,65	37,02
	24000 - 24500	2,92	24,58	33,70	49,01	98,68	36,63
	24500 - 25000	2,86	24,06	33,90	49,37	98,70	36,72
	25000 - 25500	2,80	23,69	34,21	49,37	98,73	36,64
	25500 - 26000	2,76	23,32	34,52	48,83	98,75	36,34
	26000 - 26500	2,70	23,00	35,06	48,47	98,78	36,37
	26500 - 27000	2,66	23,83	35,43	47,96	98,79	36,81
	27000 - 27500	2,60	22,71	34,18	47,19	97,36	35,71
	27500 - 28000	2,56	22,83	35,31	47,57	97,40	35,91
	28000 - 28500	2,50	22,42	33,09	47,09	97,44	35,46
	28500 - 29000	2,47	22,08	33,12	46,49	97,49	35,04
	29000 - 29500	2,43	21,73	32,82	46,17	97,54	34,85
	29500 - 30000	2,38	21,46	32,26	45,37	97,58	34,59
	30000 - 30500	2,35	21,05	32,04	44,84	97,61	34,23
	30500 - 31000	2,32	20,62	32,80	44,68	97,66	34,41
	31000 - 31500	2,27	20,69	32,52	44,10	97,70	34,58
	31500 - 32000	2,23	20,90	32,17	44,97	97,72	34,76
	32000 - 32500	2,20	20,35	31,57	44,45	97,76	34,42
	32500 - 33000	2,17	20,03	31,37	43,92	97,80	34,09
33000 - 33500	2,14	19,46	31,75	43,40	97,83	33,98	

10.3.3 % Desuniforme

		Estadísticas básicas de puntos Interactivos para % Desuniforme					
		Mínimo	Q1	Q2	Q3	Máximo	Promedio
Intervalos de tonelaje acumulado	0 - 500	0,00	0,00	0,00	36,77	100,00	21,14
	500 - 1000	0,00	0,00	7,62	37,05	100,00	21,57
	1000 - 1500	0,00	0,00	11,78	33,40	100,00	19,82
	1500 - 2000	0,00	0,00	12,71	32,02	100,00	20,38
	2000 - 2500	0,00	1,39	11,60	27,47	100,00	19,36
	2500 - 3000	0,00	2,14	9,88	23,31	94,13	17,44
	3000 - 3500	0,00	2,83	10,94	22,42	95,16	16,98
	3500 - 4000	0,00	2,79	9,56	21,72	89,78	15,70
	4000 - 4500	0,00	2,91	10,12	23,57	82,18	15,78
	4500 - 5000	0,00	3,38	11,67	22,97	83,49	16,33
	5000 - 5500	0,00	3,28	10,61	23,11	84,91	15,54
	5500 - 6000	0,00	3,08	9,73	22,79	86,20	14,87
	6000 - 6500	0,00	2,81	9,03	21,07	87,30	14,30
	6500 - 7000	0,00	2,56	9,92	20,51	88,22	14,01
	7000 - 7500	0,00	2,45	9,68	19,62	89,02	13,89
	7500 - 8000	0,00	2,47	9,24	19,65	89,52	13,61
	8000 - 8500	0,00	2,60	8,35	17,22	88,80	12,62
	8500 - 9000	0,00	2,54	8,12	18,13	88,94	12,58
	9000 - 9500	0,00	2,43	8,01	17,38	84,27	12,00
	9500 - 10000	0,00	2,30	7,94	15,38	82,96	11,46
	10000 - 10500	0,00	2,26	8,00	16,22	83,62	11,45
	10500 - 11000	0,00	2,16	7,24	15,78	84,58	11,22
	11000 - 11500	0,00	2,13	7,18	15,38	85,23	10,82
	11500 - 12000	0,00	2,17	7,01	14,96	85,84	10,53
	12000 - 12500	0,00	2,49	6,83	14,67	86,37	10,68
	12500 - 13000	0,00	2,39	6,59	14,13	86,92	10,33
13000 - 13500	0,00	2,11	6,39	13,72	85,86	10,25	
13500 - 14000	0,00	1,85	6,12	13,33	86,32	10,39	
14000 - 14500	0,00	2,40	6,00	13,62	86,69	10,25	
14500 - 15000	0,00	2,28	5,90	13,39	87,08	9,96	
15000 - 15500	0,00	2,20	5,64	12,26	87,66	9,58	
15500 - 16000	0,00	2,20	5,40	11,87	87,98	9,44	
16000 - 16500	0,00	2,19	5,54	12,03	88,34	9,66	

		Estadísticas básicas de puntos Interactivos para % Desuniforme					
		Mínimo	Q1	Q2	Q3	Máximo	Promedio
Intervalos de tonelaje acumulado	16500 - 17000	0,00	2,09	5,41	11,14	88,76	9,26
	17000 - 17500	0,00	2,15	5,24	11,48	89,00	9,28
	17500 - 18000	0,00	2,17	5,39	11,34	89,33	9,14
	18000 - 18500	0,00	2,34	5,50	11,10	89,65	8,98
	18500 - 19000	0,00	2,44	5,56	10,87	89,94	9,12
	19000 - 19500	0,00	2,43	5,50	11,08	90,16	9,24
	19500 - 20000	0,00	2,75	5,39	10,47	90,36	8,93
	20000 - 20500	0,00	2,39	5,50	10,40	90,63	9,17
	20500 - 21000	0,00	2,24	5,69	10,36	90,82	9,22
	21000 - 21500	0,00	2,18	5,72	11,11	91,05	9,25
	21500 - 22000	0,00	2,52	5,62	10,91	91,31	9,28
	22000 - 22500	0,00	2,49	5,34	10,10	91,48	8,99
	22500 - 23000	0,00	2,03	5,22	9,31	91,63	8,73
	23000 - 23500	0,00	2,35	5,50	10,30	91,80	8,86
	23500 - 24000	0,00	2,33	5,28	8,90	91,98	8,53
	24000 - 24500	0,00	1,98	5,09	8,83	92,18	8,48
	24500 - 25000	0,00	2,21	4,88	9,52	92,34	8,49
	25000 - 25500	0,00	2,20	4,76	9,48	92,50	8,40
	25500 - 26000	0,00	2,23	4,57	9,26	92,62	8,12
	26000 - 26500	0,00	2,37	4,59	9,27	92,78	8,29
	26500 - 27000	0,00	2,58	4,62	9,70	92,88	8,35
	27000 - 27500	0,00	2,40	4,56	9,80	93,04	8,48
	27500 - 28000	0,00	2,59	5,04	11,22	93,14	8,66
	28000 - 28500	0,00	2,51	4,67	8,60	93,29	7,99
	28500 - 29000	0,00	2,50	4,65	8,49	93,39	8,00
	29000 - 29500	0,00	2,48	4,56	8,87	93,49	8,04
	29500 - 30000	0,00	2,39	4,46	8,64	93,63	7,98
	30000 - 30500	0,00	2,37	4,35	8,00	93,71	7,58
	30500 - 31000	0,00	2,33	4,17	7,93	93,80	7,51
	31000 - 31500	0,00	2,42	4,27	8,05	93,92	7,88
31500 - 32000	0,00	2,27	4,22	8,19	94,02	7,84	
32000 - 32500	0,00	2,23	4,15	7,88	94,10	7,72	
32500 - 33000	0,00	2,19	4,05	7,72	94,18	7,52	
33000 - 33500	0,00	2,32	4,19	7,63	94,26	7,36	