UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

Escuela Profesional de Ingeniería de Minas

"DETERMINACIÓN DE LA FRAGMENTACIÓN UTILIZANDO EL SISTEMA SPLIT ONLINE EN LOS FRENTES DE MINADO DE LAS PALAS EN LA UNIDAD MINERA CUAJONE DE LA EMPRESA SOUTHERN PERU COPPER CORPORATION, MOQUEGUA 2015"

TESIS

PRESENTADA POR:

BACH. JUAN GABRIEL MACHACA MANZANO

Para optar por el Título Profesional de:

INGENIERO DE MINAS

MOQUEGUA – PERU

2015

LA SECRETARÍA GENERAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

FOLIO N° 001

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Según Resolución PRESIDENCIAL N°1508-2015 UNAM

El Jurado Dictaminador ha calificado la defensa de la tesis:

TITULADA:

DETERMINACION DE LA FRAGMENTACION UTILIZANDO EL SISTEMA SPLIT ONLINE EN LOS FRENTES DE MINADO DE LOS PADS DE LA UNIDAD MINERA CUAJONE DE LA EMPRESA SOUTHERN PERU COPPER CORPORATION MOQUEGUA 2015

Asesor: ING. JAVIER PEDRO PENDIOLA ARANA

Asesor Externo: ING. RICARDO PUERTA VILLAGARAY

Tesista: JUAN GABRIEL MACHACA MANZANO

Dictamina como APROBADO por UNANIMIDAD

La defensa del tema de investigación con la nota: TRECE (13)

Por lo que SI opta el Grado de Ingeniero de Minas.

Siendo las SEIS P.M horas, del 22 de DICIEMBRE del año 2015

se procede a firmar la presente.

Presidente del Jurado

Primer Miembro

Segundo Miembro

Tesista

DEDICATORIA

A Dios por darme todo en esta vida.

A mis Padres por su enseñanza, ejemplo y sacrificio, por darme todo su apoyo que me permitió obtener esta encomiable profesión. A mis hermanos por su inmenso cariño.

Al Ingeniero Ricardo Puerta Villagaray, a quien considero como un segundo padre, por su amistad y por todas sus enseñanzas vertidas en mí.

Y a mis docentes de la escuela Profesional de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional de Moquegua, Alma Mater, por el esfuerzo puesto para mi formación profesional.

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi agradecimiento a la Compañía Minera SOUTHERN PERU COPPER CORPORATION. A las grandiosas personas que lo conforman, por el apoyo brindado para realizar este presente trabajo de investigación, a aquellas personas que de alguna manera me otorgaron facilidades del caso y por su apoyo desinteresado que influyeron en mi crecimiento profesional.

A mis docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas de mi alma mater la Universidad Nacional de Moquegua, la cual me brindo los conocimientos necesarios que me permitieron forjarme profesionalmente. A los grandes profesionales que imparten su conocimiento de forma desinteresada a los futuros profesionales.

A mis asesores el Ing. Javier Peñaloza Arana y al Ing. Ricardo Puerta Villagaray por la paciencia, apoyo, amistad y dedicación que me brindaron al revisar cada página del presente trabajo de investigación.

Deseo hacer una mención muy especial a mis mentores de Operaciones Mina por las enseñanzas vertidas, al Ing. Javier Salazar (Gerente Mina), Sr. Jose Medina (Superintendente de Operaciones Mina), Ing. Jesus Cruces (Jefe General de Operaciones Mina) que hicieron posible mi formación y desarrollo profesional desde mis inicios en la compañía Southern Peru Copper Corporation.

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se estudió la influencia de la utilización de un sistema automatizado para determinar la fragmentación de roca en tiempo real, el cual es denominado el Sistema Split Online, en la empresa Minera Southern Peru Copper Corporation, Unidad Minera Cuajone, ubicada en el departamento de Moquegua.

El desarrollo de las pruebas y análisis se realizaron con ayuda de la empresa Southern Peru Copper Corporation y la empresa EXSA quien presta los servicios de voladura en SPCC – Unidad Minera Cuajone. La presente investigación se enfocó principalmente en comprobar si efectivamente el Sistema Split Online puede determinar la fragmentación de roca en tiempo real en los frentes de minado de las palas en la unidad minera Cuajone; colocando cámaras que determinan la fragmentación de roca en tiempo real por medio de fotoanálisis, comprobar el grado de precisión de la fragmentación que ofrece el Sistema Split Online comparado con el uso de otro programa de análisis granulométrico y finalmente ver la aplicación que se le puede dar a este nuevo sistema automatizado de medición de la fragmentación.

Después de realizar los análisis correspondientes se demuestra que indudablemente el Sistema Split Online ofrece mejor representatividad y versatilidad comparado con otro programa de análisis granulométrico,

generando así ahorros en tiempo y dinero para la empresa Southern Peru Copper Corporation.

Así mismo, con la colocación de cámaras en las palas para determinar la fragmentación de roca, se puede llevar un registro detallado en tiempo real sobre las fluctuaciones de la fragmentación de roca que se obtiene en cada frente de minado, creando una base de datos y procesándolos para obtener reportes detallados sobre la fragmentación de roca en tiempo real en forma de cuadros y gráficos.

ABSTRACT

In this research the influence of the use of an automated system to determine the rock fragmentation in real time, which is called the Online Split System in Minera Southern Peru Copper Corporation, Cuajone mining unit was studied, located in the department of Moquegua.

The development of tests and analyzes were performed using the Southern Peru Copper Corporation and the company who provides the services EXSA blasting in SPCC - Cuajone mining unit. This research focused mainly on checking whether or not the Online Split System can determine the rock fragmentation in real time mining fronts of the blades in the Cuajone mining unit; placing cameras that determine the rock fragmentation in real time through photoanalysis check the accuracy of the fragmentation Split Online System offers compared with the use of another program sieve analysis and finally see the application that can be given this new automated measurement system fragmentation.

After making the corresponding analysis shows that undoubtedly the Online Split System provides more representative and versatility compared to other sieve analysis program, generating savings in time and money for the company Southern Peru Copper Corporation.

Likewise, the placement of cameras in the blades to determine the rock fragmentation, you can keep detailed records real-time fluctuations in rock

fragmentation obtained on every front mining, creating a database and processing them to obtain detailed reports on rock fragmentation in real time in tables and graphs.

CONTENIDO

DEDICATORIA iii
AGRADECIMIENTOS iv
RESUMEN v
ABSTRACT vii
CONTENIDO ix
ÍNDICE DE FIGURAS xii
ÍNDICE DE CUADROS xv
INTRODUCCIÓN 1
CAPITULO I 4
GENERALIDADES 4
1.1. RESEÑA HISTORICA 4
1.2. UBICACIÓN 5
1.2.1. Ubicación polítiico. 6
1.2.2. Ubicación Geográfica 6
1.2.3. Coordenadas UTM. 6
1.3. MÉTODO DE EXPLOTACIÓN. 6
1.4. EQUIPOS MINA. 7
1.5. RELACIONES COMUNITARIAS. 9
1.6. RESPONSABILIDAD MEDIO AMBIENTAL. 11
CAPITULO II 12
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 12
2.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA: 12
2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 14
2.2.1. Interrogante General. 14

2.2.2. Interrogantes Secundarias. 14
2.3. JUSTIFICACIÓN 14
2.4. FORMULACIÓN DE OBJETIVOS. 15
2.4.1. Objetivo general. 15
2.4.2. Objetivos específicos. 16
2.5. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS 16
2.5.1. Hipótesis General. 16
2.5.2. Hipótesis Específica 16
CAPITULO III 17
MARCO TEÓRICO 17
3.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN. 17
3.2. BASES TEÓRICAS. 21
3.2.1. Descripción del Sistema Split Online. 21
3.2.2. Componentes del Sistema Split Online 23
3.2.3. Programas de análisis granulométrico. 37
3.2.4. Empresas que Utilizan el Sistema Split Online. 39
3.3. MARCO CONCEPTUAL 43
CAPITULO IV 48
MARCO METODOLÓGICO 48
4.1. TIPO Y DISEÑO. 48
4.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN. 50
4.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES. 50
4.3.1. Variable Independiente. 50
4.3.2. Variable Dependiente. 50
4.4. POBLACIÓN Y MUESTRA 51
4.4.1. La Población. 51
4.4.2. Muestra. 51
4.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA RECOLECCIÓN DE DATOS 51
4.6. VALIDACIÓN Y CONFIABILIDAD DE LOS INTRUMENTOS. 52
4.7. MÉTODOS Y TÉCNICAS PARA LA PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS 52

4.7.1. OBSERVACIÓN DIRECTA 52
4.7.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO 52
4.7.3. ANÁLISIS DESCRIPTIVO 53
4.7.4. PRESENTACIÓN 53
CAPITULO V 54
PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS 54
5.1. PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS. 54
5.1.1. INSTALACIÓN DEL SISTEMA SPLIT ONLINE 54
5.1.2. REPRESENTATIVIDAD DEL SISTEMA SPLIT ONLINE 57
5.1.3. APLICACIÓN DEL SISTEMA SPLIT ONLINE 105
5.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS. 111
5.2.1. DETERMINACIÓN DE LA FRAGMENTACIÓN MÁS RÁPIDA . 111
5.2.2. DETERMINACIÓN DE LA FRAGMENTACIÓN CON MAYOR REPRESENTATIVIDAD 112
5.2.3. DETERMINACIÓN DE LA FRAGMENTACIÓN PARA AHORRAR COSTOS DE PERFORACIÓN Y VOLADURA 116
CONCLUSIONES 118
RECOMENDACIONES 120
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 122
ANEXOS 124
ANEXO 1 125
ANEXO 2 126
ANEXO 3 127
ANEXO 4 133
ANEXO 5 145
ANEXO 6 157

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de ubicación de Mina Cuajone. 5
Figura 2: Diagrama de Flujo de la Operación Cuajone 7
Figura 3: Proceso clásico de Fragmentación 22
Figura 4: Cámara colocada en la Pala 24
Figura 5: Visualización de la cámara en el frente de minado de la Pala .. 25
Figura 6;7: Fragmentación 30
Figura 8;9: Delineación 30
Figura 10: Curva granulométrica 34
Figura 11: Pantalla del Split Online 35
Figura 12: Historial del Análisis granulométrico del Split Online 36
Figura 13: Curva granulométrica del Split Online 36
Figura 14: Curva granulométrica del Wipfrag 37
Figura 15: Pantalla del software Power Sieve 38
Figura 16: Pantalla del Software Split Desktop 38
Figura 17: Split Online en la Industria Minera 40
Figura 18: Split Online en la industria de áridos 42
Figura 19: Split Online en la industria de fertilizantes 43
Figura 20: Diseño de investigación 49
Figura 21: Pantalla del Sistema Integral de Operaciones 55
Figura 22: SIO – Reporte del P80 diario 56
Figura 23: Reporte de P80 vs Velocidad de excavación 57
Figura 24: Análisis granulométrico con Wipfrag – Prueba 01 59
Figura 25: Análisis granulométrico con Split Online – Prueba 01 59
Figura 26: Análisis granulométrico con Wipfrag – Prueba 02 60
Figura 27: Análisis granulométrico con Split Online – Prueba 02 60
Figura 28: Análisis granulométrico con Wipfrag – Prueba 03 61
Figura 29: Análisis granulométrico con Split Online – Prueba 03 61
Figura 30: Análisis granulométrico con Wipfrag – Prueba 04 62
Figura 31: Análisis granulométrico con Split Online – Prueba 04 62
Figura 32: Análisis granulométrico con Wipfrag – Prueba 05 63
Figura 33: Análisis granulométrico con Split Online – Prueba 05 63
Figura 34: Análisis granulométrico con Wipfrag – Prueba 06 64
Figura 35: Análisis granulométrico con Split Online – Prueba 06 64

Figura 36: Análisis granulométrico con Wipfrag – Prueba 07 65
Figura 37: Análisis granulométrico con Split Online – Prueba 07 65
Figura 38: Análisis granulométrico con Wipfrag – Prueba 08 66
Figura 39: Análisis granulométrico con Split Online – Prueba 08 66
Figura 40: Análisis granulométrico con Wipfrag – Prueba 09 67
Figura 41: Análisis granulométrico con Split Online – Prueba 09 67
Figura 42: Análisis granulométrico con Wipfrag – Prueba 10 68
Figura 43: Análisis granulométrico con Split Online – Prueba 10 68
Figura 44: Análisis granulométrico con Wipfrag – Prueba 11 69
Figura 45: Análisis granulométrico con Split Online – Prueba 11 69
Figura 46: Análisis granulométrico con Wipfrag – Prueba 12 70
Figura 47: Análisis granulométrico con Split Online – Prueba 12 70
Figura 48: Análisis granulométrico con Wipfrag – Prueba 13 71
Figura 49: Análisis granulométrico con Split Online – Prueba 13 71
Figura 50: Análisis granulométrico con Wipfrag – Prueba 14 72
Figura 51: Análisis granulométrico con Split Online – Prueba 14 72
Figura 52: Análisis granulométrico con Wipfrag – Prueba 15 73
Figura 53: Análisis granulométrico con Split Online – Prueba 15 73
Figura 54: Análisis granulométrico con Wipfrag – Prueba 16 74
Figura 55: Análisis granulométrico con Split Online – Prueba 16 74
Figura 56: Análisis granulométrico con Wipfrag – Prueba 17 75
Figura 57: Análisis granulométrico con Split Online – Prueba 17 75
Figura 58: Análisis granulométrico con Wipfrag – Prueba 18 76
Figura 59: Análisis granulométrico con Split Online – Prueba 18 76
Figura 60: Análisis granulométrico con Wipfrag – Prueba 19 77
Figura 61: Análisis granulométrico con Split Online – Prueba 19 77
Figura 62: Análisis granulométrico con Wipfrag – Prueba 20 78
Figura 63: Análisis granulométrico con Split Online – Prueba 20 78
Figura 64: Análisis granulométrico con Wipfrag – Prueba 21 79
Figura 65: Análisis granulométrico con Split Online – Prueba 21 79
Figura 66: Análisis granulométrico con Wipfrag – Prueba 22 80
Figura 67: Análisis granulométrico con Split Online – Prueba 22 80
Figura 68: Análisis granulométrico con Wipfrag – Prueba 23 81
Figura 69: Análisis granulométrico con Split Online – Prueba 23 81
Figura 70: Análisis granulométrico con Wipfrag – Prueba 24 82
Figura 71: Análisis granulométrico con Split Online – Prueba 24 82
Figura 72: Análisis granulométrico con Wipfrag – Prueba 25 83
Figura 73: Análisis granulométrico con Split Online – Prueba 25 83
Figura 74: Análisis granulométrico con Wipfrag – Prueba 26 84
Figura 75: Análisis granulométrico con Split Online – Prueba 26 84

Figura 76: Análisis granulométrico con Wipfrag – Prueba 27 85
Figura 77: Análisis granulométrico con Split Online – Prueba 27 85
Figura 78: Análisis granulométrico con Wipfrag – Prueba 28 86
Figura 79: Análisis granulométrico con Split Online – Prueba 28 86
Figura 80: Análisis granulométrico con Wipfrag – Prueba 29 87
Figura 81: Análisis granulométrico con Split Online – Prueba 29 87
Figura 82: Análisis granulométrico con Wipfrag – Prueba 30 88
Figura 83: Análisis granulométrico con Split Online – Prueba 30 88
Figura 84: Análisis granulométrico con Wipfrag – Prueba 31 89
Figura 85: Análisis granulométrico con Split Online – Prueba 31 89
Figura 86: Análisis granulométrico con Wipfrag – Prueba 32 90
Figura 87: Análisis granulométrico con Split Online – Prueba 32 90
Figura 88: Análisis granulométrico con Wipfrag – Prueba 33 91
Figura 89: Análisis granulométrico con Split Online – Prueba 33 91
Figura 90: Análisis granulométrico con Wipfrag – Prueba 34 92
Figura 91: Análisis granulométrico con Split Online – Prueba 34 92
Figura 92: Análisis granulométrico con Wipfrag – Prueba 35 93
Figura 93: Análisis granulométrico con Split Online – Prueba 35 93
Figura 94: Análisis granulométrico con Wipfrag – Prueba 36 94
Figura 95: Análisis granulométrico con Split Online – Prueba 36 94
Figura 96: Análisis granulométrico con Wipfrag – Prueba 37 95
Figura 97: Análisis granulométrico con Split Online – Prueba 37 95
Figura 98: Análisis granulométrico con Wipfrag – Prueba 38 96
Figura 99: Análisis granulométrico con Split Online – Prueba 38 96
Figura 100: Análisis granulométrico con Wipfrag – Prueba 39 97
Figura 101: Análisis granulométrico con 97
Figura 102: Análisis granulométrico con Wipfrag – Prueba 40 98
Figura 103: Análisis granulométrico con 98
Figura 104: Análisis granulométrico con Wipfrag – Prueba 41 99
Figura 105: Análisis granulométrico con 99
Figura 106: Análisis granulométrico con Wipfrag – Prueba 42 100
Figura 107: Análisis granulométrico con 100
Figura 108: Análisis granulométrico con Wipfrag – Prueba 43 101
Figura 109: Análisis granulométrico con 101
Figura 110: Análisis granulométrico con Wipfrag – Prueba 44 102
Figura 111: Análisis granulométrico con 102
Figura 112: Análisis granulométrico con Wipfrag – Prueba 45 103
Figura 113: Análisis granulométrico con 103
Figura 114: Análisis granulométrico con Wipfrag – Prueba 46 104
Figura 115: Análisis granulométrico con 104

Figura 116: Costo de perforación por tonelada 106
Figura 117: Costo de Explosivo por tonelada 106
Figura 118: Tiempo de ciclo de volquetes 107
Figura 119: Factor de carga de volquetes 108
Figura 120: Puntos de posición de la Pala 109
Figura 121: Split Online – P80 con malla de 9x9mts 110
Figura 122: Split Online – P80 con malla 9.5x9.5mts 111
Figura 123: Análisis granulométrico por el método manual 112
Figura 124: Porcentaje de error del Split Online 114
Figura 125: Porcentaje de error del Wipfrag 115
Figura 126: Variación del P80, Wipfrag vs Split Online 116

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Empresas que utilizan el Sistema Split Online 39
Cuadro 2: Resumen de pruebas de fragmentación Wipfrag vs Split Online 113
Cuadro 3: Fragmentación vs grado de error – Prueba 01 145
Cuadro 4: Fragmentación vs grado de error – Prueba 02 145
Cuadro 5: Fragmentación vs grado de error – Prueba 03 145
Cuadro 6: Fragmentación vs grado de error – Prueba 04 145
Cuadro 7: Fragmentación vs grado de error – Prueba 05 146
Cuadro 8: Fragmentación vs grado de error – Prueba 06 146
Cuadro 9: Fragmentación vs grado de error – Prueba 07 146
Cuadro 10: Fragmentación vs grado de error – Prueba 08 146
Cuadro 11: Fragmentación vs grado de error – Prueba 09 147
Cuadro 12: Fragmentación vs grado de error – Prueba 10 147
Cuadro 13: Fragmentación vs grado de error – Prueba 11 147
Cuadro 14: Fragmentación vs grado de error – Prueba 12 147
Cuadro 15: Fragmentación vs grado de error – Prueba 13 148
Cuadro 16: Fragmentación vs grado de error – Prueba 14 148
Cuadro 17: Fragmentación vs grado de error – Prueba 15 148
Cuadro 18: Fragmentación vs grado de error – Prueba 16 148
Cuadro 19: Fragmentación vs grado de error – Prueba 17 149
Cuadro 20: Fragmentación vs grado de error – Prueba 18 149
Cuadro 21: Fragmentación vs grado de error – Prueba 19 149
Cuadro 22: Fragmentación vs grado de error – Prueba 20 149

Cuadro 23: Fragmentación vs grado de error – Prueba 21..... 150
Cuadro 24: Fragmentación vs grado de error – Prueba 22..... 150
Cuadro 25: Fragmentación vs grado de error – Prueba 23..... 150
Cuadro 26: Fragmentación vs grado de error – Prueba 24..... 150
Cuadro 27: Fragmentación vs grado de error – Prueba 25..... 151
Cuadro 28: Fragmentación vs grado de error – Prueba 26..... 151
Cuadro 29: Fragmentación vs grado de error – Prueba 27..... 151
Cuadro 30: Fragmentación vs grado de error – Prueba 28..... 151
Cuadro 31: Fragmentación vs grado de error – Prueba 29..... 152
Cuadro 32: Fragmentación vs grado de error – Prueba 30..... 152
Cuadro 33: Fragmentación vs grado de error – Prueba 31..... 152
Cuadro 34: Fragmentación vs grado de error – Prueba 32..... 152
Cuadro 35: Fragmentación vs grado de error – Prueba 33..... 153
Cuadro 36: Fragmentación vs grado de error – Prueba 34..... 153
Cuadro 37: Fragmentación vs grado de error – Prueba 35..... 153
Cuadro 38: Fragmentación vs grado de error – Prueba 36..... 153
Cuadro 39: Fragmentación vs grado de error – Prueba 37..... 154
Cuadro 40: Fragmentación vs grado de error – Prueba 38..... 154
Cuadro 41: Fragmentación vs grado de error – Prueba 39..... 154
Cuadro 42: Fragmentación vs grado de error – Prueba 40..... 154
Cuadro 43: Fragmentación vs grado de error – Prueba 41..... 155
Cuadro 44: Fragmentación vs grado de error – Prueba 42..... 155
Cuadro 45: Fragmentación vs grado de error – Prueba 43..... 155
Cuadro 46: Fragmentación vs grado de error – Prueba 44..... 155
Cuadro 47: Fragmentación vs grado de error – Prueba 45..... 156
Cuadro 48: Fragmentación vs grado de error – Prueba 46..... 156

INTRODUCCIÓN

La fragmentación de roca, es sin duda un valor muy importante para un Ingeniero de Voladura, en la Mina Cuajone el P80 requerido para entregarle a Planta Concentradora es de 4.9 pulgadas, un valor inferior a 4.9 significa un mayor costo en voladura porque se está fragmentando en exceso la roca. Sin embargo, un valor por encima de 4.9 significa un mayor consumo de energía en Planta Concentradora (KW-H/Ton) ya que se utilizará mayor energía para reducir de tamaño a la roca.

Comenzamos este trabajo de investigación con la siguiente ideología:

Utilizar un sistema automatizado que permita determinar el grado de fragmentación en tiempo real, sin que se interrumpa o detenga las operaciones y además que tenga una mejor oportunidad de ahorrar tiempo y dinero.

El capítulo I, describe los aspectos generales de la Mina en la que se realizó el presente trabajo de investigación; como su historia, ubicación, explotación, equipos, etc.

El capítulo II muestra la problemática de la Mina Cuajone en cuanto a determinar el grado de fragmentación de roca en tiempo real. En Mina

Cuajone, para determinar el grado de fragmentación se utiliza un programa de análisis granulométrico llamado Wipfrag, el cual es un programa asistido por un usuario, generalmente para determinar la fragmentación se tiene que salir a tomar fotografías en los frentes de minado de las Palas, muchas veces hasta tener que interrumpir las operaciones e inclusive dejar de realizar la medición de la fragmentación por darle prioridad a la continuidad de las operaciones.

Seguidamente se toman solo 3 fotografías por proyecto disparado, el cual al promediarlo se tiene una estimación de la fragmentación obtenida; sin embargo, es un valor poco representativo, además que para analizar cada fotografía se demora entre 15 y 20 minutos.

El capítulo III, detalla todas las bases teóricas y técnicas necesarias para ayudar a complementar el conocimiento del lector en referencia al concepto y uso del Sistema Split Online. El capítulo IV, muestra el marco metodológico utilizado en el trabajo de investigación, basado en la metodología de investigación propuesta según Fernandez, Hernandez y Baptista.

El capítulo V, muestra la presentación y análisis de resultados obtenidos luego de haber realizado distintas pruebas para contrastar las hipótesis planteadas inicialmente. Por ejemplo en el presente trabajo de investigación, en el capítulo V, en el punto 5.1.2, muestra como el

sistema Split Online tiene mayor representatividad debido a que toma más ensayos para determinar el P80.

Finalmente con el paso del tiempo y gracias al avance tecnológico se creó un sistema automatizado de determinación de fragmentación de roca en tiempo real, el Sistema Split Online, que permite determinar la fragmentación de roca durante todo el día, y el tiempo real, así como almacenarlo en una base de datos y de esta formar generar reportes sobre la fragmentación en tan solo unos segundos. Dichos reportes brindan la fragmentación por Pala, fragmentación hora a hora, fragmentación por mes, influencia en la velocidad de excavación, cantidad de fotos tomadas durante el día. Todo eso pudiendo ser emitidos en archivos versátiles como PDF y Excel.

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1. RESEÑA HISTORICA

La historia de Cuajone comienza a principios de 1937, cuando la Corporación Cerro de Pasco, al explorar la zona la reconoce como un yacimiento de pórfido cuprífero, de allí en adelante (1942-1945) se haría una exploración con perforación diamantina, luego Newmont y Asarco realizarían una campaña de prospección geofísica, prospección geoquímica, perforación diamantina y también pruebas metalúrgicas.

En 1954 se formaría Southern Perú Copper Corporation (SPCC), y al año siguiente (1955) realizarían el cálculo de reservas y la descripción geológica. Ya entre 1970-1975, se realizaría la etapa de construcción de: vías de acceso, electricidad, suministro de Agua, desbroce y preparación de la mina, así también comenzaría la construcción de la planta concentradora, centros urbanos, hospitales, centros educativos, oficinas, talleres, etc.

El 25 de noviembre 1976 comenzaría la producción en la mina, y para el año 1980 se iniciaría la construcción de la planta de

molibdeno. En 1995 se inicia la lixiviación, y en 1998 se amplía a 87100 TM/día del tratamiento de mineral

En1999 Southern México asume la administración de Cuajone y se convierte en el tercer mayor productor de Cobre a nivel mundial la cual se mantiene hasta la actualidad.

1.2. UBICACIÓN

La mina de pórfido de cobre a tajo abierto, está ubicada aproximadamente a 42 km. al noreste del departamento de Moquegua al sur del Perú. Se emplaza en el flanco andino de la cordillera occidental de los Andes, ver Figura 1.



Figura 1: Mapa de ubicación de Mina Cuajone.
(Fuente: Departamento de Perforación y Voladura SPCC – Mina Cuajone)

1.2.1. Ubicación político.

Distrito	:	Torata
Provincia	:	Mariscal Nieto
Departamento	:	Moquegua

1.2.2. Ubicación Geográfica.

Latitud Sur	:	17°02’
Longitud Oeste	:	70°42’
Altitud	:	3100-3850msnm

1.2.3. Coordenadas UTM.

Zona	:	19
Banda	:	L
Este	:	538200-542000
Norte	:	84000-87800
Altitud	:	3100-3850msnm

1.3. MÉTODO DE EXPLOTACIÓN.

La Mina Cuajone realiza un método de explotación a tajo abierto, cuenta con las siguientes características: bancos con 15 metros de altura uniendo los niveles por medio de rampas con gradientes entre 8 y 10% y carreteras (incluyendo rampas) con un ancho hasta 40 m.

Los ángulos de talud de trabajo (operación) varían entre los 37º y 47º y de banco de 75º

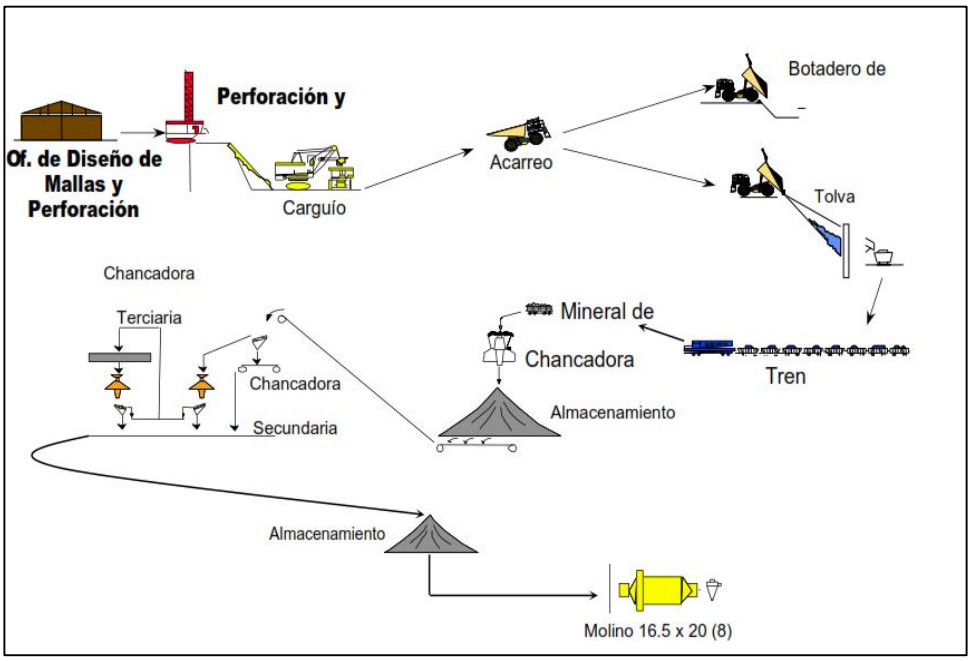


Figura 2: Diagrama de Flujo de la Operación Cuajone
(Fuente: Departamento de Perforación y Voladura SPCC – Mina Cuajone)

1.4. EQUIPOS MINA.

En Cuajone se tiene 7 perforadoras rotativas eléctricas:

- D10 y D11 marca P&H modelo 120A y 100XP respectivamente.
- D13 y D14 de marca Bucyrus Erie, modelo 49HR
- D15 de marca Bucyrus Erie 39HR (cedida del proyecto minero Tía María).
- D16 Y D17, marca P&H, modelo 320XPC

La utilización de estos equipos está en el rango de 89% llegándose a perforar 9600 metros al mes.

En la perforación del precorte se utilizan dos perforadoras a combustible de la marca Sandvik modelo DR56 y una perforadora Atlas Copco RockL8 que perforan diámetros de 5 pulgadas de 15 metros de altura con inclinaciones de taladros de 70°.

El transporte se realiza con volquetes de diversos modelos entre los cuales se tiene los camiones komatsu 830 E y 930 E Caterpillar 793 y volquetes Caterpillar 797F cuyas capacidades son de 390 Tm., alcanzando productividades de 1.200 Tm/h mina Cuajone cuenta con 16 unidades

El carguío se realiza con 7 palas eléctricas de capacidades de cuchara de 42 a 73 yd^3, modelo P&H 2800 se ubica en el fondo del tajo, esta pala es utilizada en zonas de mineral conjuntamente con el cargador frontal Letorneau proporcionando la mezcla diaria de acuerdo a las leyes y durezas según los planes programados.

La flota de equipos auxiliares está conformada por tractores de rueda (CAT 824C, CAT 834G, CAT 844C), tractores de orugas (CAT D10N 22.5Yd3, CAT D10R 28.8Yd3, CAT D9N 15.6Yd3), motoniveladoras (CAT 16H Vertedera 4.9 mts, CAT 24H Vertedera 7.3 mts), retroexcavadoras y cargadores frontales (CAT 966G

6.9Yd3, CAT 988F 10Yd3) utilizados en las limpiezas de pisos de palas, áreas de perforación, carreteras, limpieza de tolvas de transferencias, mantenimiento de vías férreas, construcción de rampas, construcción de vías, mantenimiento de botaderos, habilitación de bermas laterales y centrales para el tránsito de volquetes, construcción de canales de drenajes.

El control de la polución se realiza con tres tanques de regadíos de la marca Caterpillar de capacidad de llenado de 30,000 galones distribuidos de la siguiente manera: dos tanques en las zonas centrales del tajo y dos tanques para la fase de minado 6B y 8.

El agua utilizada en el regadío de vías es la que se recolecta de las filtraciones (freática y lluvias) las cuales se han depositado en los niveles inferiores del tajo siendo bombeadas a superficie. En el sistema de bombeo se utilizan bombas Grindex, modelo MINOR con una potencia de 6HP.

1.5. RELACIONES COMUNITARIAS.

Southern Peru Copper Corporation está comprometido en construir el capital social y humano en beneficio de sus áreas influenciadas, mediante programas de capacitación dirigidos a los pobladores de Moquegua, los cuales reciben capacitaciones como crianza de animales, cultivo de alimentos, gastronomía, etc. También SPCC

cuenta con un programa de prácticas pre-profesionales y prácticas profesionales para jóvenes egresados de distintas carreras profesionales de distintos distritos de Moquegua, como Torata, Ite y Candarabe, el cual incentiva una vinculación real entre las comunidades y SPCC.

Una de las principales metas por parte de SPCC en materia de educación es el mejoramiento de la educación a nivel básico, con una inversión en el 2014 de US$17 millones de dólares, se incorporaron tecnologías de la información y mejoras de comunicación en las instituciones educativas, permitiendo posicionar a Moquegua, como la mejor localidad en índices educativos, beneficiando a más de 33,000 alumnos y 2,900 docentes. Destacan también, los esfuerzos de mantenimiento realizados en escuelas ubicadas en Toquepala, Ilo y Cuajone.

En el 2014, los proyectos de SPCC se consolidaron en los campos de acción que forman parte del compromiso establecido por SPCC y la comunidad, destacando entre sus proyectos: Educación y fortalecimiento de capacidades; salud y nutrición; e infraestructura y apoyo al sector agropecuario.

1.6. RESPONSABILIDAD MEDIO AMBIENTAL.

La Compañía ha establecido extensos programas de conservación ambiental en sus instalaciones mineras de Perú. Los programas ambientales de la Compañía incluyen, entre otras cosas, sistemas de recuperación de agua para conservarla y minimizar el impacto en las corrientes cercanas, programas de reforestación para estabilizar la superficie de las represas de relaves, y la implementación de tecnología de limpieza húmeda en las minas para reducir las emisiones de polvo.

Las operaciones de la Compañía están sujetas a las leyes y normas peruanas sobre medio ambiente. El gobierno peruano, a través del Ministerio del Ambiente ("MINAM"), realiza auditorías anuales de las operaciones mineras y metalúrgicas peruanas de la Compañía. Mediante estas auditorías ambientales, se revisan temas relacionados con obligaciones ambientales, el cumplimiento de requisitos legales, emisiones atmosféricas, control de efluentes y manejo de residuos. La Compañía considera que cumple cabalmente con las leyes y reglamentos ambientales vigentes en Perú a través de organismos reguladores medio ambientales como OSINERGMIN y OEFA.

CAPITULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA:

En las áreas de perforación y voladura, los cambios menores en los parámetros de voladura pueden tener un efecto mayor en la fragmentación resultante. La pregunta, ¿Cómo podría cuantificar eficientemente los resultados en la fragmentación? está presente en el departamento de operaciones mina y planta concentradora. Actualmente, en la mina cuajone se puede determinar la fragmentación mediante un software de fotoanálisis llamado Wipfrag, el cual es un sistema desktop “escritorio”; es decir, que debe ser asistido y procesado por un usuario, por lo general un ingeniero o técnico.

Sin embargo, realizar el análisis granulométrico con el software Wipfrag requiere de bastante tiempo, esto incluye salir a campo para la toma de fotografías, procesamiento de datos desde una computadora e incluso algunas veces detener el proceso productivo (parada de Palas) para la toma de fotografías.

Al pasar de los años, la obtención de resultados de análisis granulométricos con mayor confiabilidad y rapidez sigue siendo una

de las principales preocupaciones de cualquier ingeniero de voladura, pero gracias al avance tecnológico se pudo crear un sistema automatizado de procesamiento de imágenes para determinar la curva de tamaños de fragmentos de roca, el sistema Split Online.

Por lo tanto la principal problemática que tiene Southern Peru Copper Corporation es la de determinar el grado de fragmentación de roca con mayor representatividad y rapidez. Como se mencionó en párrafos anteriores el software Wipfrag no ofrece dichas condiciones; sin embargo, el Sistema Split Online si se adecua a los requerimientos de la empresa, ofreciendo mayor representatividad, flexibilidad y mucho mayor rapidez en cuanto a la determinación de la fragmentación de roca.

2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

2.2.1. Interrogante General.

¿Cómo se podrá determinar eficientemente la fragmentación en la Unidad Minera Cuajone – Southern Peru Copper Corporation?

2.2.2. Interrogantes Secundarias.

- ¿Qué tan eficiente será la determinación de la fragmentación con el sistema Split Online comparado con otros programas de análisis granulométrico?
- ¿Qué beneficios se obtendrá con la utilización del Sistema Split Online para determinar la fragmentación?

2.3. JUSTIFICACIÓN

En la mayoría de las empresas mineras realizar el análisis granulométrico no solo requiere de bastante tiempo sino también de costo, en su mayoría se realiza el análisis granulométrico por medio de un software. Se estima que para realizar el análisis granulométrico de una fotografía mediante un software se requiere de 15 a 20 minutos, en promedio se toman tres fotografías por cada disparo o cada voladura.

Este hecho ha generado diversas interrogantes en cómo se podría cuantificar la fragmentación de roca de una malla de perforación disparada en menor tiempo posible, de esta forma cambiar los

diseños de voladura para aumentar o reducir la fragmentación. La ineficiente fragmentación u excesiva fragmentación produce altos costos en voladura y planta concentradora, ya que puede haber un costo excesivo tanto en explosivo (Kg), como en energía (Kw-Hr/Ton) y también cabe mencionar la circunstancia de tener que realizar voladuras secundarias, los cuales también implican un costo.

Es por ello la importancia de determinar la fragmentación con un sistema automatizado que permita ahorrar tiempo y dinero.

Por otra parte, la investigación contribuirá en contrastar, datos obtenidos mediante el uso de otros programas de análisis granulométrico.

2.4. FORMULACIÓN DE OBJETIVOS.

2.4.1. Objetivo general.

Determinar el grado de fragmentación en tiempo real en el proceso de perforación y voladura, en la Unidad Minera Cuajone – Southern Perú Copper Corporation, sin que interrumpa o detenga las operaciones.

2.4.2. Objetivos específicos.

- Comprobar el grado confiabilidad y representatividad del Sistema Split Online en relación con otros programas de análisis granulométrico.
- Utilizar un sistema automatizado que permita determinar la fragmentación con la finalidad de ajustar los parámetros de voladura.

2.5. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

2.5.1. Hipótesis General.

Con la utilización del Sistema Split Online, la determinación de la fragmentación será más rápida y en tiempo real.

2.5.2. Hipótesis Específica.

- Con la utilización del Sistema Split Online, la determinación de la fragmentación, tendrá mayor representatividad y eficiencia que otros programas de análisis granulométrico.
- Con la utilización del Sistema Split Online, la determinación de la fragmentación, ayudará a ahorrar costos de perforación y voladura.

CAPITULO III

MARCO TEÓRICO

3.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.

El Sistema Split Online estuvo en desarrollo en la Universidad de Arizona de 1990 a 1997 y son un derivado del programa de dominio público NIH para procesamiento de imágenes, escrito por Wayne Rasband, del Instituto Nacional de Salud (NIH por sus siglas en ingles). En aquel tiempo, los programas eran utilizados profesionalmente en más de 35 canteras y minas tanto en los Estados Unidos como en otros países (John Kemeny, Kristin Girdner y Tom BoBo, 2000).

Debido al éxito de los programas de Split en los últimos años de su desarrollo, la compañía Split Engineering, LLC (referida a partir de ahora como Split Engineering), obtuvo licencia de la Universidad de Arizona para continuar con el desarrollo y comercialización del software. La compañía incluye al profesor que originó el concepto, dirigió la investigación y desarrollo del software y a los últimos estudiantes de postgrado que estuvieron involucrados en el desarrollo y las aplicaciones de campo. El propósito de Split

Engineering es el de comercializar los programas de Split en las industrias mineras y de procesamiento de minerales, así como el continuar con la investigación para mejorar aún más el software Split y para desarrollar nuevas tecnologías para estas industrias. Muchos de los esfuerzos de investigación y desarrollo son conducidos conjuntamente con la Universidad de Arizona y con el Centro de Investigación de Minerales Julius Kruttschnitten Brisbane, Australia. Hay muchas mejorías recientes que han sido incluidos en el Sistema Split Online. Cada mejoría en funcionalidad resulta en un nivel mucho más elevado de confiabilidad del sistema, de reproducibilidad de resultados y de una mejor interface con el usuario (John Kemeny, Kristin Girdner y Tom BoBo, 2000).

Una vez que las imágenes son tomadas y guardado en un ordenador, el sistema Split Online tiene cinco pasos progresivos para el análisis de cada imagen. El primer paso en el programa le permite a la escala que se determinará para cada imagen tomada en el campo. El segundo paso lleva a cabo la delimitación automática de los fragmentos de cada una de las imágenes que se procesan. El tercer paso permite la edición de los fragmentos delineada para asegurar resultados precisos. El cuarto paso consiste en el cálculo de la distribución de tamaño basada en los fragmentos delineado. Por último, el quinto paso se refiere a la

gráfica y varias salidas para mostrar los resultados de distribución de tamaño (María Artigas, 2011).

María Artigas realizó estudios sobre la importancia de maniobrar los patrones de voladura o parámetros de voladura para obtener la fragmentación deseada, concluyendo que si no se realiza cambios en los parámetros de voladura, no se estaría utilizando de manera óptima el explosivo.

El uso de los programas de análisis digital de imágenes ha ido en aumento en el sector de la minería, en la trituración y en la industria desde que se propuso su uso, y se desarrolló una metodología viable, a mitad de los años 80 (Alejandro Barona, 2014).

Alejandro Barona realizó estudios de comparación del P80 obtenido por el software Wipfrag y el P80 obtenido por el Split Online, llegando a la conclusión de que el P80 del Wipfrag siempre será 0.7 veces el P80 del Split Online.

El programa Split Online puede calcular la curva de tamaños de las partículas roca en casi todos los lugares donde una reducción de tamaño de roca se está llevando a cabo. Estos lugares incluyen: pilas de roca post-voladura, alimentación y producto de trituradores primarios, secundarios y terciarios, y alimentadores de molinos de bolas, rodillos, SAG y AG (Split Engineering, 2014).

El programa Split Online es capaz de acertadamente determinar la curva de tamaños de fragmentos de roca visibles, además de

estimar correctamente el porcentaje de finos. Se calcula que Millones de dólares pueden ser ahorrados cada año al utilizar el sistema Split Online para controlar y optimizar los procesos de quebrado, triturado y/o molienda (Alejandro Barona, 2014).

La compañía Split Engineering presentó una propuesta en el año 2014 que cubre todo software, hardware, servicios y calibración para instalar el sistema Split-Online que mida Fragmentación en el proceso de Minado en la Mina Cuajone – Southern Peru Copper Corporation.

La Compañía Split Engineering es líder mundial en la aplicación de soluciones de medición de fragmentación en la industria minera. Desde 1997 Split Engineering y sus afiliados han realizado investigaciones en más de 106 sistemas de análisis de fragmentación Split-Onlíne, con 357 puntos de muestreo en los cinco continentes, en todo tipo de compañías mineras incluyendo entre algunas a FMI,ANGLO GOLD, BHP, ANGLO AMERICAN CHILE, PLACER DOME CVRD VALE, DE BEE'S, BARRICK, PHELPS DODGE, CODELCO EN LAS DIVISIONES: ANDINA, EL TENIENTE, GELN, 1M2 Y CODELCO NORTE (Split Engineering, 2014).

3.2. BASES TEÓRICAS.

3.2.1. Descripción del Sistema Split Online.

Split-Online es la versión de Split para el monitoreo continúo de los tamaños de fragmentos de roca en lugares donde la instalación permanente de cámaras de video es posible. Los lugares más convenientes para instalar dichas cámaras son en las Palas de minado, Hoppers, descarga de los vagones, correas transportadoras del producto de trituradores primarios, correas transportadoras de material para molinos de bolas o rodillos AG o SAG.

Muchos trituradores primarios también tienen rampas de descarga directa con lugares adecuados para la instalación permanente de cámaras. En el caso de camiones de acarreo de mineral de mina a pilas de material de lixiviación, o roca de desecho a botaderos, una cámara puede ser instalada permanentemente sobre uno de los accesos de acarreo.

El Sistema Split-Online opera continuamente y puede capturar imágenes de una o más cámaras en tiempos predeterminados por el usuario o al ser activado por algún switch de operación como lo podría ser el activado por la descarga de un camión de acarreo. Split-Online calcula una curva completa de tamaños de roca para cada una de las imágenes que captura. Así como el porcentaje de material de tamaño pasable por mallas en rangos de 10 %, desde

10% hasta 90%. El programa muestra gráficas con la última distribución de tamaños que fue calculada por cada cámara y una tendencia de 24 horas del P80 así como datos tabulares de la curva de tamaños y algunos valores promedio para ciertos intervalos de tiempo. Esta información puede ser transmitida a redes o computadoras externas, usando una señal de 4-20 mA. El Sistema Split-Online puede ser accesado vía remoto a través de modem o Internet. Esto permite al usuario el ver la pantalla, controlar todos los aspectos del software, monitorear la calidad de las imágenes tomadas, además de transmitir datos a otros lugares remotos (Girdner, K, Kemeny, J., Srikant, A., and R. McGill. 1996).

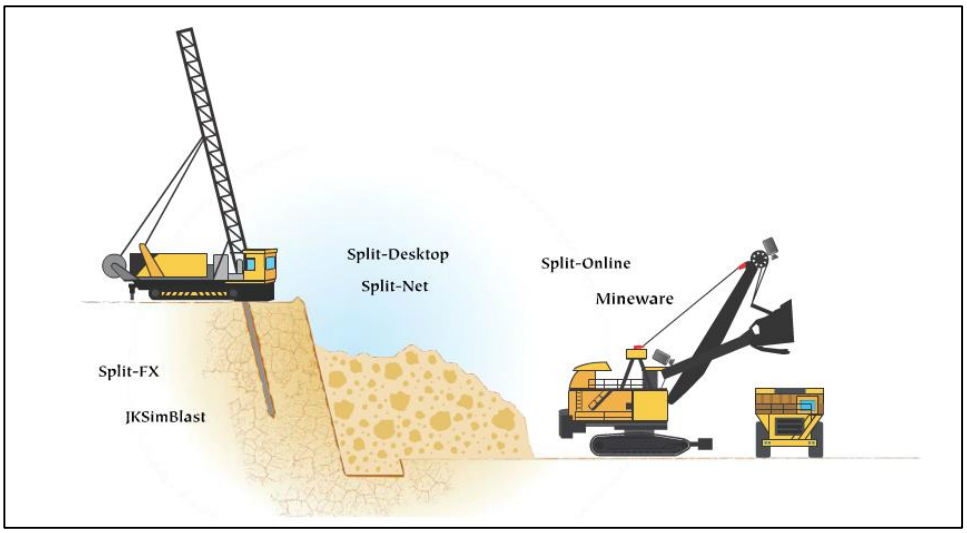


Figura 3: Proceso clásico de Fragmentación
(Fuente: Departamento de Perforación y Voladura SPCC – Mina Cuajone)

3.2.2. Componentes del Sistema Split Online.

El software de Split-Online tiene 4 componentes relevantes. El primer componente tiene que ver con la adquisición de imágenes de una o más cámaras digitales. El segundo componente se refiere a la delineación automática de cada una de las imágenes capturadas. El tercer componente del software involucra el cálculo de la curva de tamaños basados en la información de delineación de los fragmentos. Finalmente, el cuarto componente muestra los resultados de la curva de tamaños en pantalla y permite la exportación de estos resultados a computadoras o redes externas (John Kemeny, Kristin Girdner y Tom BoBo , 2000). Cada uno de estos componentes son descritos a continuación.

3.2.2.1. Adquisición y escalamiento de imágenes.

Primeramente se instalan las cámaras de tal manera que se encuentren ubicados permanentemente. En Mina Cuajone se ubicaron cámaras en las Palas 01, Pala 03, Pala 04, Pala 05 y Pala 06. Ver Figura 4.



Figura 4: Cámara colocada en la Pala
(Fuente: Departamento de Perforación y Voladura SPCC – Mina Cuajone)

La computadora se coloca en un área libre de polvos en lugares como una subestación, o un cuarto de control de los trituradores primarios o molinos. Se emplea fibra óptica para la transmisión de la señal de video, esto permite la colocación de cámaras a una distancia hasta de 3 km de la computadora. La computadora tiene una tarjeta para sujetar imágenes digitalizadas y que son directamente alimentadas al software de Split-Online. La Figura 5 muestra una imagen típica de un frente de minado.



Figura 5: Visualización de la cámara en el frente de minado de la Pala
(Fuente: Administración Split Engineering Chile Ltda. – Mina Cuajone)

El escalamiento de las imágenes se realiza al momento de la instalación, después de que el equipo ha sido posicionado y las cámaras han sido enfocadas, se coloca una escala de dimensiones conocidas al nivel de la superficie de las rocas. El software de Split-Online utiliza, una herramienta de escalamiento en donde se selecciona una de las longitudes conocidas de dicho objeto de modo de establecer la escala.

La escala solo necesita ser reajustada si es que los lentes de las cámaras o la distancia entre el material y la cámara han cambiado. Esta información, así como los otros ajustes del programa es mantenida por la computadora y no necesitan ser restablecidas en caso que la computadora sea apagada. En vez de procesar imágenes individuales, Split-Online se ajusta para tomar y procesar varias imágenes y proveer la curva de

tamaños de este grupo de imágenes. Split-Online permite al usuario establecer el número de imágenes en cada grupo y el intervalo de tiempo entre grupos (Kemeny, J., 1994).

Es importante que para la adquisición de imágenes, la iluminación sea lo más adecuada y constante posible. En la mayoría de las instalaciones, las cámaras son montadas en lugares cerrados o estructuras donde la única fuente de luz es artificial lo que mantiene los niveles de luz muy constantes.

Sin embargo, en algunos casos no es práctico el instalar las cámaras bajo tales condiciones, como quizás lo seria alguna área de descarga de camiones o correas alimentadoras en donde la luz natural ilumina el área durante el día y luz artificial lo hace durante la noche. La intensidad de la luz solar puede cambiar drásticamente en días muy nublados o muy soleados, cuando algunas sombras entran a las imágenes, o con sombras producidas al amanecer y al anochecer. Estas situaciones son extremadamente difíciles para aplicaciones de imágenes pero son una realidad en la industria minera.

El software Split Online incluye modificaciones recientes que proveen las soluciones apropiadas para estas situaciones difíciles. Una de estas modificaciones es la selección automática de pérdida y ganancia del sujetador de imágenes que cambia la forma en que la señal de video es transformada

de analógica a digital. Este resultado es más fácilmente visible en el histograma de escalas de grises, donde se realiza un conteo total de los pixeles en cada escala de gris. El objetivo de incrementar la perdida es el de mover la totalidad de la escala de grises más hacia el color negro. El objetivo de incrementar la ganancia es el de ampliar el histograma o incrementar el contraste en las imágenes. La selección de pérdida y ganancia óptimas es un proceso automático e interactivo, que optimiza los valores de acuerdo a las condiciones actuales de iluminación. El intervalo de tiempo para el establecimiento de estos valores es seleccionable por el usuario. El hecho de que sombras de estructuras pasen por la imagen puede impactar severamente la exitosa delineación de las partículas de roca. La forma del histograma de la escala de grises identifica esta condición. Imágenes con muchas sombras tendrán un histograma bi-modal con picos bien definidos. Antes de ser procesada, las imágenes clasificadas como aceptable o rechazada por tener demasiadas sombras. Esto podría crear cierta falta de datos durante ciertas horas del día pero esto es preferible al hecho de procesar imágenes que podrían conducir a datos erróneos.

Cada vez que se captura una imagen de video en vivo, la imagen se guarda en el buffer del sujetador de imágenes. Si la

imagen de video se corta por alguna razón, aún habrá más imágenes guardadas en el buffer. El algoritmo de identificación de cámara indica si es que la imagen es en vivo o se trata de la última imagen capturada. Este algoritmo fue codificado en el programa Split como una verificación del equipo de cámaras y de las señales de video de cada una de ellas. Si la imagen ha sido determinada como procedente de una señal en vivo y no lo es, un mensaje en la pantalla del sistema Split-Online indicará que la cámara necesita ser verificada.

3.2.2.2. Delineación de fragmentos.

Una vez que las imágenes han sido adquiridas y escaladas dentro del software Split, el siguiente paso es el de delinear los fragmentos individuales de roca en cada una de las imágenes. Antes de la delineación de los fragmentos, generalmente se realiza un pre-procesamiento para corregir los problemas de iluminación. Los problemas más comunes de iluminación son luz insuficiente, iluminación no-uniforme, sombras, y algunos efectos de la transición del día a la noche. Este tipo de problemas son comunes aun cuando se ha tomado las acciones para evitarlos. Split tiene dos métodos de corrección de iluminación. El primero es la utilización de un filtro de paso bajo en el cuál la imagen original es suavizada con el filtro, los

valores promedio son divididos en dos y sustraídos de la imagen original. En el segundo método, un multiplicador es seleccionado en el centro de varias regiones e interpola ciertos valores de pixel en los espacios entre regiones con el fin de conservar la intensidad promedio de la región de la imagen sustraída. Ambos métodos son probados durante la instalación y el mejor método de corrección de iluminación es seleccionado para cada aplicación específica.

Después del pre-procesamiento, el programa Split-Online automáticamente delinea los fragmentos utilizando algoritmos basados en los siguientes 4 pasos: filtro gradiente, análisis de convexidad de umbrales y de sombras, algoritmo Split, y algoritmo Watershed. Los detalles de estos pasos son descritos en los libros John Kemeny (1994) y en Girdneret al. (1996). Una mejora reciente, fue hecha para la identificación de sombras entre partículas. Esto se realiza oscureciendo o cambiando al color negro todos los valores de los pixeles que son iguales o mayores al valor de umbral y cambiados al color blanco los que son menores a este valor de umbral. El valor de umbral óptimo es determinado para nueve regiones diferentes en la imagen y es interpolado con pixeles individuales, por un método heurístico que maximiza el número de sombras no conectadas

e individuales. Este método también ayuda a delinear partículas más pequeñas en la región de finos.

El resultado de la delineación automática es una imagen binaria (2 niveles de gris que son el blanco y el negro) que contiene partículas blancas y un fondo negro. Las Figura 8 y Figura 9 son las imágenes binarias resultantes de la delineación de las imágenes mostradas en las Figura 6 y Figura 7, respectivamente. Las áreas negras en estas imágenes muestran las fronteras de las partículas además de material fino y espacio vacío entre las partículas. Esta área negra va a ser muy importante en la estimación de la cantidad de finos, lo cual se describe más adelante.



Figura 6: Fragmentación



Figura 7: Fragmentación

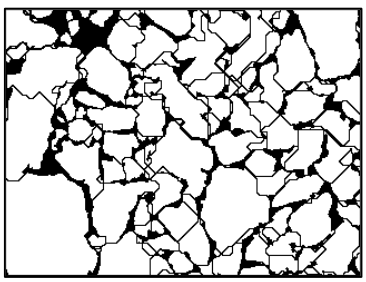


Figura 8: Delineación

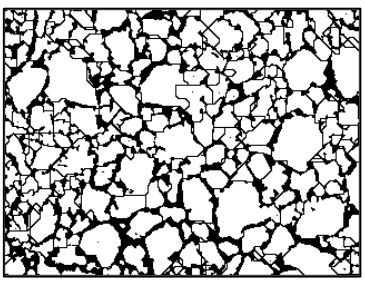


Figura 9: Delineación

3.2.2.3. Cálculo de curva de tamaños

Una vez que los fragmentos individuales en las imágenes han sido delineados, el siguiente paso es el de utilizar las características de dichos fragmentos para calcular la curva de tamaños. Estas dimensiones incluyen el área y dimensiones de cada fragmento y las de las regiones sin partículas (áreas negras en la figura anterior). La determinación del tamaño en pantalla y el volumen de cada fragmento a partir de estas características son adecuadamente descritas en Kemeny (1994) y Girdneret al. (1996). Sin embargo, la estimación de la cantidad de finos en una imagen y la distribución que se asume ha sido recientemente mejorada y es descrita detalladamente a continuación.

Existen dos razones por las que los finos no son tomados propiamente en cuenta en imágenes de roca fragmentada. Antes que nada, el material fino no está siempre presente en la superficie de los fragmentos debido a vibración, asentamiento, viento, lluvia u otros factores. En caso de que los finos sean visibles en la superficie, y dependiendo del nivel de zoom de la imagen y de la resolución, los fragmentos finos individuales son demasiado pequeños para ser propiamente delineados. La forma en que el software Split-Online toma en cuenta los finos consiste de dos pasos. En el primer paso, el mayor de los

tamaños de los finos a ser tomado en cuenta como finos (referido como tamaño-fino) es determinado y la cantidad de material mayor a este volumen es calculado. Los tamaño-finos son diferentes para cada imagen dependiendo de la escala y la forma del histograma de partículas que se encuentran en la imagen. Para imágenes de material en pilas de roca post-voladura, el tamaño-fino podría ser tan grande como 100 mm, y para imágenes de pequeños fragmentos con acercamiento, los tamaños-finos pueden ser tan pequeños como 0.1 mm o menos. El cálculo de los finos en una imagen proviene de dos fuentes: La identificación de partículas más pequeñas que el tamaño-fino y las regiones de la imagen no delineadas representadas en negro. Se asume que solamente algún porcentaje de las regiones en negro constituyen finos, dado que algunas las áreas en negro deben estar llenas de aire o sombras y de que solo una parte de esta área debe de estar cubierta por estas partículas. El área total de finos es entonces el porcentaje del área total en negro como se determinó anteriormente más el área de partículas menores al tamaño-fino. Finalmente, se asume que el porcentaje total del volumen de finos para las rocas fragmentadas representadas en una imagen es igual al porcentaje del área de finos en la imagen. La mejor medida para este factor es determinado en cada

instalación en una calibración donde los resultados de Split son comparados al curva de cribación de una sección de la correa transportadora.

El segundo paso es determinar una curva realista para el material fino. En Split-Online, una distribución Schuhmann es usada para distribuir el volumen de los finos abajo del punto de corte para finos.

Existen dos parámetros desconocidos en la distribución Schuhmann y son determinados por dos puntos conocidos de la distribución, uno es el tamaño-fino y el otro 1.5 veces el tamaño-fino (Liu, Q., and Tran, H., 1996). La Figura 10 muestra la distribución de tamaños calculado, utilizando las imágenes de alimentación y producto mostrados en la Figura 8 y Figura 9, y utilizando la distribución Schumann para asumir los finos. La Figura 10 muestra un F80 de cerca de 9 pulgadas y un P80 de cerca de 4.5 pulgadas.

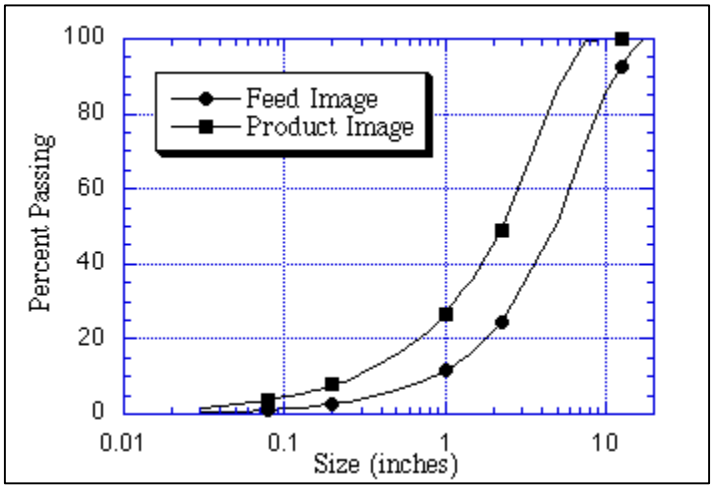


Figura 10: Curva granulométrica
(Fuente: Administración Split Engineering Chile Ltda. – Mina Cuajone)

3.2.2.4. Presentación y exportación de los resultados de la distribución de tamaños.

Cada vez que Split-Online captura y procesa un grupo de imágenes, la pantalla que muestra la curva de tamaños, incluyendo los porcentajes de tamaños en movimiento (F80, o P80 y F20 o P20, etc.), es modificada. Un ejemplo de una pantalla de un sistema Split-Online operando actualmente en mina Cuajone es mostrada en la Figura 11.

La información de la curva de tamaños es enviada, por medio de señales analógicas (4-20 mA), al sistema de control DCS o PLC, desde donde puede ser alimentado a una base de datos o a un sistema de control experto. Cuatro series de datos son enviados por cuatro canales, estos son el P20, P50, P80 y el tamaño-mayor. La curva de tamaños y los porcentajes en

movimiento son guardados en archivos en el disco duro de la computadora para cualquier análisis futuro a través de programas de base de datos (el software de administración de datos que utiliza Split es Microsoft Access), hojas de cálculo o con programas de graficación. Estos datos pueden ser accesados remotamente vía Internet y pueden ser transferidos automáticamente a otras computadoras para ser usados en el control de los procesos del triturador o molino, (P.L. Gillot, 2004).

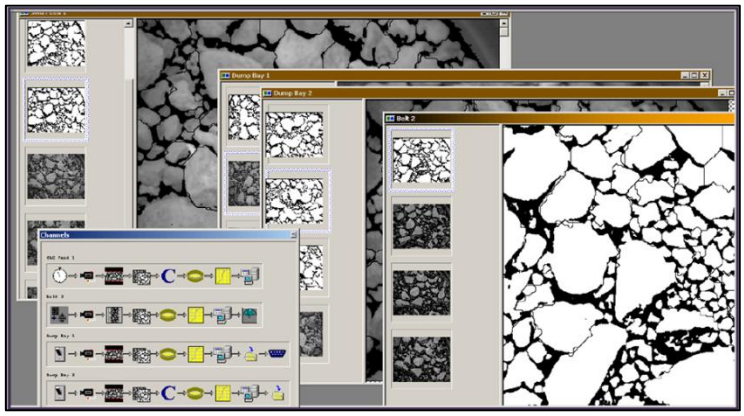


Figura 11: Pantalla del Split Online
(Fuente: Administración Split Engineering Chile Ltda. – Mina Cuajone)

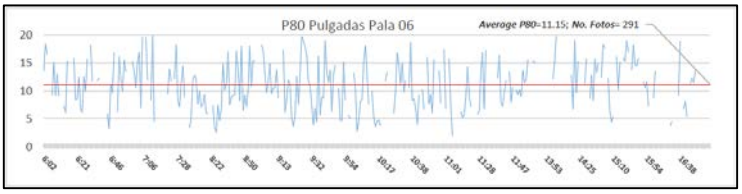


Figura 12: Historial del Análisis granulométrico del Split Online (Fuente: Administración Split Engineering Chile Ltda. – Mina Cuajone)

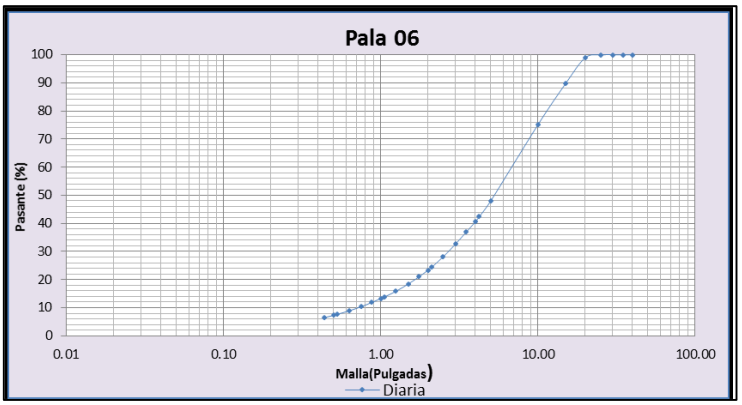


Figura 13: Curva granulométrica del Split Online (Fuente: Administración Split Engineering Chile Ltda. – Mina Cuajone)

3.2.3. Programas de análisis granulométrico.

3.2.3.1. Wipfrag.

Es un programa de análisis granulométrico desktop, es decir que es procesado por un usuario y desde un computador, ver Figura 14.

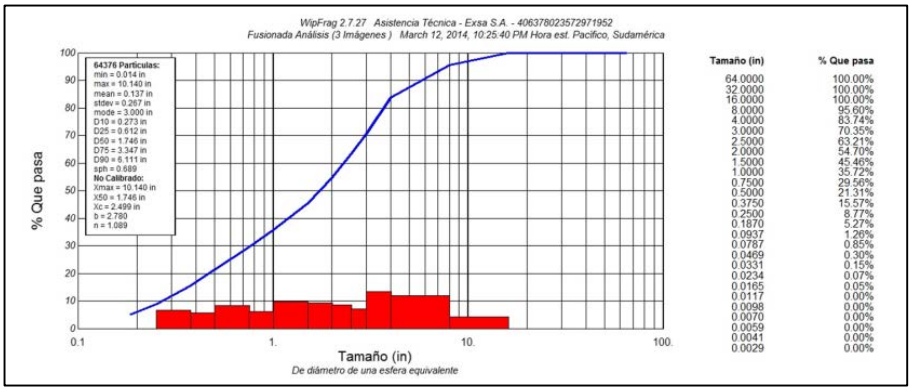


Figura 14: Curva granulométrica del Wipfrag
(Fuente: Asistencia Técnica EXSA S.A. – Mina Cuajone)

3.2.3.2. Power Sieve.

De igual forma el Power Sieve es otro programa de análisis granulométrico desde un escritorio, cabe mencionar que es un programa propio de ORICA, ver Figura 15.

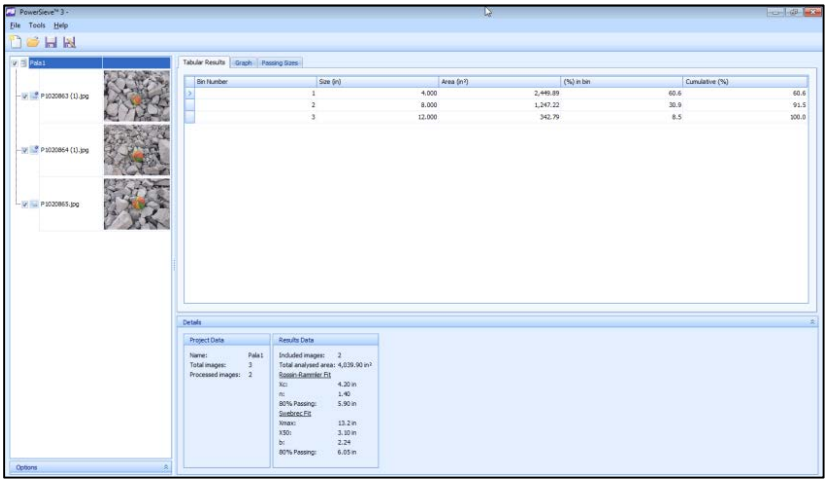


Figura 15: Pantalla del software Power Sieve
(Fuente: Tech Services – Orica Mining Services Perú S.A. – Mina Cuajone)

3.2.3.3. Split Desktop.

Programa de análisis granulométrico de la empresa Split Engineering, de igual manera es asistido y procesado por un usuario, ver Figura 16.

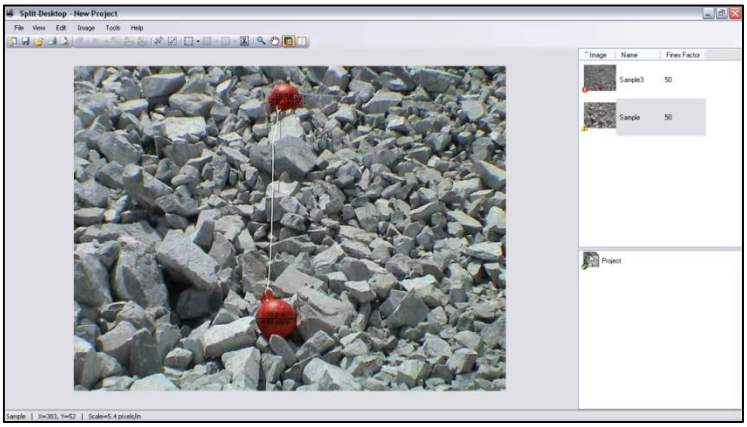


Figura 16: Pantalla del Software Split Desktop
(Fuente: Administración Split Engineering Chile Ltda. – Mina Cuajone)

3.2.4. Empresas que Utilizan el Sistema Split Online.

En el Perú varias compañías ya utilizan el sistema Split Online.

Compañía	Unidad Minera
BARRIK	Pierina
BARRIK	Lagunas Norte
FM	Cerro Verde
XTRATA COPPER	Tintaya
XTRATA COPPER	Antapacay
SPCC	Cuajone
SPCC	Toquepala
GOLD FIELD	La Cima

Cuadro 1: Empresas que utilizan el Sistema Split Online
(Fuente: Administración Split Engineering Chile Ltda. – Mina Cuajone)

Industrias del Sistema Split Online

El Sistema Split Online está enfocada en ingeniería básica en Ciencias de la Tierra y en procesos de fabricación, Split Online proporciona herramientas e información en tiempo real que permite controlar la calidad y automatización de proceso para la Minería, Áridos e industria de fertilizantes.

3.2.4.1. Industria Minera.

Split Engineering es propietario de los algoritmos de procesamiento de imágenes que proporcionan análisis y clasificación en fragmentación, pellets y textura con información acerca del tamaño, forma, superficie y color del material, así como proporcionar un método mejorado

para estimar finos. El sistema de análisis de Fragmentación Split-Online puede procesar tanto imágenes en color o en blanco y negro desde cámaras montadas sobre palas de cable que procesan imágenes en la cara de la pila de material, cámaras en puntos de descarga de camiones al chancador o botadero y cámaras sobre las correas transportadoras (bandas o fajas).



Figura 17: Split Online en la Industria Minera
(Fuente: Administración Split Engineering Chile Ltda. – Mina Cuajone)

3.2.4.2. Industria de Áridos.

Con la creciente demanda por los áridos, la industria enfrenta un aumento en la competencia, consolidación y presión para reducir los gastos operativos. Hay una necesidad de sistemas de control de procesos, para propósitos de control de la automatización y la calidad para permitir una mayor

productividad y un incremento en la calidad del producto. En respuesta a esa necesidad, el Sistema Split Online cuenta con un módulo de análisis de Áridos para otorgar tratamiento y resultados específicamente diseñadas para la industria de Áridos. Además, del análisis de distribución de tamaño de partículas en tiempo real, los resultados ahora incluyen forma y área de la superficie del material testeado. Los datos de salida de forma otorgan las razones de aspectos para las partículas lisas y alargadas o partículas cúbicas para la desviación media, máxima, mínima, estándar de la muestra y la proporción por tamaño de tamiz. Para el control del procedimiento, los usuarios pueden ingresar los límites superior e inferior en las especificaciones del material indicando cuando su proceso produce material fuera de la especificación designada o estándar ASTM. Además de los cálculos de superficie, el Sistema Split-Online proporciona cálculos modificables en el tercer eje, tamaño de tamiz y volumen para adaptar el software a sus tipos materiales.

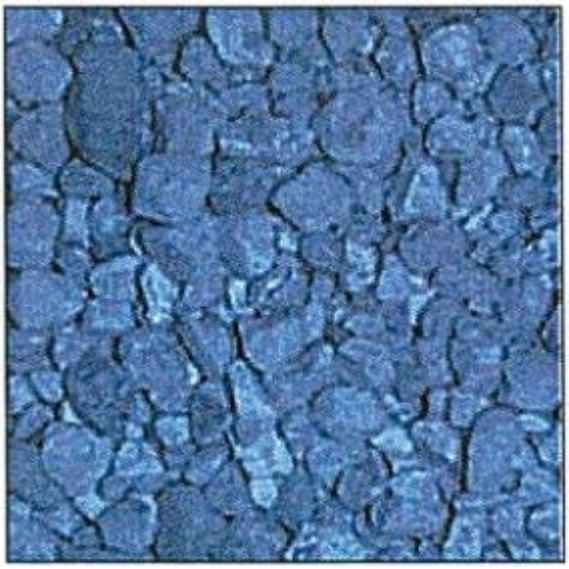


Figura 18: Split Online en la industria de áridos
(Fuente: Administración Split Engineering Chile Ltda. – Mina Cuajone)

3.2.4.3. Industria de Fertilizantes.

Split Engineering ha desarrollado un sistema de software especializado para medir pellets o de tamaño de granos en línea en los procesos de manufacturación. Este sistema de análisis de Pellets Split-Online, está siendo ahora utilizado en las industrias fabricantes de fertilizantes para medir los gránulos. El sistema ha sido adaptado para incluir los rasgos que son específicos en la industria fertilizante, tales como el Número de Tamaño Guía (SON), el Índice de Uniformidad (UI), forma (por ejemplo esfericidad), superficie y color relativo del gránulo. Los productores de fertilizante pueden ahora utilizar el Sistema Split-Online para adaptar su

producto a las especificaciones del Cliente, que mejora la calidad del producto, el funcionamiento operacional y reduce los costos de producción.

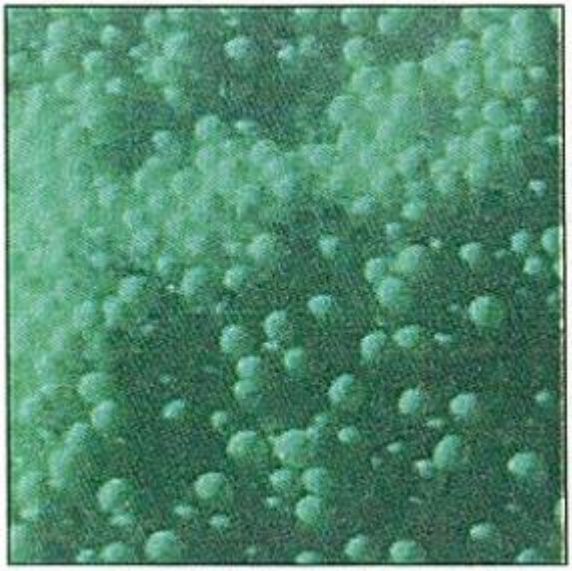


Figura 19: Split Online en la industria de fertilizantes
(Fuente: Administración Split Engineering Chile Ltda. – Mina Cuajone)

3.3. MARCO CONCEPTUAL

Para mejor comprensión de la presente investigación se consideró los términos más importantes.

- **Anfo.-** Mezcla explosiva compuesta de Nitrato de Amonio (94%) y Diesel (6%).
- **Análisis granulométrico.-** Determinación de la distribución de tamaños de roca por diferentes mallas.
- **Diseño.-** Plan o estrategia que se desarrolla para obtener la información que se requiere en una investigación.

- **Diseño transversal.-** Recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único. Su propósito describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado.
- **Diseño transversal exploratoria.-** Es comenzar a conocer una variable, o un conjunto de variables, una comunidad, un contexto, un evento o una situación. Se aplican a problemas de investigación poco conocidos.
- **Diseño transversal descriptiva.-** Indaga la incidencia de las modalidades, categorías o niveles de una o más variables de un objeto de estudio, son estudios puramente descriptivos.
- **Distribución de Tamaños.-** Análisis en el cual se distribuye el material muestreado en diferentes tamices con la finalidad de generar una gráfica que permita visualizar los pasantes del material.
- **Estudios exploratorios.-** Se realiza cuando el objetivo es examinar un tema o problema de investigación poco estudiado, del cual se tienen muchas dudas o no se han abordado antes.
- **Fragmentación.-** Rotura de la roca en varios fragmentos.
- **Frente de minado.**- Frente o banco en el cual está excavando material un equipo ya sea desmonte o mineral.

- **Fotoanálisis.-** Término utilizado para la cuantificación de la fragmentación mediante el análisis de fotos.
- **Hipótesis.-** Explicaciones tentativas del fenómeno investigado que se formulan como proposiciones.
- **Hopper.-** Estructura donde se almacena el mineral para posteriormente ser cargado sobre en los vagones de los trenes.
- **Método de Investigación cuantitativa.-** Usa la recolección de datos para probar la hipótesis, con base en medición numérica y en el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías.
- **Método de Investigación cualitativa.-** Utiliza la recolección de datos sin medición numérica para descubrir o afinar preguntas de investigación en el proceso de interpretación.
- **Molino.-** Estructura en el cual se deposita el material proveniente de la chancadora con el fin de disminuir aún más el tamaño de la roca.
- **Investigación.-** Es el conjunto de procesos sistemáticos, críticos y empíricos que se aplican al estudio de un fenómeno.
- **Investigación descriptiva.-** Busca especificar propiedades, características y rasgos importantes de cualquier fenómeno que se analice. Describe tendencias de grupos,

comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis.

- **Investigación no experimental.-** Estudios que se realizan sin la manipulación deliberada de variables y en los que solo se observan los fenómenos en su ambiente natural para después analizarlos.
- **Objetivos de investigación.-** Señalan a lo que se aspira en la investigación y deben expresarse con claridad, pues son las guías de estudio.
- **Pala.**- Equipo de excavación de gran capacidad, con la principal función de extraer material en un banco dado.
- **Predicción.**- Cuantificar sucesos que aún no han sucedido.
- **Perforación-** Acción se realizar una cavidad cilíndrica (hueco) sobre el terreno, en el cual se depositara una carga explosiva.
- **P80.**- Tamaño de la malla por la que pasa un 80% del material muestreado.
- **Sistema Split Online.-** Sistema automatizado que determina análisis granulométricos en tiempo real mediante un sistema de fotoanálisis.
- **Split Engineering.-** Compañía Estado Unidense que comercializa el Sistema Split Online.

- **Split Desktop.-** Programa propia de la compañía Split Engineering para determinar la fragmentación el cual es asistido desde una computadora.
- **Voladura.-** Termino utilizado en la minería al evento o suceso de agrietar o fracturar un macizo rocoso con la finalidad de hacer más fácil su transporte.

CAPITULO IV
MARCO METODOLÓGICO

4.1. TIPO Y DISEÑO.

La presente investigación tiene una finalidad **aplicativa**, puesto que al determinar la fragmentación con el Sistema Split Online el ingeniero de voladura podrá ajustar su diseño de carga y mezcla explosiva para el siguiente proyecto de voladura, de esa forma lograr la fragmentación deseada.

En tanto el método de manipulación de datos es **cualitativo,** ya que no se realizará una estadística exhaustiva y numérica, sino más bien, ver las cualidades que ofrece la utilización del Sistema Split Online para determinar la fragmentación de la roca.

En cuanto al diseño de investigación, es del tipo **no experimental**, el tipo de diseño a utilizarse es el diseño **transversal descriptivo**, ya que se recolectarán datos de la fragmentación en un solo momento, en un tiempo único con el propósito de describir las variables y analizar la incidencia que tiene la determinación de la fragmentación con el Sistema Split Online.

El presente trabajo de investigación también cuenta con análisis estadísticos, curvas de pasantes de tamaños de roca, curvas de distribución normal, grado de confiabilidad e intervalos de error.

En cuanto a la metodología de investigación se utilizó un modelo de la metodología de investigación Según **(Fernandez, Hernandez y Baptista, 2010)**

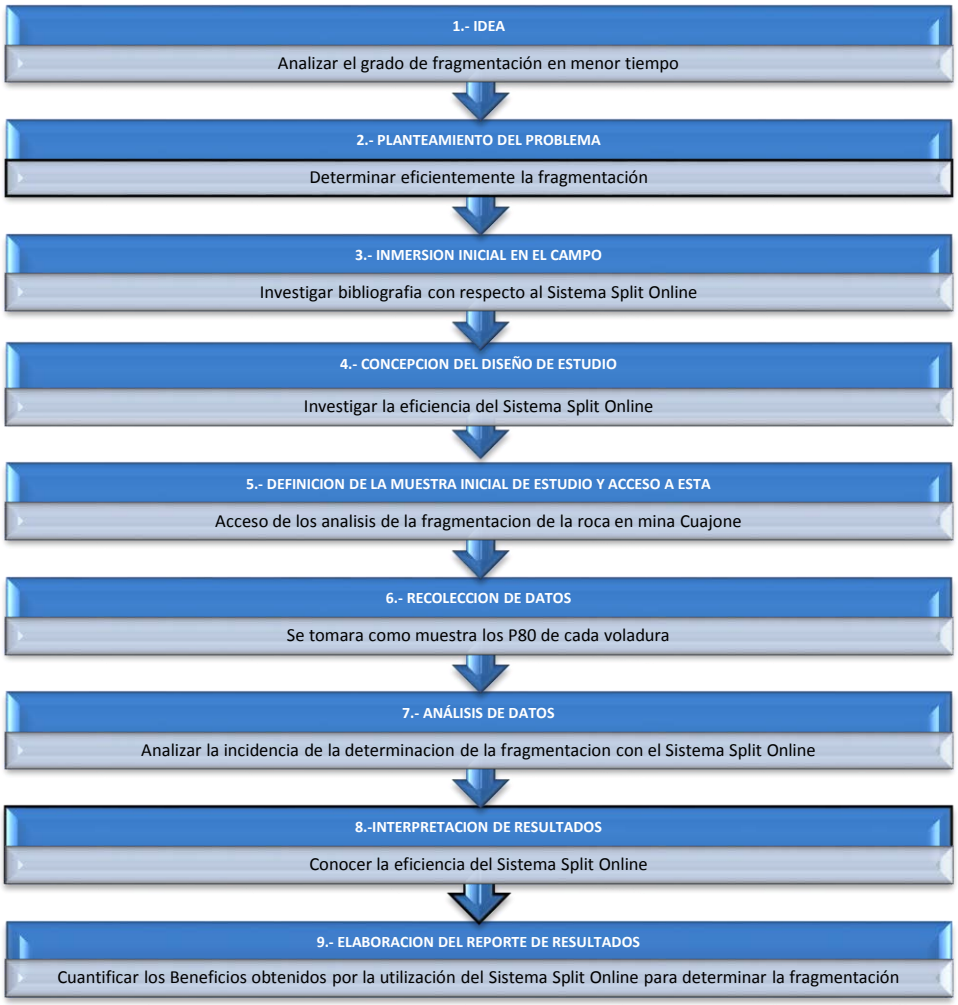


Figura 20: Diseño de investigación
(Fuente: Elaboración propia a partir de Fernandez, Hernandez y Baptista)

4.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN.

El nivel del proyecto de investigación consiste en un estudio de alcance **Descriptivo**, ya que el propósito del presente proyecto de investigación es especificar las propiedades y características de un sistema novedoso y automatizado (Sistema Split Online) para determinar la fragmentación de la roca. Este estudio descriptivo servirá para analizar cómo es y cómo se manifiesta el Sistema Split Online y sus componentes.

4.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.

4.3.1. Variable Independiente.

- Utilización de un adecuado Sistema de análisis granulométrico.
- Grado de representatividad y rapidez en la cuantificación de análisis granulométrico que me brinda el Sistema Split Online.
- Beneficios del Sistema Split Online.

4.3.2. Variable Dependiente.

- Determinar una fragmentación exacta y precisa.
- Eficiencia del Sistema Split Online.
- Utilización del Sistema Split Online.

4.4. POBLACIÓN Y MUESTRA

4.4.1. La Población.

La población de esta investigación son los análisis granulométricos que se obtienen del Sistema Split Online, instalados en las Palas 01, Pala 03, Pala 04, Pala 05 y Pala 06.

4.4.2. Muestra.

Las muestras a las cuales se hará seguimiento son los P80 obtenidos mediante el ajuste de los parámetros de voladura y el sistema Split Online, se tomaran datos de voladura utilizados.

4.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA RECOLECCIÓN DE DATOS

La técnica empleada para la presente investigación es la del registro de la base de datos obtenidos por el sistema Split Online.

Otra herramienta a utilizar son las entrevistas realizadas a profesionales sobre el uso del Split Online para realizar análisis granulométricos.

El principal instrumento utilizado será el Sistema Split Online para la medición de fragmentación en tiempo real.

4.6. VALIDACIÓN Y CONFIABILIDAD DE LOS INTRUMENTOS.

La confiabilidad del Sistema Split Online se basa en que dicho sistema es capaz de tomar muestras de 100 a 500 fotografías por día (durante un promedio de 11 a 12 horas) por frente de minado de cada pala, para su respectivo análisis. Cabe mencionar que actualmente para realizar análisis granulométricos solo se toman 3 fotografías por frente de minado.

Con respecto a la validez del sistema, el Sistema Split Online aplica dos modelos de corrección de análisis granulométrico, el modelo GAUDIN SCHUMANN y ROSIN RAMMLER, la curva de análisis granulométrico que mayor se ajuste al valor verdadero ($R^2 = 1$) será elegida por el Sistema Split Online.

4.7. MÉTODOS Y TÉCNICAS PARA LA PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS

4.7.1. OBSERVACIÓN DIRECTA

Se observará el reporte brindado por el Sistema Split Online sobre la fragmentación obtenida por cada Pala, esto con la finalidad de verificar si efectivamente el Sistema Split Online puede determinar la fragmentación en tiempo real durante todo el día (12 horas).

4.7.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se determinará la fragmentación de varias voladuras con distintos programas de análisis granulométrico (Wipfrag y el Sistema Split

Online) para determinar el grado de error que ofrece cada una de ellas con un nivel de significancia del 95%.

4.7.3. ANÁLISIS DESCRIPTIVO

Se realizará un análisis sobre la influencia que tiene el cambio de parámetros de voladura (Burden, espaciamiento, diseño de carga, explosivo, etc) sobre el grado de fragmentación y los costos de voladura. Para ello se tomaran datos específicos de varios disparos, anotando las fechas y los parámetros que tomó cada voladura.

Cabe mencionar que en paralelo también deberá realizarse una investigación sobre el tiempo de carguío de la Pala.

4.7.4. PRESENTACIÓN

Se recolectarán la mayor cantidad de datos, se tabularan los datos, se realizara un análisis detallado y finalmente se presentarán en forma de gráficos estadísticos y cuadros resumen que permitan el mejor entendimiento de la presente investigación.

CAPITULO V

PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1. PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS.

5.1.1. INSTALACIÓN DEL SISTEMA SPLIT ONLINE

Se instaló el sistema Split Online en cada una de las Palas de la Mina Cuajone, a excepción de las Palas 02 y Pala 07, porque una saldrá de la operación en el 2018 y la otra porque es un nuevo equipo que entro a la operación a mediados del año 2014 respectivamente.

Luego de haberse instalado el sistema Split Online, se logró enlazar la base de datos del Sistema Split Online a la página del Sistema Integral de Operaciones de la Mina Cuajone, el cual es un portal web privado, en el cual el usuario asiste al computador, ingresa al portal web y solicita los reportes sobre el grado de fragmentación emitida por la medición del Sistema Split Online tal como se aprecia en la Figura 21.

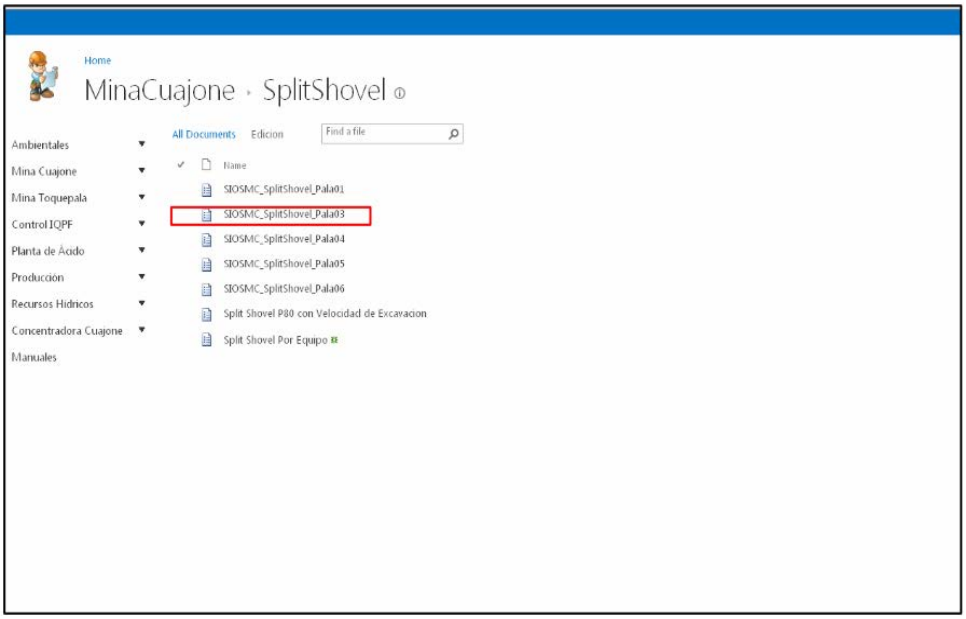


Figura 21: Pantalla del Sistema Integral de Operaciones
(Fuente: Departamento de Perforación y Voladura SPCC – Mina Cuajone)

Como ya se mencionó anteriormente en párrafos anteriores el Sistema Split Online tiene la capacidad de generar una gran variedad de reportes como se muestra en la Figura 22 donde muestra el P80 promedio diario junto a la cantidad de muestra tomadas de la Pala 03

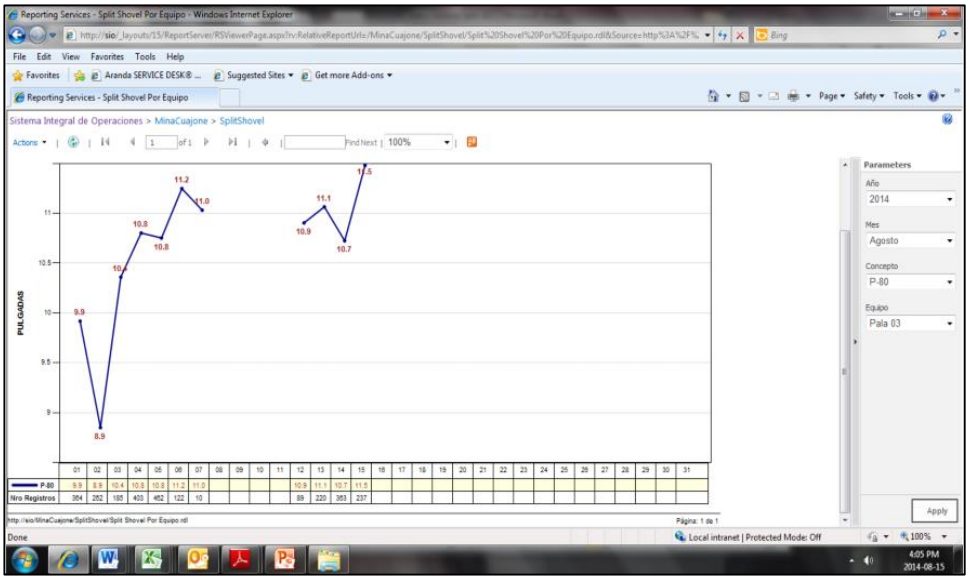


Figura 22: SIO – Reporte del P80 diario
(Fuente: Departamento de Perforación y Voladura SPCC – Mina Cuajone)

La Figura 23 muestra un reporte en donde se visualiza el P80, muestras tomadas, velocidad de excavación de la pala, tonelaje minado de la pala y horas efectivas de las palas. Todos esos parámetros para cada Pala y por cada mes.

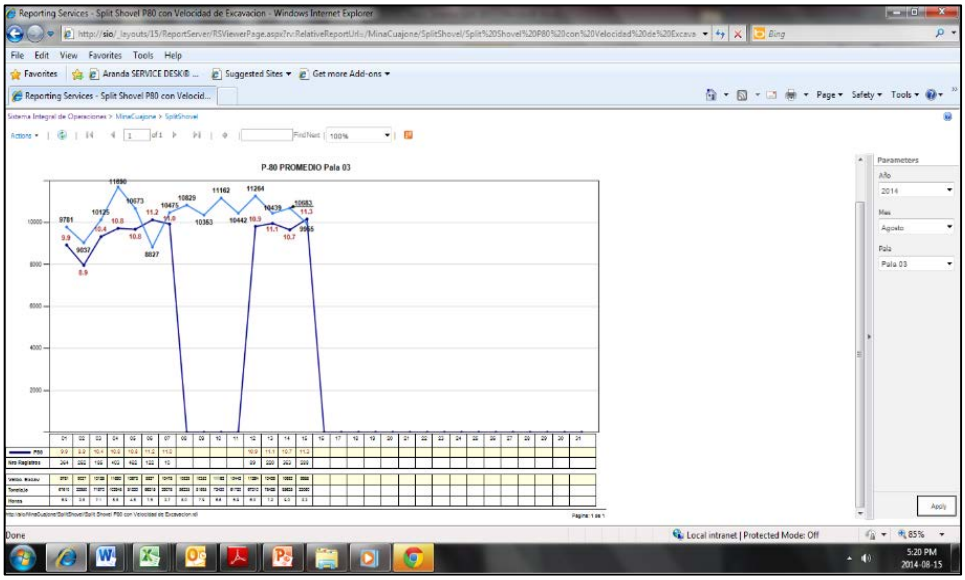


Figura 23: Reporte de P80 vs Velocidad de excavación
(Fuente: Departamento de Perforación y Voladura SPCC – Mina Cuajone)

En el ANEXO 2, se muestra el reporte emitido por el Sistema Split Online en un archivo transferible. Si se requiere también se puede solicitar al personal de Administración de Split Engineering un reporte detallado con la base de datos de la fragmentación de roca en tiempo real tal como se muestra en el ANEXO 3.

5.1.2. REPRESENTATIVIDAD DEL SISTEMA SPLIT ONLINE

Para obtener la representatividad y error que ofrece el sistema Split Online se efectuó un total de 46 pruebas durante los meses de Julio y Agosto 2015, realizando análisis granulométrico con el software Wipfrag y contrastando los resultados con las curvas granulométricas del Split Online.

El ANEXO 4, muestra las fotografías utilizadas para hallar la fragmentación con el software Wipfrag, analizando tres fotos por prueba; dando un total de 138 fotos analizadas durante las pruebas.

A continuación se detallan las 46 pruebas.

5.1.2.1. PRUEBA 01.

La Figura 24, muestra el análisis granulométrico con el software Wipfrag realizado el 20 Julio 2015, a las 04:20 PM.

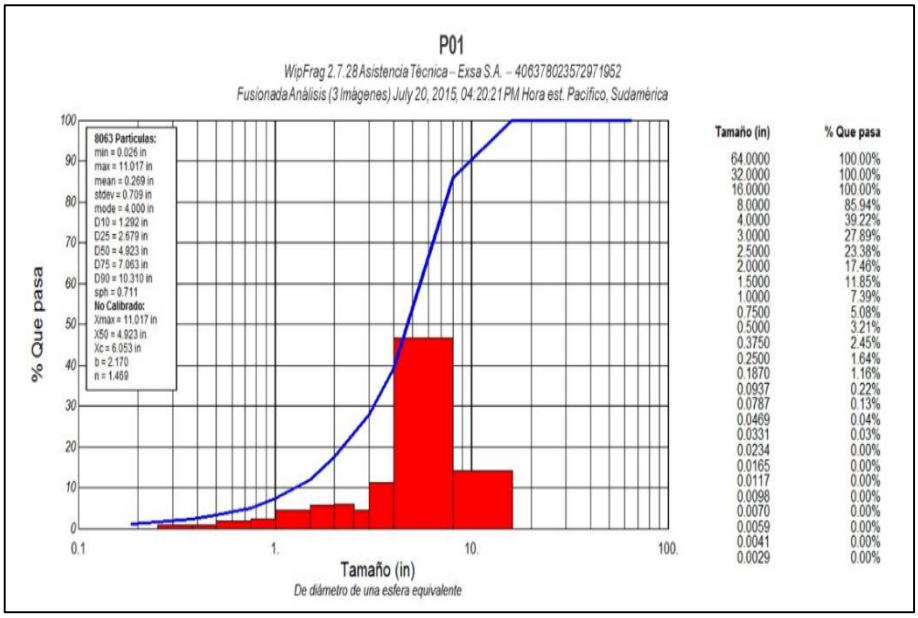


Figura 24: Análisis granulométrico con Wipfrag – Prueba 01
(Fuente: Asistencia Técnica EXSA S.A. – Mina Cuajone)

La Figura 25, muestra el análisis granulométrico - Split Online.

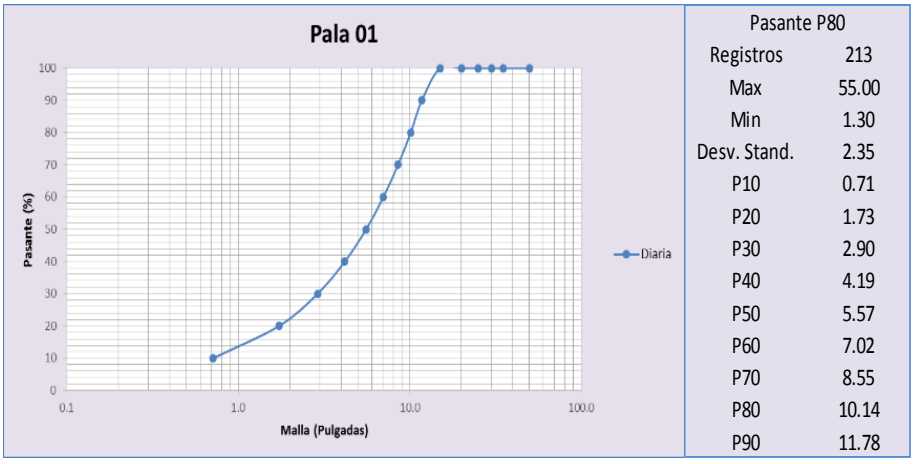


Figura 25: Análisis granulométrico con Split Online – Prueba 01
(Fuente: Administración Split Engineering Chile Ltda. – Mina Cuajone)

5.1.2.2. PRUEBA 02.

La Figura 26, muestra el análisis granulométrico con el software Wipfrag realizado el 20 de Julio 2015, a las 04:40 PM.

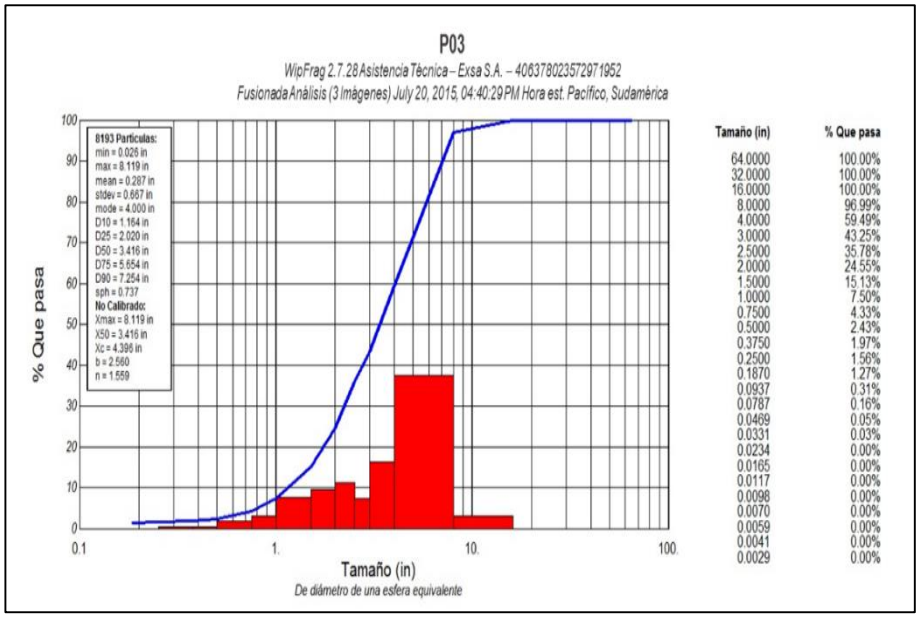


Figura 26: Análisis granulométrico con Wipfrag – Prueba 02
(Fuente: Asistencia Técnica EXSA S.A. – Mina Cuajone)

La Figura 27, muestra el análisis granulométrico - Split Online.

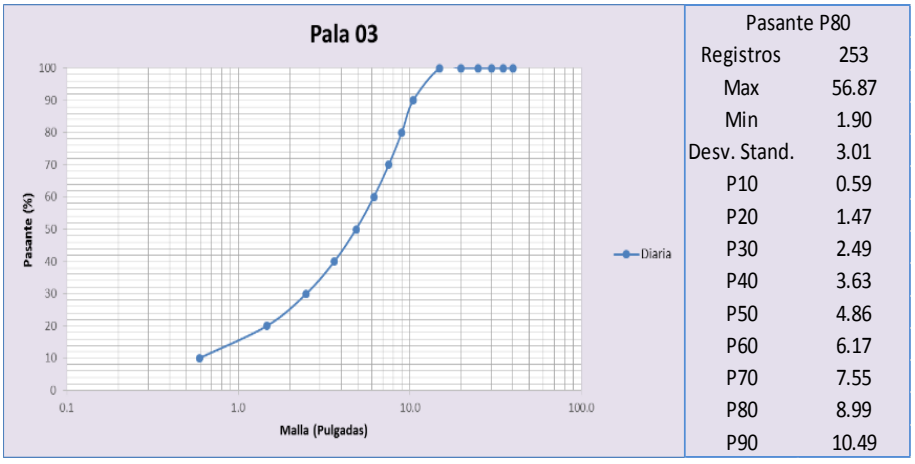


Figura 27: Análisis granulométrico con Split Online – Prueba 02
(Fuente: Administración Split Engineering Chile Ltda. – Mina Cuajone)

5.1.2.3. PRUEBA 03.

La Figura 28, muestra el análisis granulométrico con el software Wipfrag realizado el 21 de Julio 2015, a las 05:26 PM.

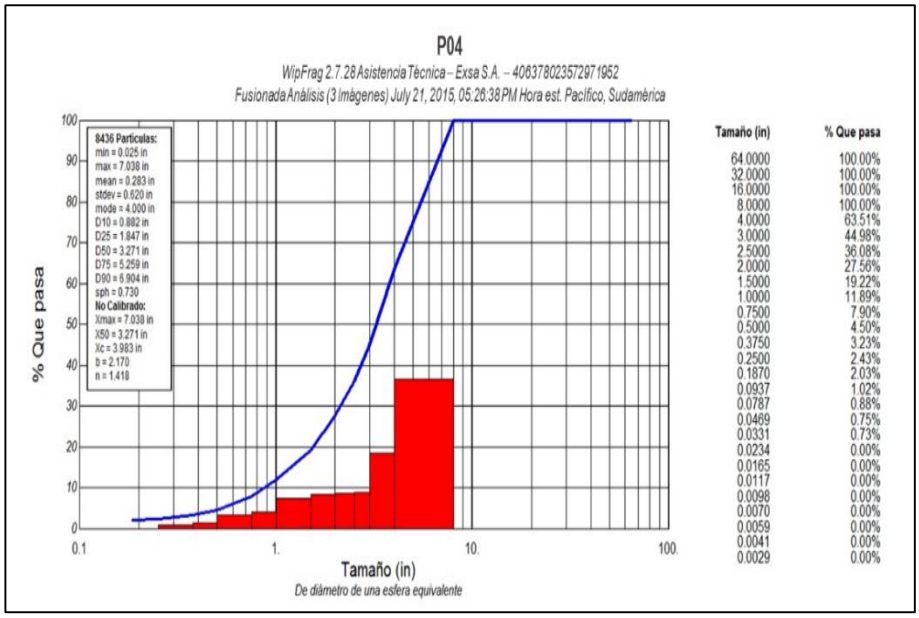


Figura 28: Análisis granulométrico con Wipfrag – Prueba 03 (Fuente: Asistencia Técnica EXSA S.A. – Mina Cuajone)

La Figura 29, muestra el análisis granulométrico - Split Online.

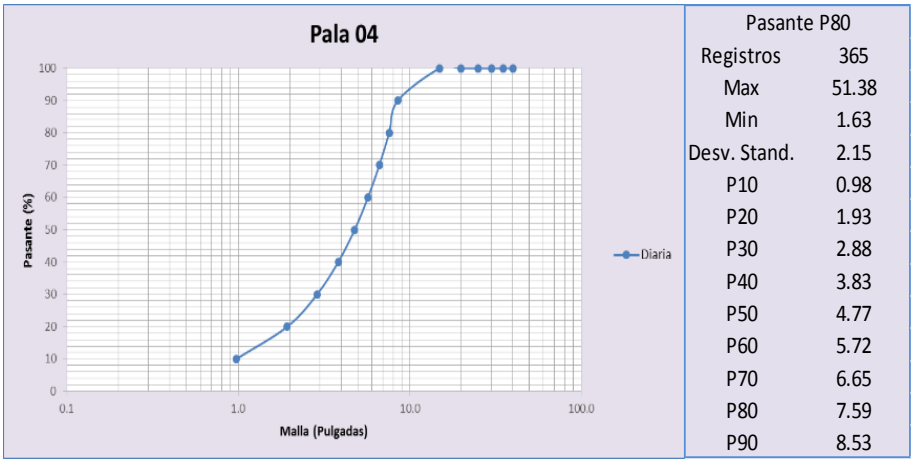


Figura 29: Análisis granulométrico con Split Online – Prueba 03 (Fuente: Administración Split Engineering Chile Ltda. – Mina Cuajone)

5.1.2.4. PRUEBA 04.

La Figura 30, muestra el análisis granulométrico con el software Wipfrag realizado el 21 de Julio 2015, a las 05:32 PM.

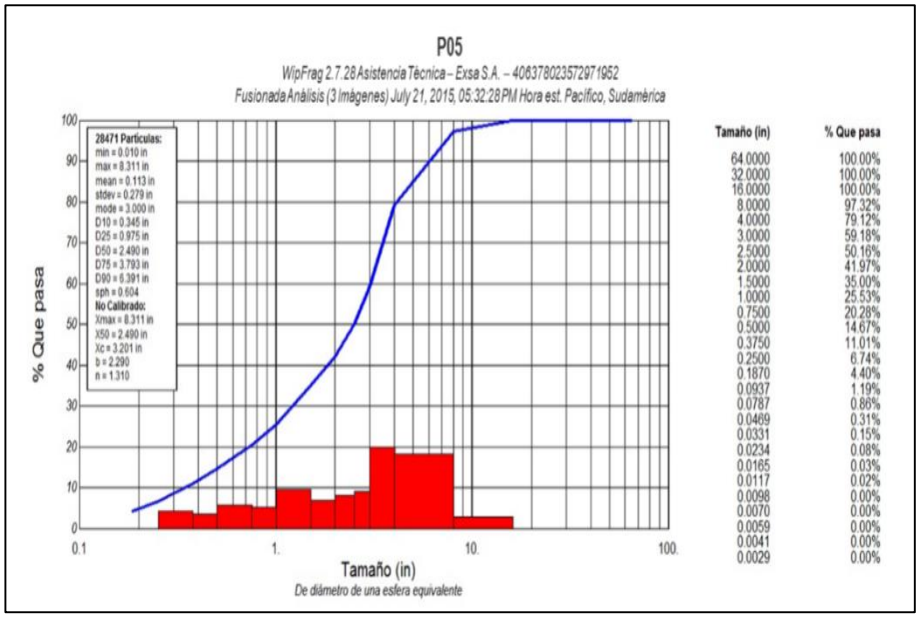


Figura 30: Análisis granulométrico con Wipfrag – Prueba 04 (Fuente: Asistencia Técnica EXSA S.A. – Mina Cuajone)

La Figura 31, muestra el análisis granulométrico - Split Online.

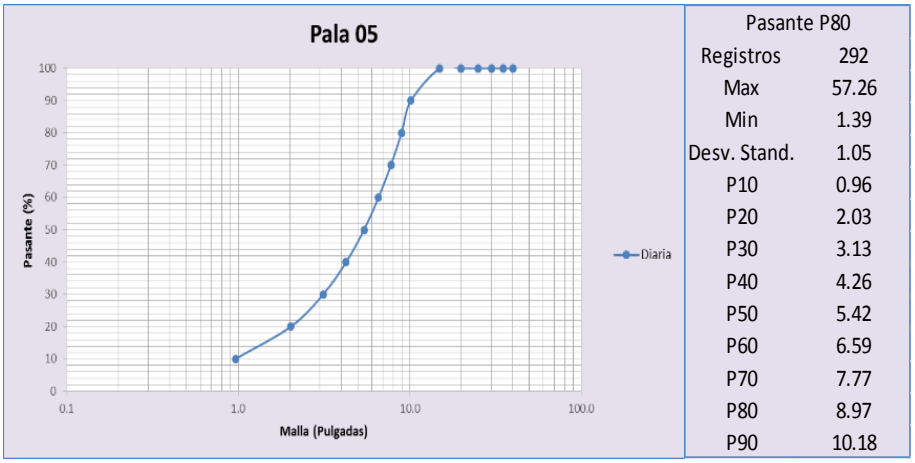


Figura 31: Análisis granulométrico con Split Online – Prueba 04 (Fuente: Administración Split Engineering Chile Ltda. – Mina Cuajone)

5.1.2.5. PRUEBA 05

La Figura 32, muestra el análisis granulométrico con el software Wipfrag realizado el 22 de Julio 2015, a las 05:59 PM.

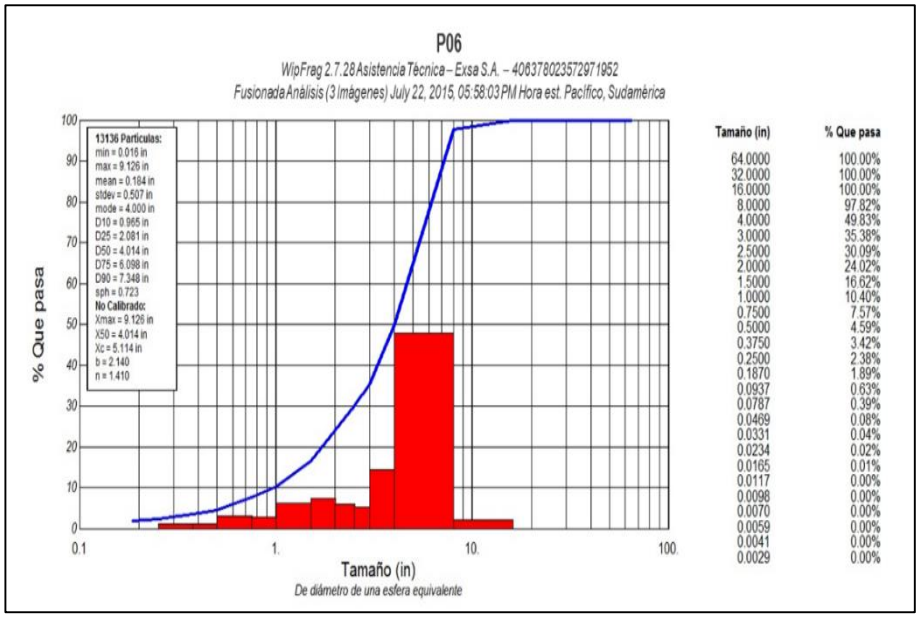


Figura 32: Análisis granulométrico con Wipfrag – Prueba 05 (Fuente: Asistencia Técnica EXSA S.A. – Mina Cuajone)

La Figura 33, muestra el análisis granulométrico - Split Online.

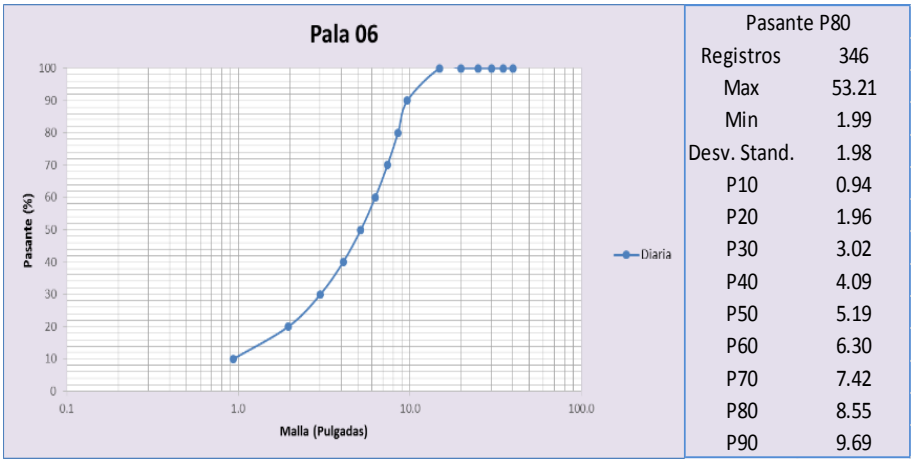


Figura 33: Análisis granulométrico con Split Online – Prueba 05 (Fuente: Administración Split Engineering Chile Ltda. – Mina Cuajone)

5.1.2.6. PRUEBA 06

La Figura 34, muestra el análisis granulométrico con el software Wipfrag realizado el 22 de Julio 2015, a las 06:05 PM.

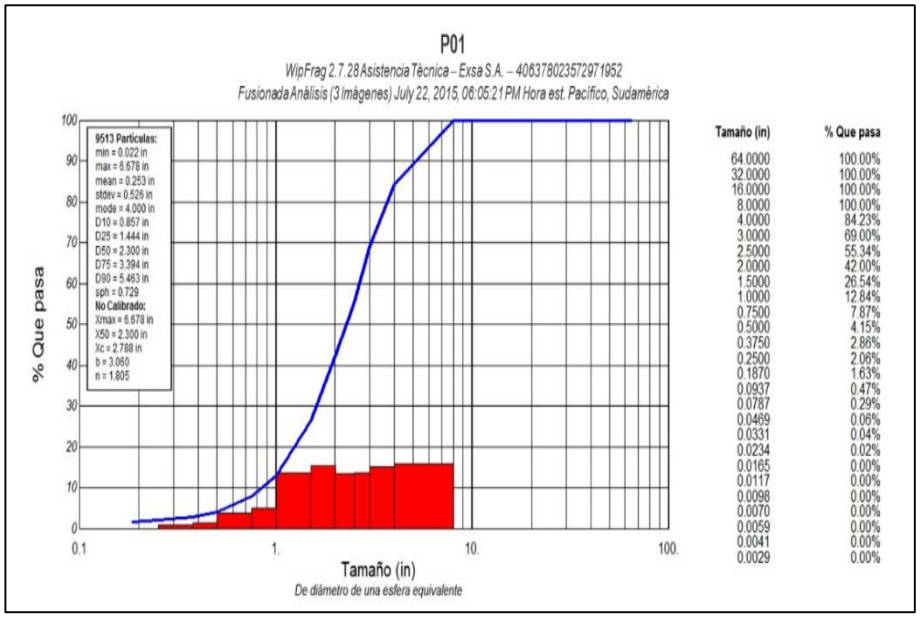


Figura 34: Análisis granulométrico con Wipfrag – Prueba 06 (Fuente: Asistencia Técnica EXSA S.A. – Mina Cuajone)

La Figura 35, muestra el análisis granulométrico - Split Online.

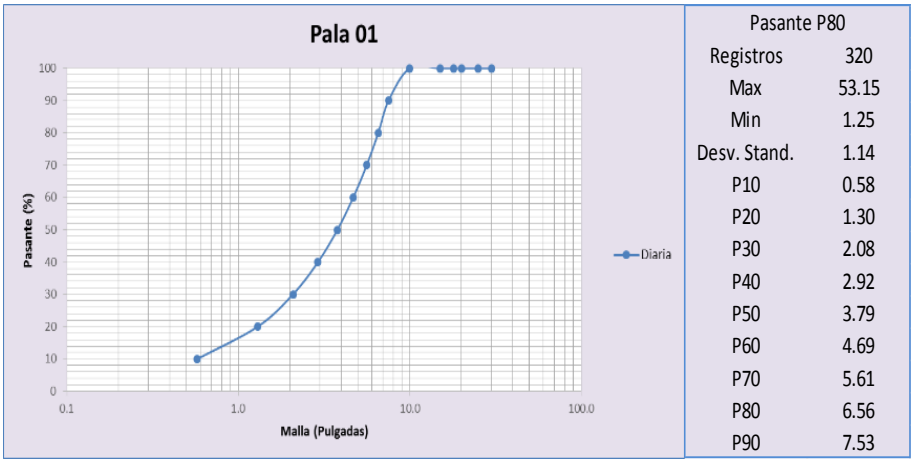


Figura 35: Análisis granulométrico con Split Online – Prueba 06 (Fuente: Administración Split Engineering Chile Ltda. – Mina Cuajone)

5.1.2.7. PRUEBA 07.

La Figura 36, muestra el análisis granulométrico con el software Wipfrag realizado el 30 de Julio 2015, a las 05:42 PM.

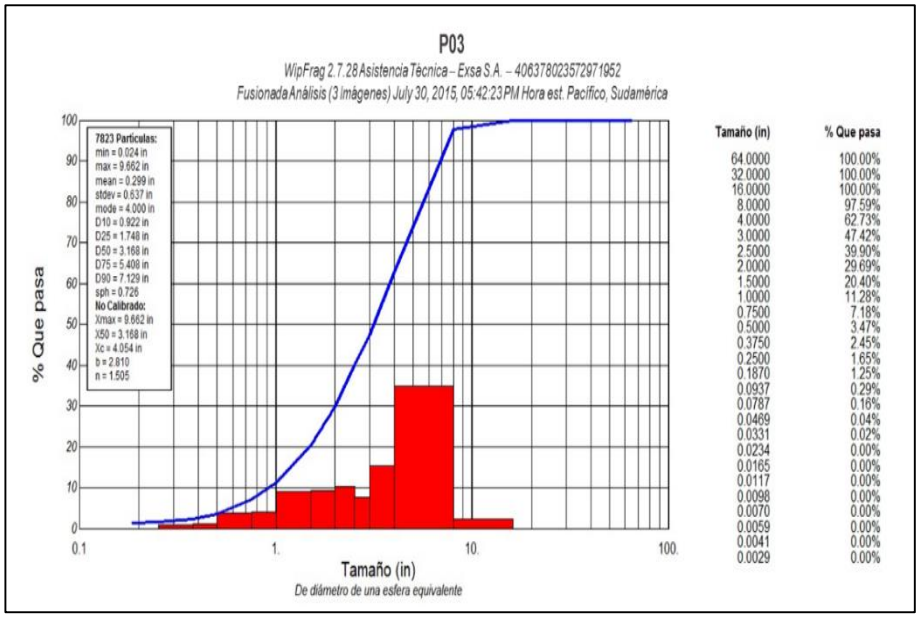


Figura 36: Análisis granulométrico con Wipfrag – Prueba 07 (Fuente: Asistencia Técnica EXSA S.A. – Mina Cuajone)

La Figura 37, muestra el análisis granulométrico - Split Online.

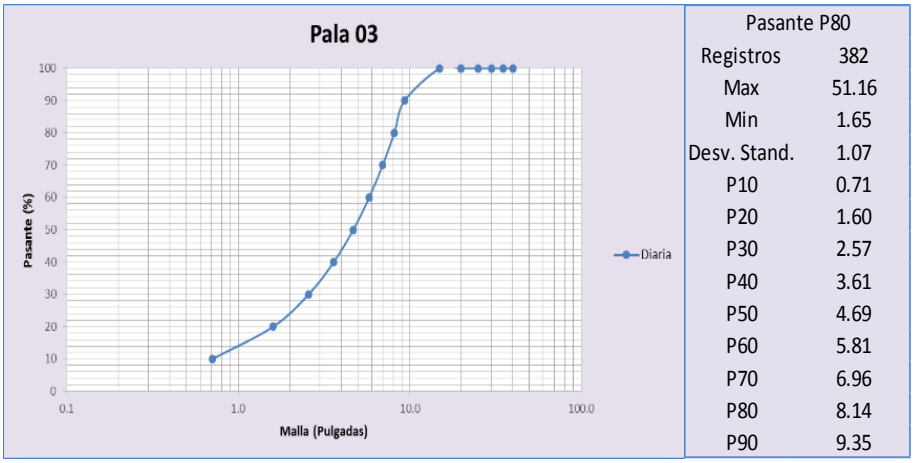


Figura 37: Análisis granulométrico con Split Online – Prueba 07 (Fuente: Administración Split Engineering Chile Ltda. – Mina Cuajone)

5.1.2.8. PRUEBA 08

La Figura 38, muestra el análisis granulométrico con el software Wipfrag realizado el 31 de Julio 2015, a las 04:30 PM.

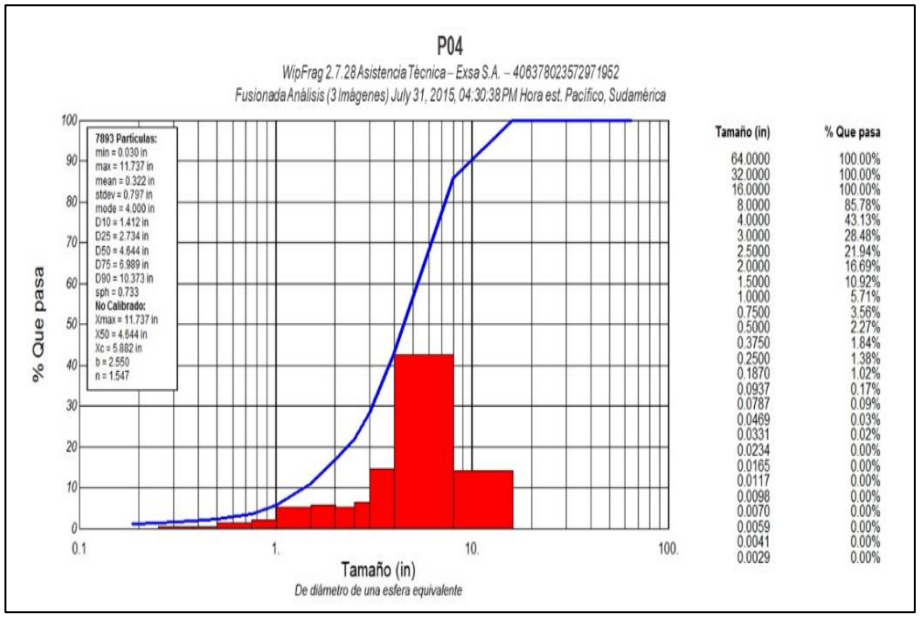


Figura 38: Análisis granulométrico con Wipfrag – Prueba 08 (Fuente: Asistencia Técnica EXSA S.A. – Mina Cuajone)

La Figura 39, muestra el análisis granulométrico - Split Online.

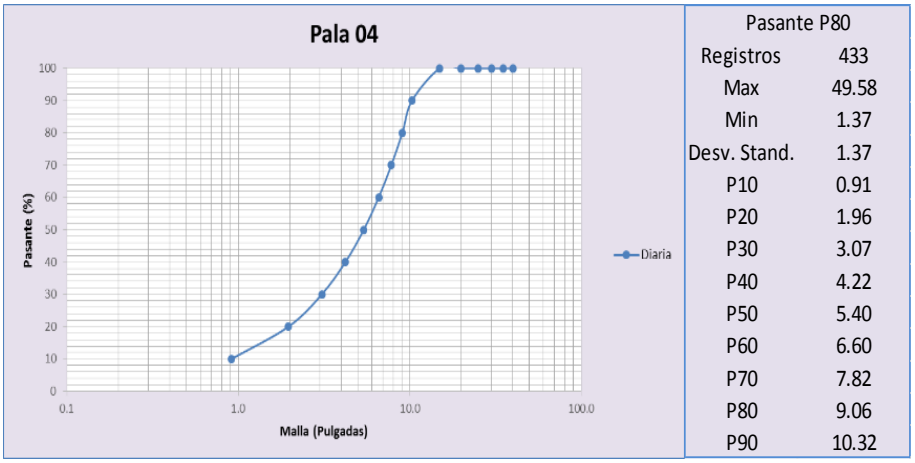


Figura 39: Análisis granulométrico con Split Online – Prueba 08 (Fuente: Administración Split Engineering Chile Ltda. – Mina Cuajone)

5.1.2.9. PRUEBA 09

La Figura 40, muestra el análisis granulométrico con el software Wipfrag realizado el 31 de Julio 2015, a las 04:39 PM.

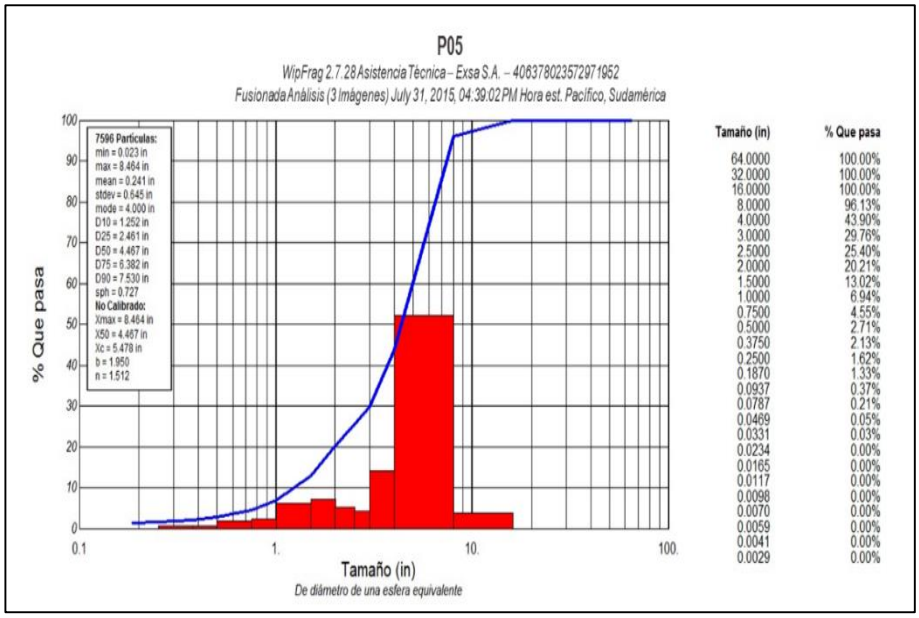


Figura 40: Análisis granulométrico con Wipfrag – Prueba 09
(Fuente: Asistencia Técnica EXSA S.A. – Mina Cuajone)

La Figura 41, muestra el análisis granulométrico - Split Online.

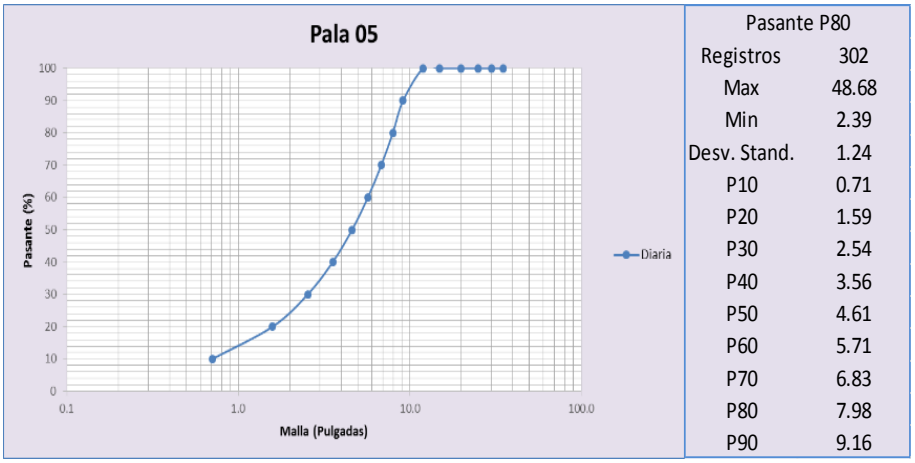


Figura 41: Análisis granulométrico con Split Online – Prueba 09
(Fuente: Administración Split Engineering Chile Ltda. – Mina Cuajone)

5.1.2.10. PRUEBA 10

La Figura 42, muestra el análisis granulométrico con el software Wipfrag realizado el 01 de Agosto 2015, a las 06:03 PM.

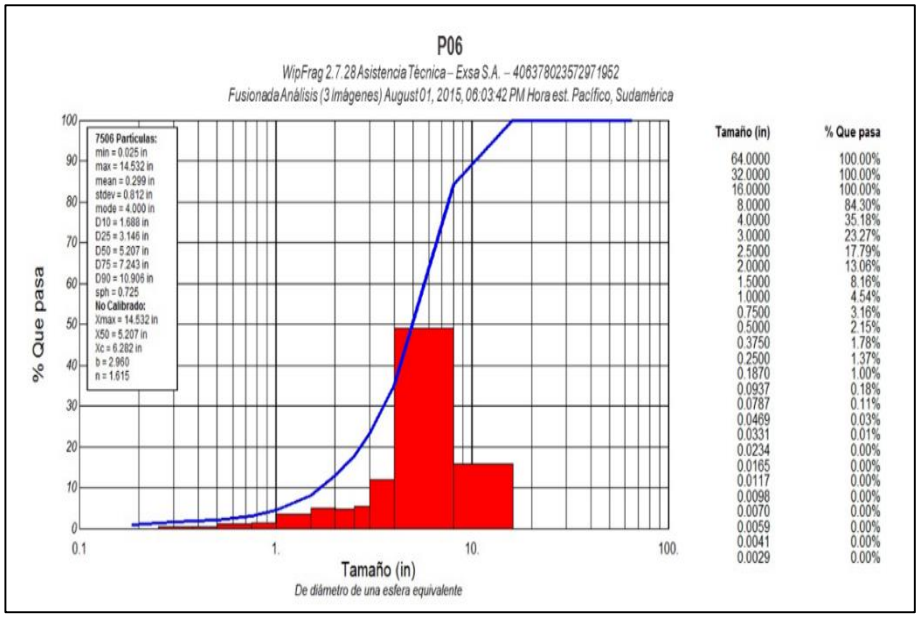


Figura 42: Análisis granulométrico con Wipfrag – Prueba 10 (Fuente: Asistencia Técnica EXSA S.A. – Mina Cuajone)

La Figura 43, muestra el análisis granulométrico - Split Online.

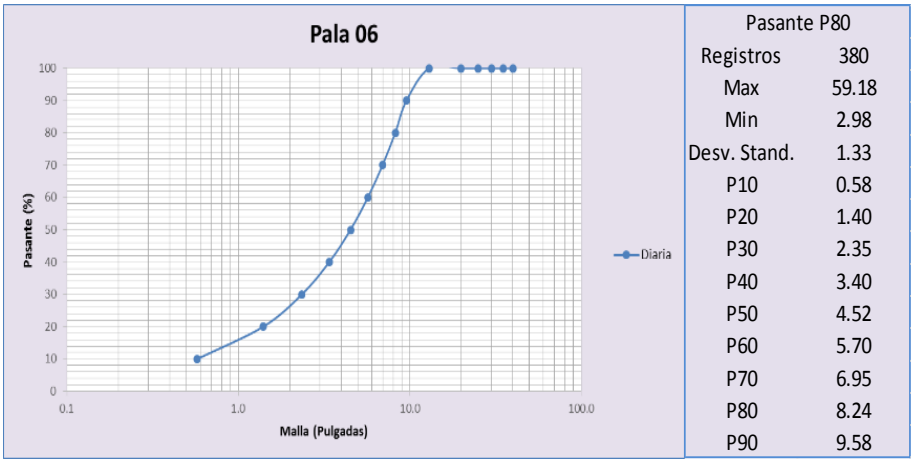


Figura 43: Análisis granulométrico con Split Online – Prueba 10 (Fuente: Administración Split Engineering Chile Ltda. – Mina Cuajone)

5.1.2.11. PRUEBA 11

La Figura 44, muestra el análisis granulométrico con el software Wipfrag realizado el 01 de Agosto 2015, a las 06:22 PM.

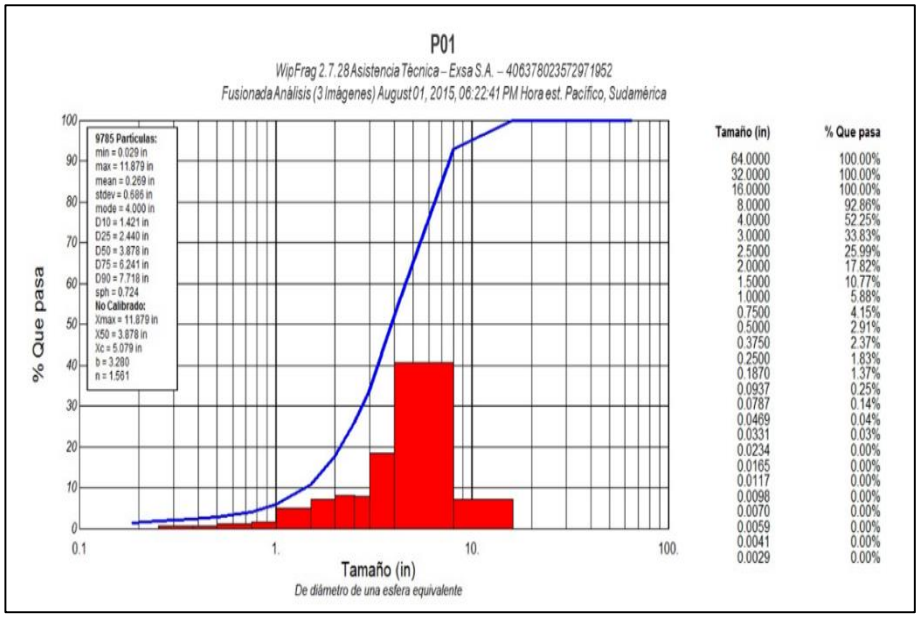


Figura 44: Análisis granulométrico con Wipfrag – Prueba 11 (Fuente: Asistencia Técnica EXSA S.A. – Mina Cuajone)

La Figura 45, muestra el análisis granulométrico - Split Online.

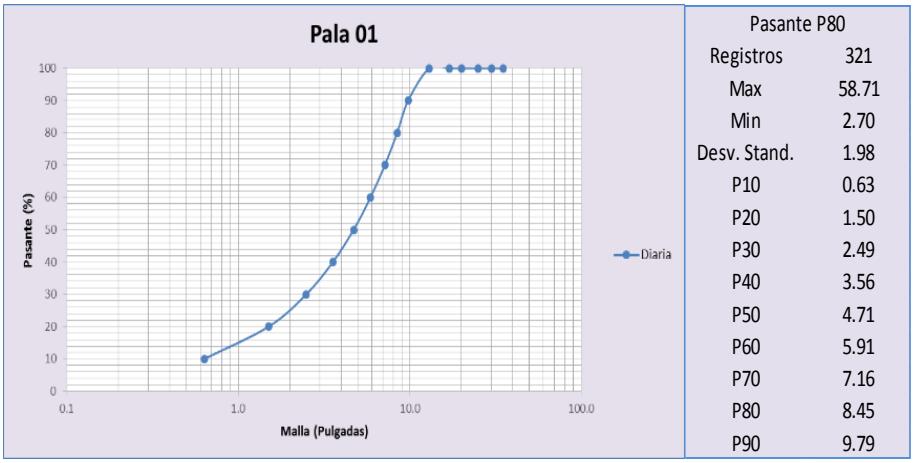


Figura 45: Análisis granulométrico con Split Online – Prueba 11 (Fuente: Administración Split Engineering Chile Ltda. – Mina Cuajone)

5.1.2.12. PRUEBA 12

La Figura 46, muestra el análisis granulométrico con el software Wipfrag realizado el 02 de Agosto 2015, a las 07:06 PM.

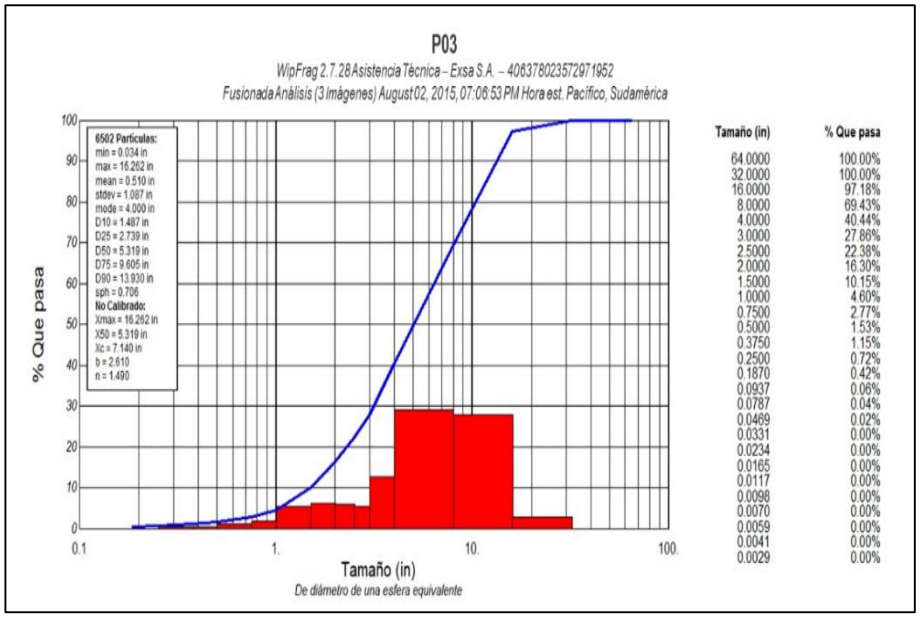


Figura 46: Análisis granulométrico con Wipfrag – Prueba 12 (Fuente: Asistencia Técnica EXSA S.A. – Mina Cuajone)

La Figura 47, muestra el análisis granulométrico - Split Online.

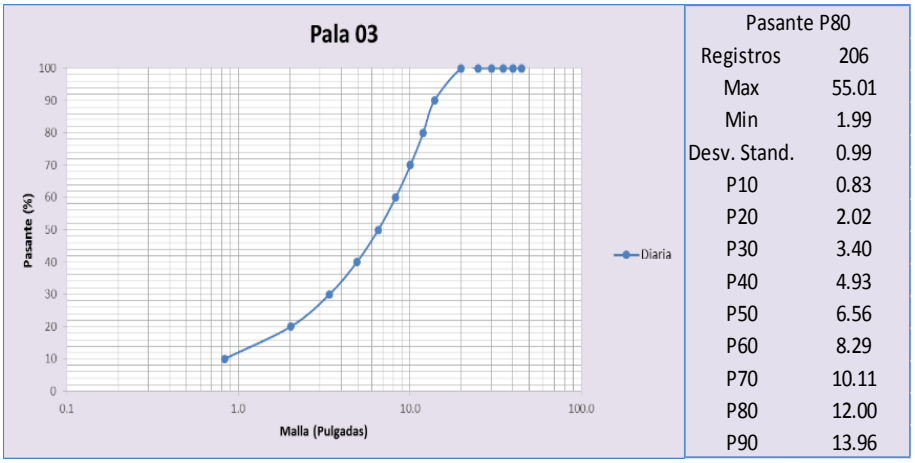


Figura 47: Análisis granulométrico con Split Online – Prueba 12 (Fuente: Administración Split Engineering Chile Ltda. – Mina Cuajone)

5.1.2.13. PRUEBA 13

La Figura 48, muestra el análisis granulométrico con el software Wipfrag realizado el 03 de Agosto 2015, a las 07:12 PM.

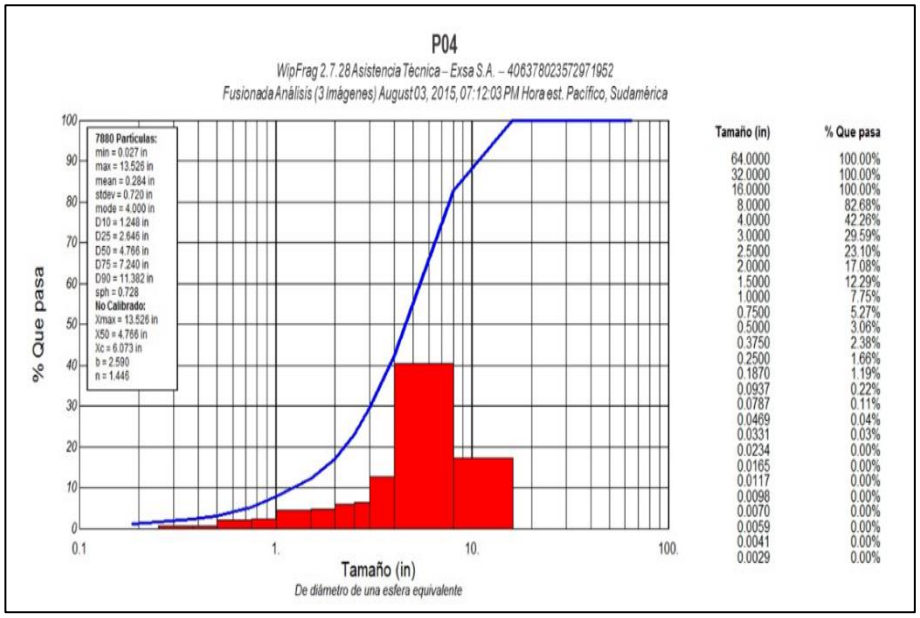


Figura 48: Análisis granulométrico con Wipfrag – Prueba 13
(Fuente: Asistencia Técnica EXSA S.A. – Mina Cuajone)

La Figura 49, muestra el análisis granulométrico - Split Online.

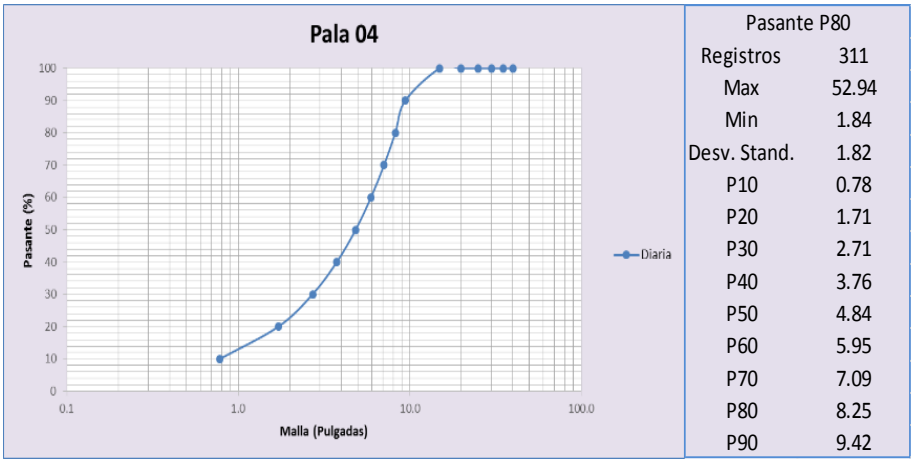


Figura 49: Análisis granulométrico con Split Online – Prueba 13
(Fuente: Administración Split Engineering Chile Ltda. – Mina Cuajone)

5.1.2.14. PRUEBA 14

La Figura 50, muestra el análisis granulométrico con el software Wipfrag realizado el 03 de Agosto 2015, a las 07:12 PM.

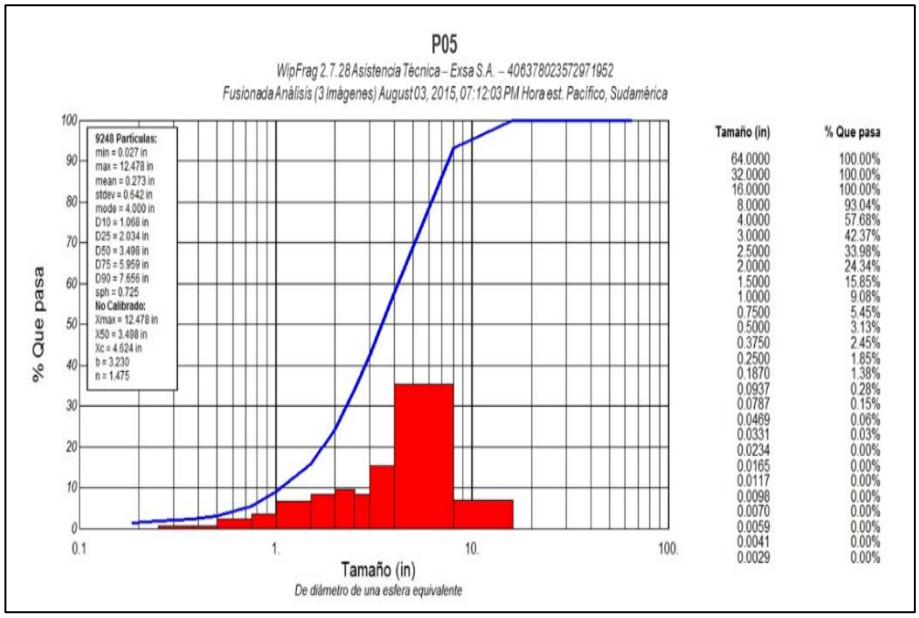


Figura 50: Análisis granulométrico con Wipfrag – Prueba 14
(Fuente: Asistencia Técnica EXSA S.A. – Mina Cuajone)

La Figura 51, muestra el análisis granulométrico - Split Online.

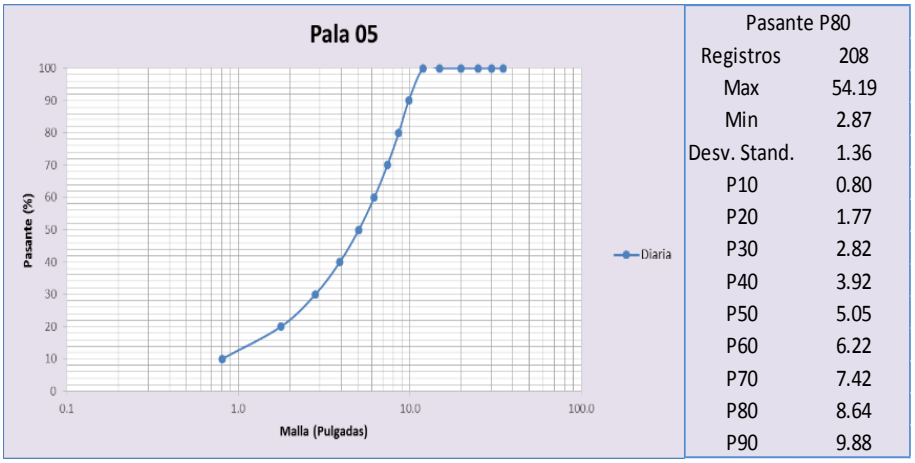


Figura 51: Análisis granulométrico con Split Online – Prueba 14
(Fuente: Administración Split Engineering Chile Ltda. – Mina Cuajone)

5.1.2.15. PRUEBA 15

La Figura 52, muestra el análisis granulométrico con el software Wipfrag realizado el 04 de Agosto 2015, a las 07:24 PM.

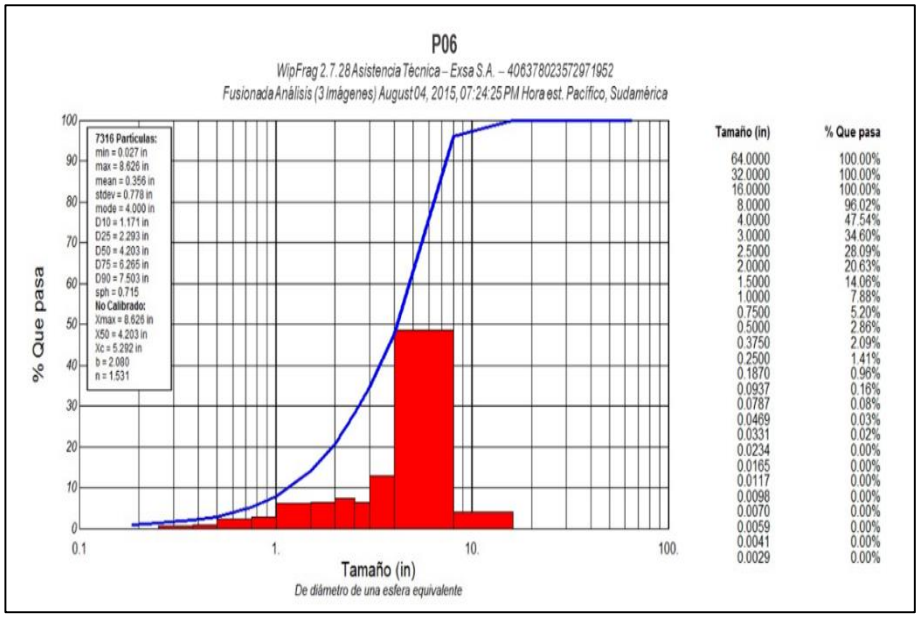


Figura 52: Análisis granulométrico con Wipfrag – Prueba 15 (Fuente: Asistencia Técnica EXSA S.A. – Mina Cuajone)

La Figura 53, muestra el análisis granulométrico - Split Online.

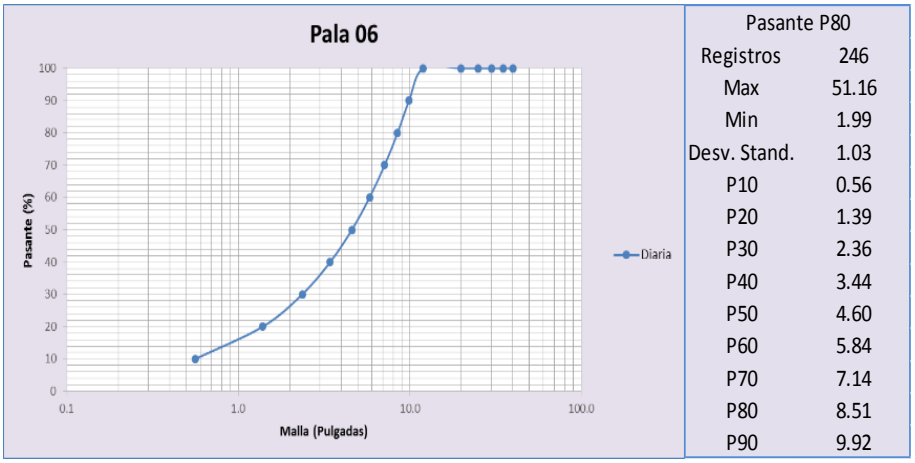


Figura 53: Análisis granulométrico con Split Online – Prueba 15 (Fuente: Administración Split Engineering Chile Ltda. – Mina Cuajone)

5.1.2.16. PRUEBA 16

La Figura 54, muestra el análisis granulométrico con el software Wipfrag realizado el 04 de Agosto 2015, a las 07:32 PM.

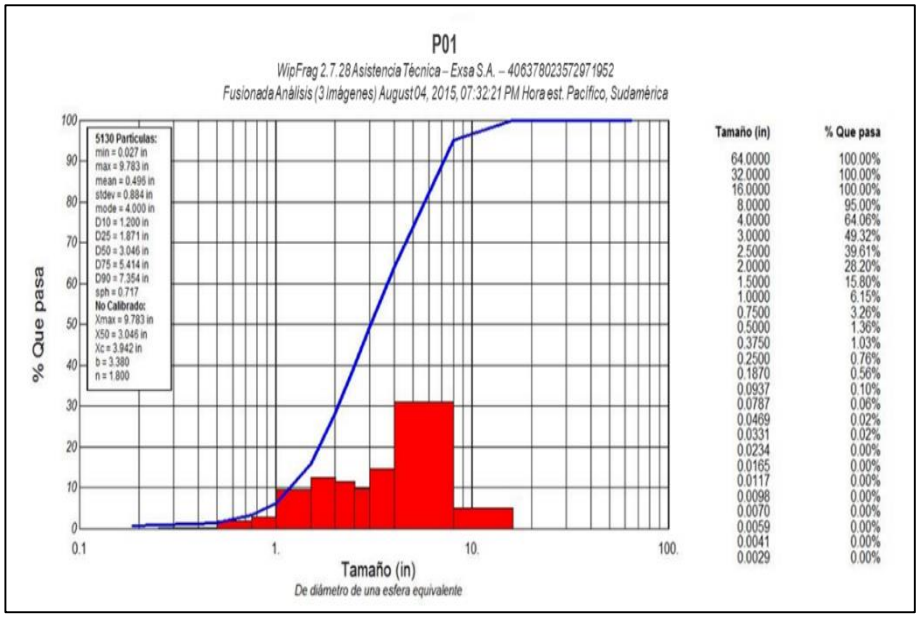


Figura 54: Análisis granulométrico con Wipfrag – Prueba 16 (Fuente: Asistencia Técnica EXSA S.A. – Mina Cuajone)

La Figura 55, muestra el análisis granulométrico - Split Online.

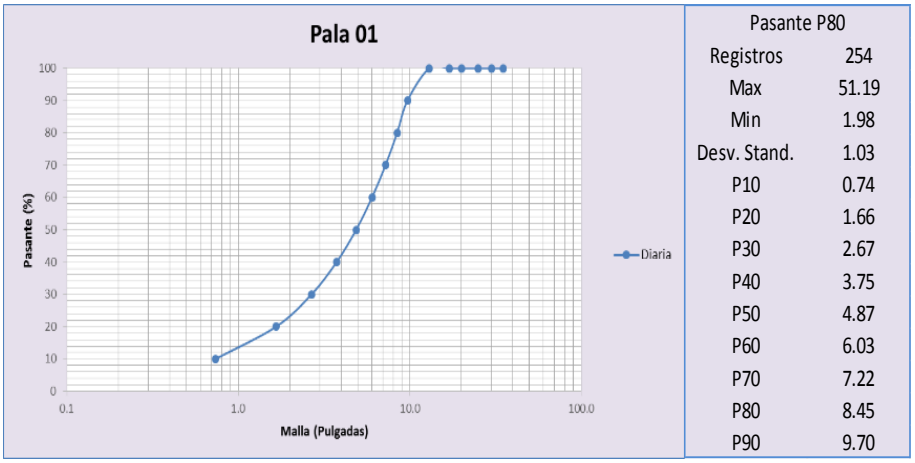


Figura 55: Análisis granulométrico con Split Online – Prueba 16 (Fuente: Administración Split Engineering Chile Ltda. – Mina Cuajone)

5.1.2.17. PRUEBA 17

La Figura 56, muestra el análisis granulométrico con el software Wipfrag realizado el 05 de Agosto 2015, a las 06:57 PM.

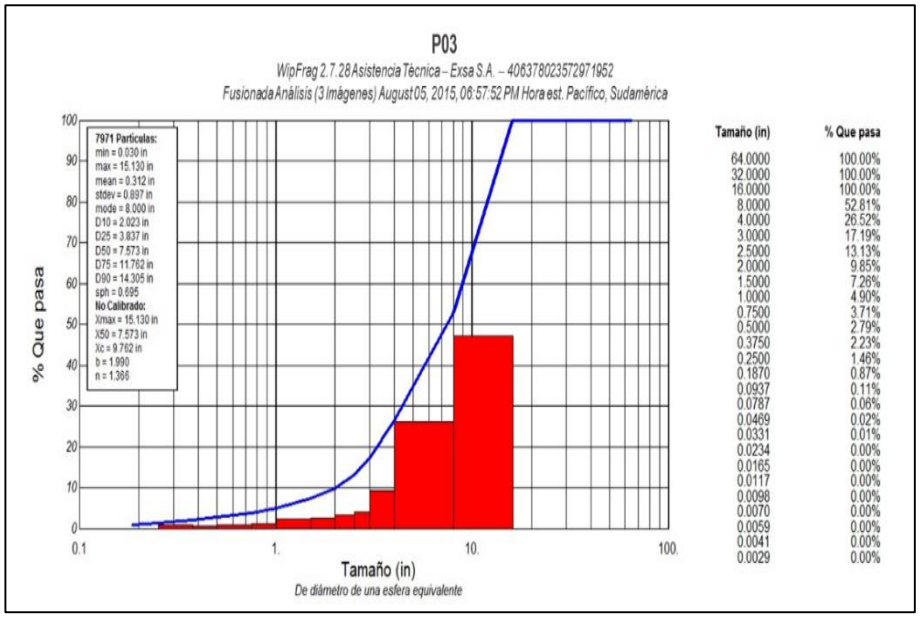


Figura 56: Análisis granulométrico con Wipfrag – Prueba 17
(Fuente: Asistencia Técnica EXSA S.A. – Mina Cuajone)

La Figura 57, muestra el análisis granulométrico - Split Online.

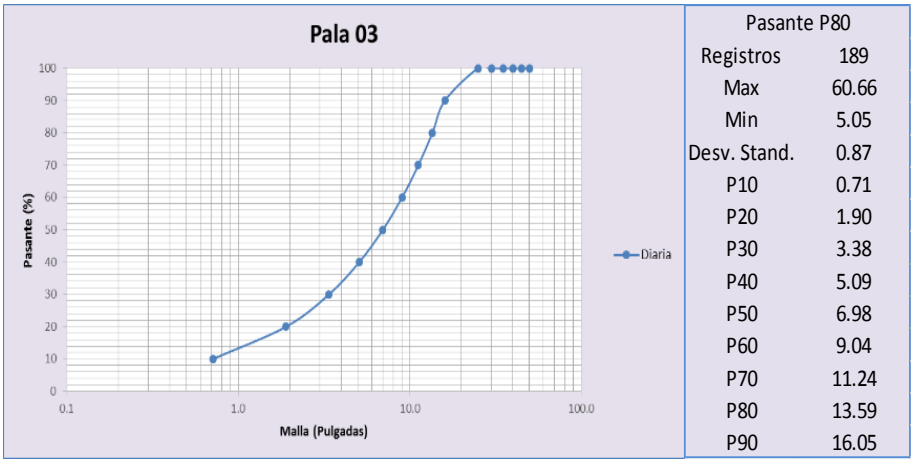


Figura 57: Análisis granulométrico con Split Online – Prueba 17
(Fuente: Administración Split Engineering Chile Ltda. – Mina Cuajone)

5.1.2.18. PRUEBA 18

La Figura 58, muestra el análisis granulométrico con el software Wipfrag realizado el 06 de Agosto 2015, a las 06:36 PM.

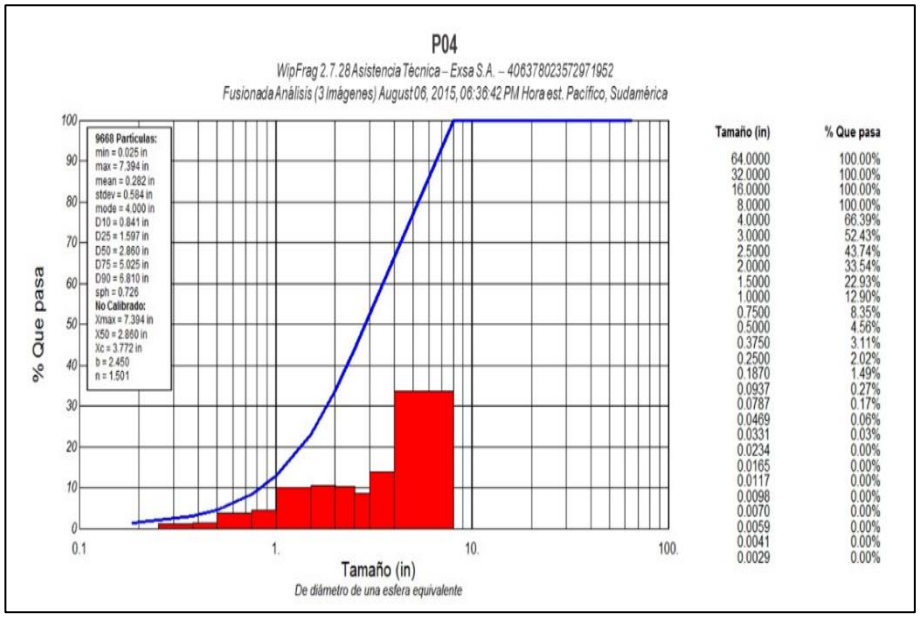


Figura 58: Análisis granulométrico con Wipfrag – Prueba 18
(Fuente: Asistencia Técnica EXSA S.A. – Mina Cuajone)

La Figura 59, muestra el análisis granulométrico - Split Online.

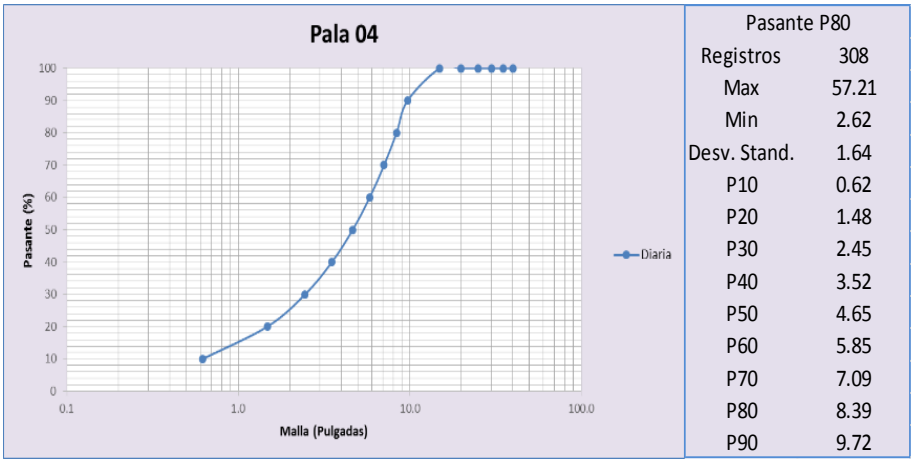


Figura 59: Análisis granulométrico con Split Online – Prueba 18
(Fuente: Administración Split Engineering Chile Ltda. – Mina Cuajone)

5.1.2.19. PRUEBA 19

La Figura 60, muestra el análisis granulométrico con el software Wipfrag realizado el 06 de Agosto 2015, a las 06:52 PM.

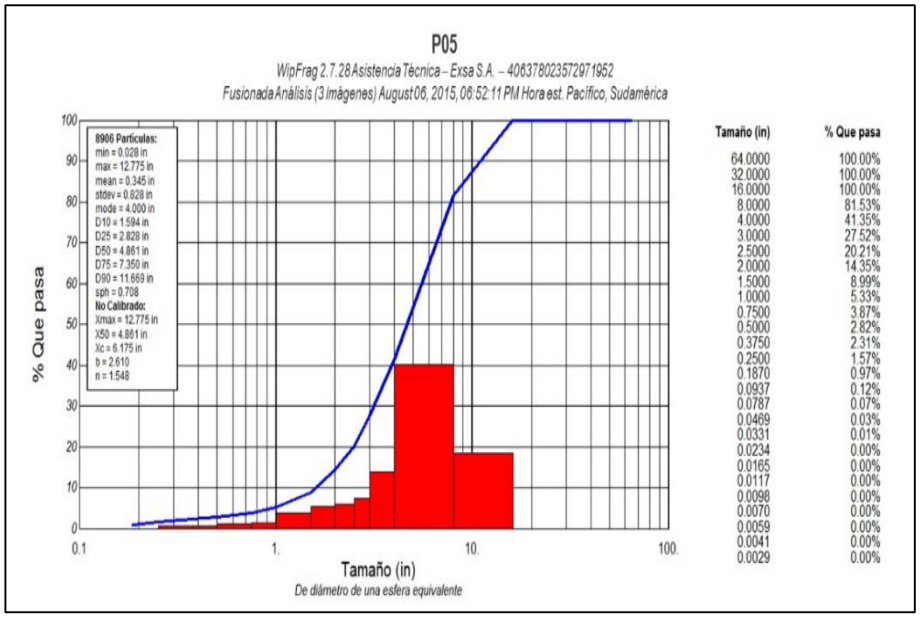


Figura 60: Análisis granulométrico con Wipfrag – Prueba 19
(Fuente: Asistencia Técnica EXSA S.A. – Mina Cuajone)

La Figura 61, muestra el análisis granulométrico - Split Online.

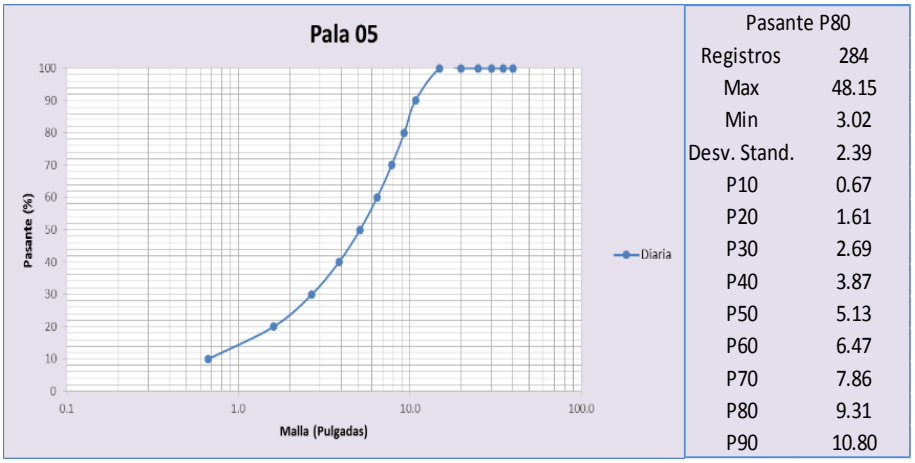


Figura 61: Análisis granulométrico con Split Online – Prueba 19
(Fuente: Administración Split Engineering Chile Ltda. – Mina Cuajone)

5.1.2.20. PRUEBA 20

La Figura 62, muestra el análisis granulométrico con el software Wipfrag realizado el 07 de Agosto 2015, a las 05:42 PM.

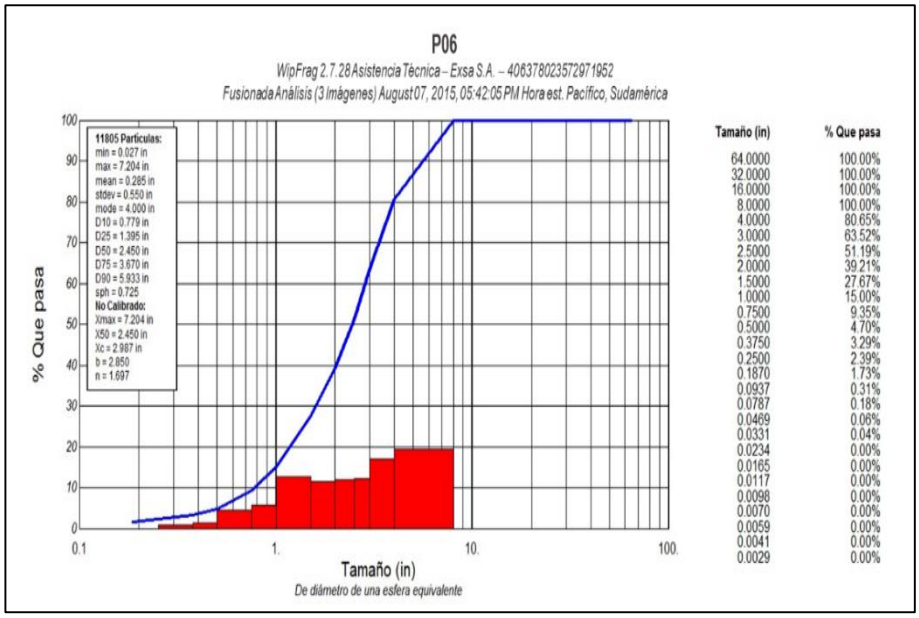


Figura 62: Análisis granulométrico con Wipfrag – Prueba 20 (Fuente: Asistencia Técnica EXSA S.A. – Mina Cuajone)

La Figura 63, muestra el análisis granulométrico - Split Online.

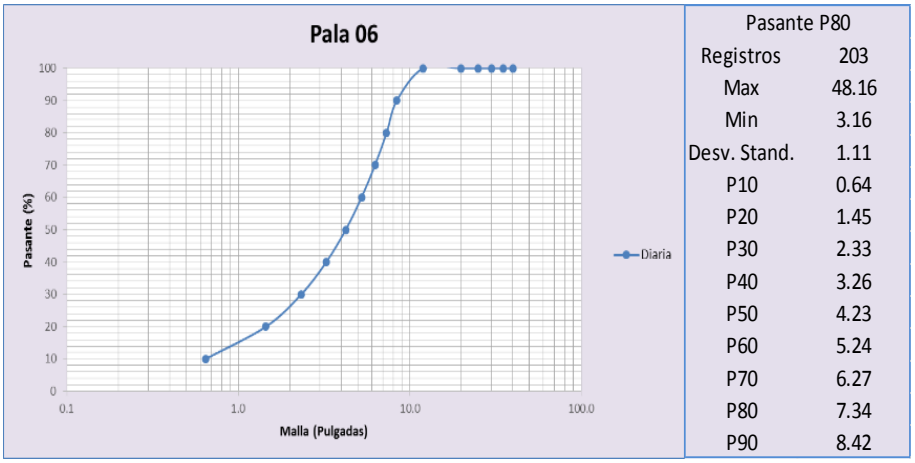


Figura 63: Análisis granulométrico con Split Online – Prueba 20 (Fuente: Administración Split Engineering Chile Ltda. – Mina Cuajone)

5.1.2.21. PRUEBA 21

La Figura 64, muestra el análisis granulométrico con el software Wipfrag realizado el 07 de Agosto 2015, a las 05:58 PM.

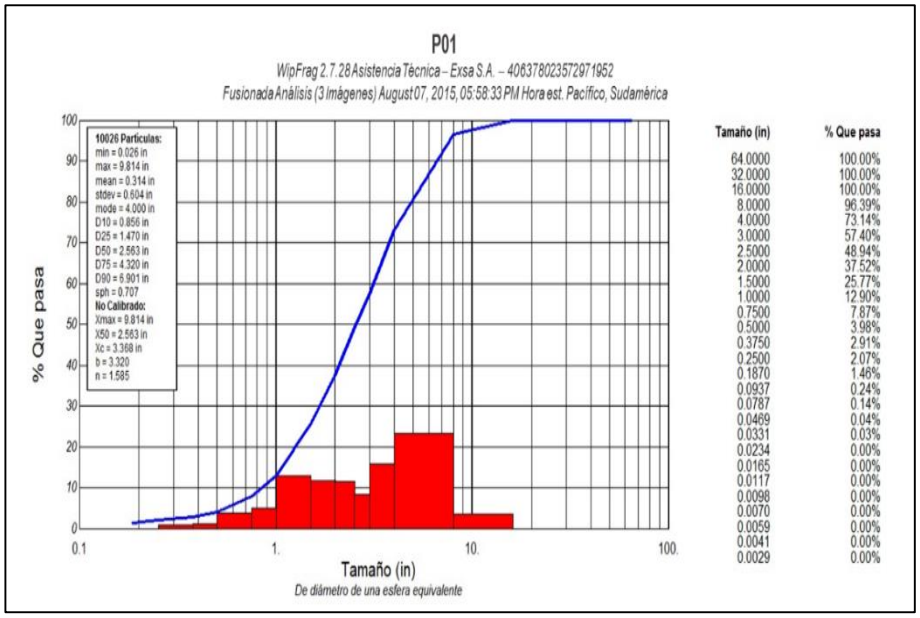


Figura 64: Análisis granulométrico con Wipfrag – Prueba 21 (Fuente: Asistencia Técnica EXSA S.A. – Mina Cuajone)

La Figura 65, muestra el análisis granulométrico - Split Online.

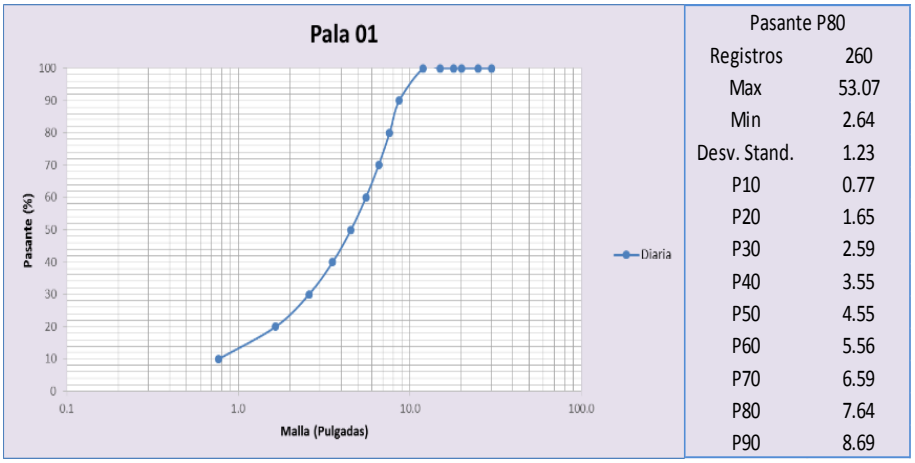


Figura 65: Análisis granulométrico con Split Online – Prueba 21 (Fuente: Administración Split Engineering Chile Ltda. – Mina Cuajone)

5.1.2.22. PRUEBA 22

La Figura 66, muestra el análisis granulométrico con el software Wipfrag realizado el 10 de Agosto 2015, a las 06:31 PM.

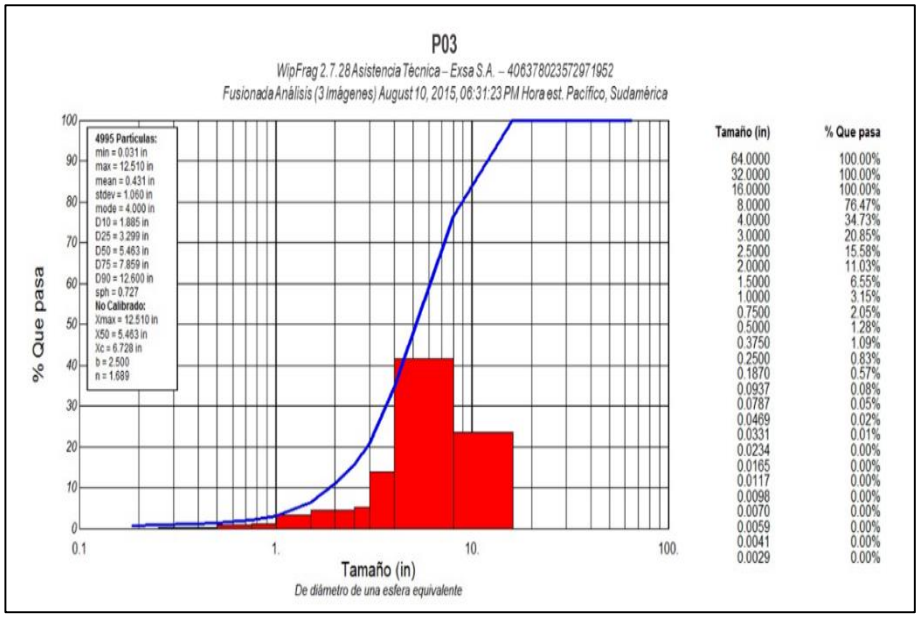


Figura 66: Análisis granulométrico con Wipfrag – Prueba 22
(Fuente: Asistencia Técnica EXSA S.A. – Mina Cuajone)

La Figura 67, muestra el análisis granulométrico - Split Online.

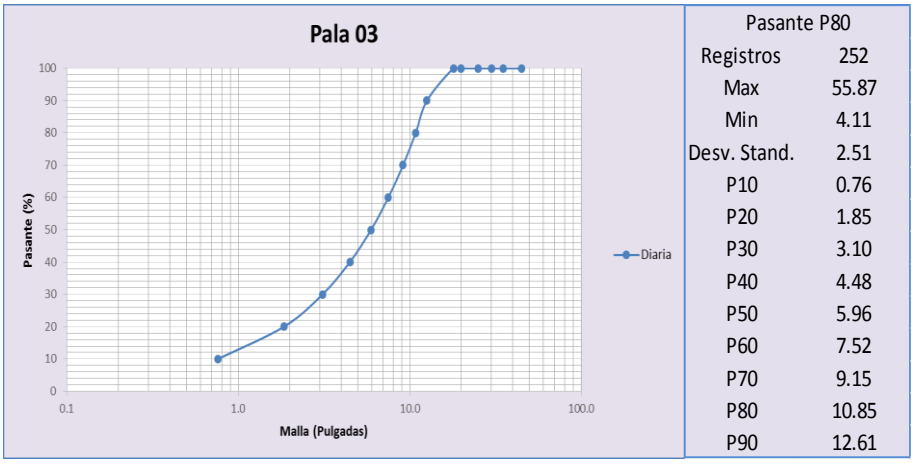


Figura 67: Análisis granulométrico con Split Online – Prueba 22
(Fuente: Administración Split Engineering Chile Ltda. – Mina Cuajone)

5.1.2.23. PRUEBA 23

La Figura 68, muestra el análisis granulométrico con el software Wipfrag realizado el 11 de Agosto 2015, a las 05:29 PM.

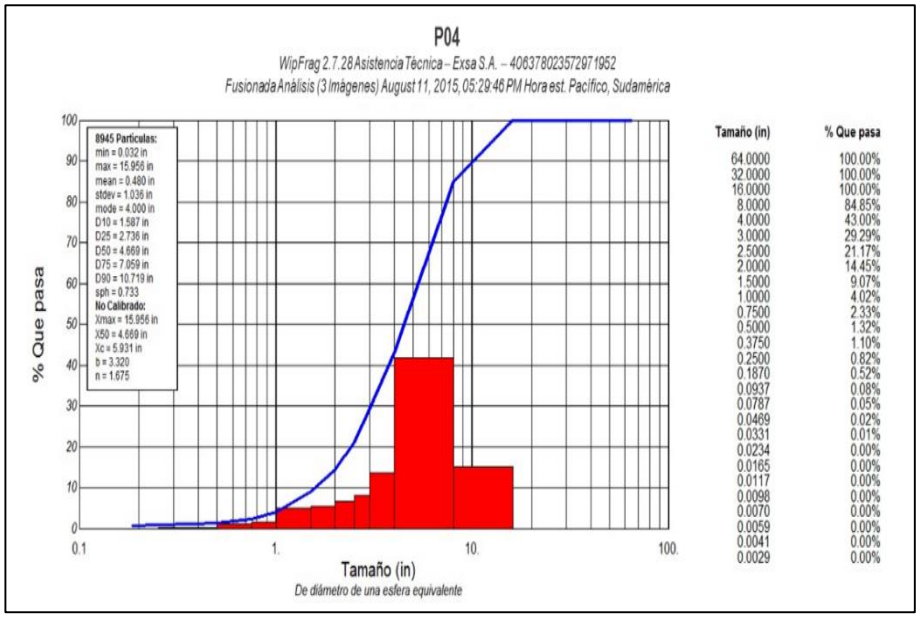


Figura 68: Análisis granulométrico con Wipfrag – Prueba 23 (Fuente: Asistencia Técnica EXSA S.A. – Mina Cuajone)

La Figura 69, muestra el análisis granulométrico - Split Online.

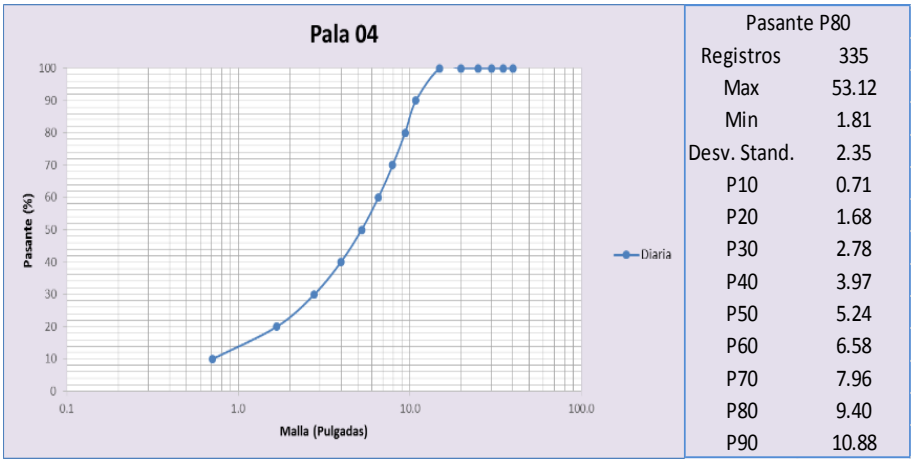


Figura 69: Análisis granulométrico con Split Online – Prueba 23 (Fuente: Administración Split Engineering Chile Ltda. – Mina Cuajone)

5.1.2.24. PRUEBA 24

La Figura 70, muestra el análisis granulométrico con el software Wipfrag realizado el 11 de Agosto 2015, a las 05:39 PM.

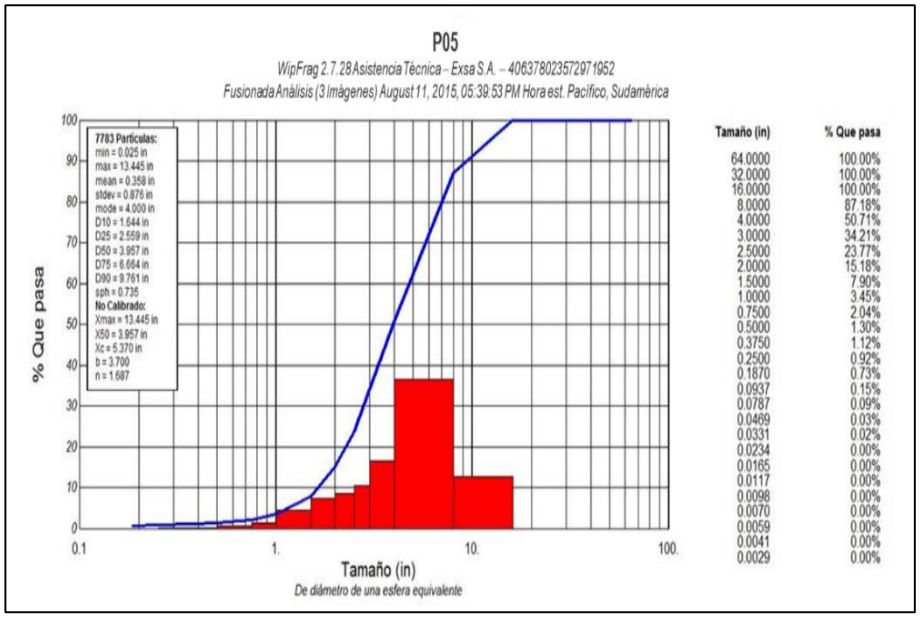


Figura 70: Análisis granulométrico con Wipfrag – Prueba 24 (Fuente: Asistencia Técnica EXSA S.A. – Mina Cuajone)

La Figura 71, muestra el análisis granulométrico - Split Online.

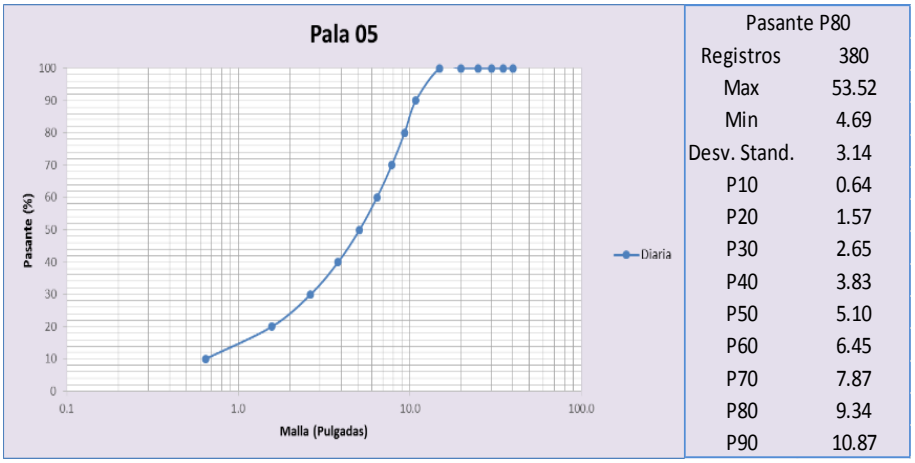


Figura 71: Análisis granulométrico con Split Online – Prueba 24 (Fuente: Administración Split Engineering Chile Ltda. – Mina Cuajone)

5.1.2.25. PRUEBA 25

La Figura 72, muestra el análisis granulométrico con el software Wipfrag realizado el 12 de Agosto 2015, a las 07:32 PM.

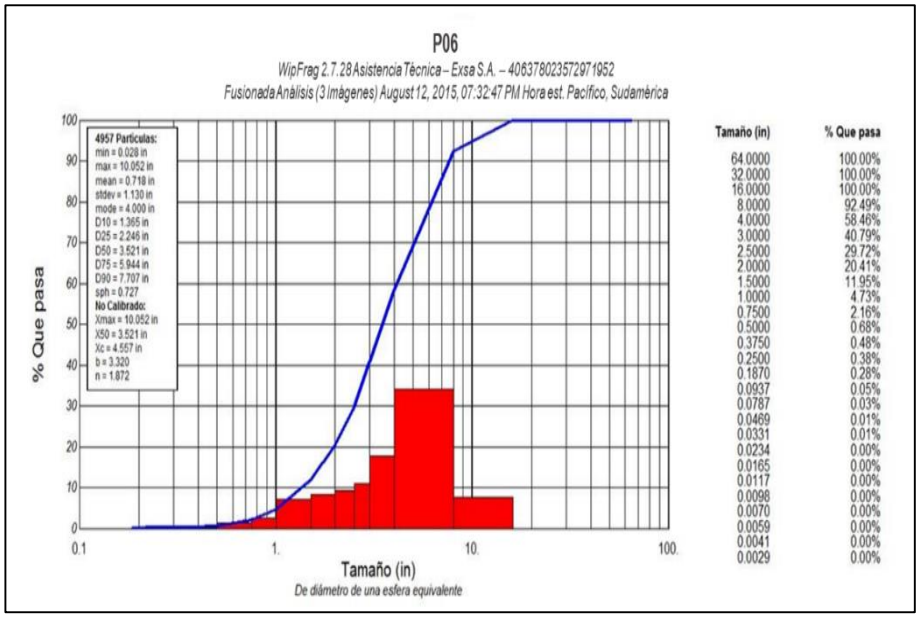


Figura 72: Análisis granulométrico con Wipfrag – Prueba 25 (Fuente: Asistencia Técnica EXSA S.A. – Mina Cuajone)

La Figura 73, muestra el análisis granulométrico - Split Online.

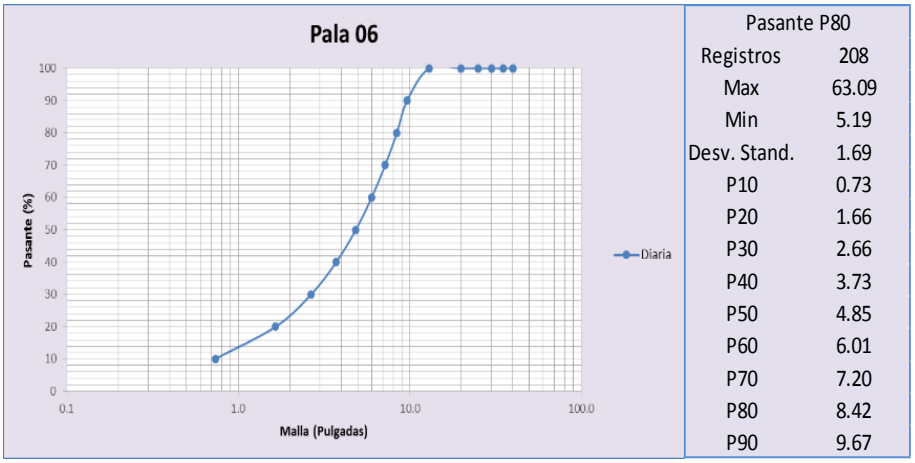


Figura 73: Análisis granulométrico con Split Online – Prueba 25 (Fuente: Administración Split Engineering Chile Ltda. – Mina Cuajone)

5.1.2.26. PRUEBA 26

La Figura 74, muestra el análisis granulométrico con el software Wipfrag realizado el 12 de Agosto 2015, a las 05:59 PM.

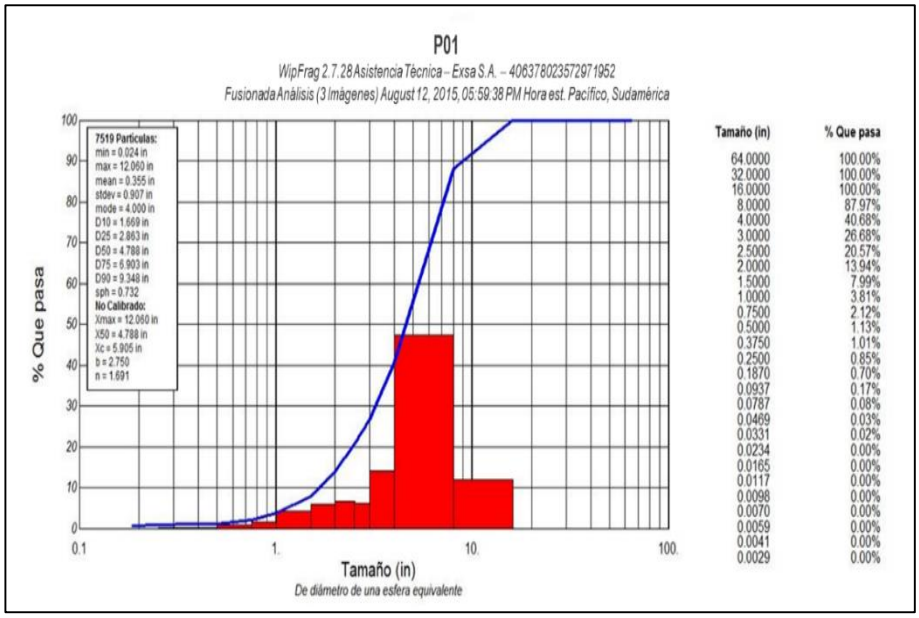


Figura 74: Análisis granulométrico con Wipfrag – Prueba 26 (Fuente: Asistencia Técnica EXSA S.A. – Mina Cuajone)

La Figura 75, muestra el análisis granulométrico - Split Online.

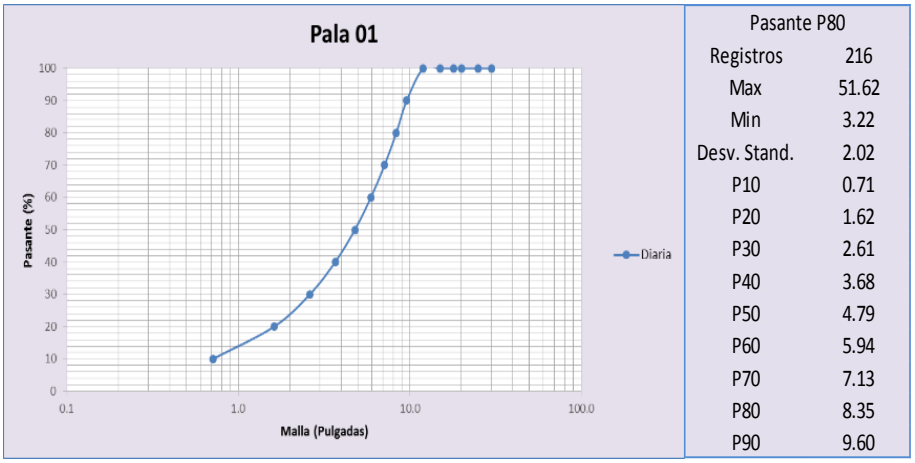


Figura 75: Análisis granulométrico con Split Online – Prueba 26 (Fuente: Administración Split Engineering Chile Ltda. – Mina Cuajone)

5.1.2.27. PRUEBA 27

La Figura 76, muestra el análisis granulométrico con el software Wipfrag realizado el 13 de Agosto 2015, a las 07:31 PM.

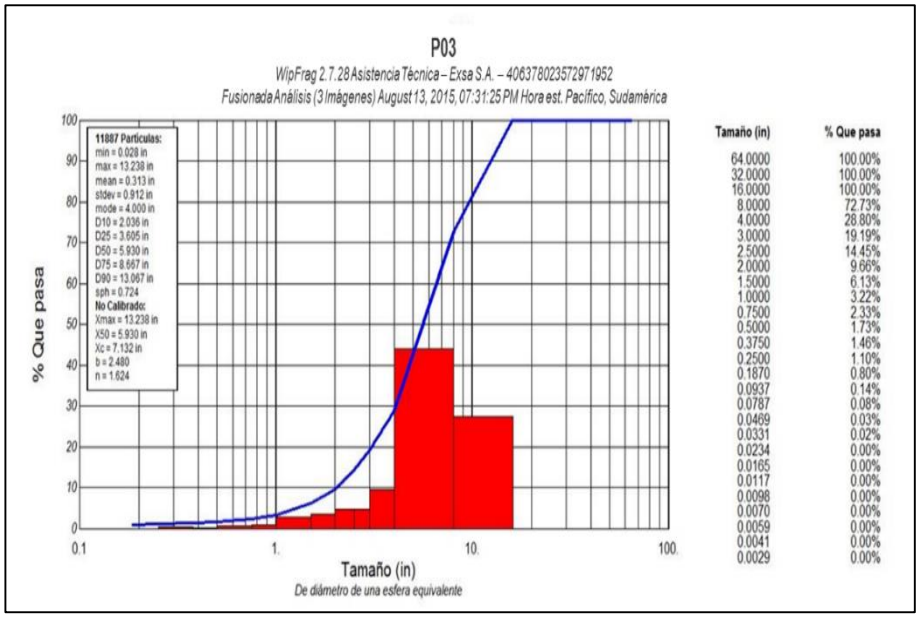


Figura 76: Análisis granulométrico con Wipfrag – Prueba 27 (Fuente: Asistencia Técnica EXSA S.A. – Mina Cuajone)

La Figura 77, muestra el análisis granulométrico - Split Online.

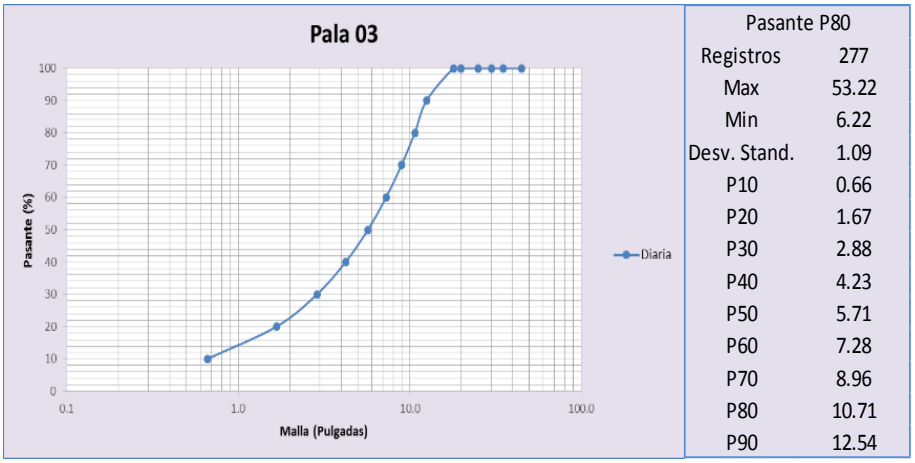


Figura 77: Análisis granulométrico con Split Online – Prueba 27 (Fuente: Administración Split Engineering Chile Ltda. – Mina Cuajone)

5.1.2.28. PRUEBA 28

La Figura 78, muestra el análisis granulométrico con el software Wipfrag realizado el 14 de Agosto 2015, a las 07:02 PM.

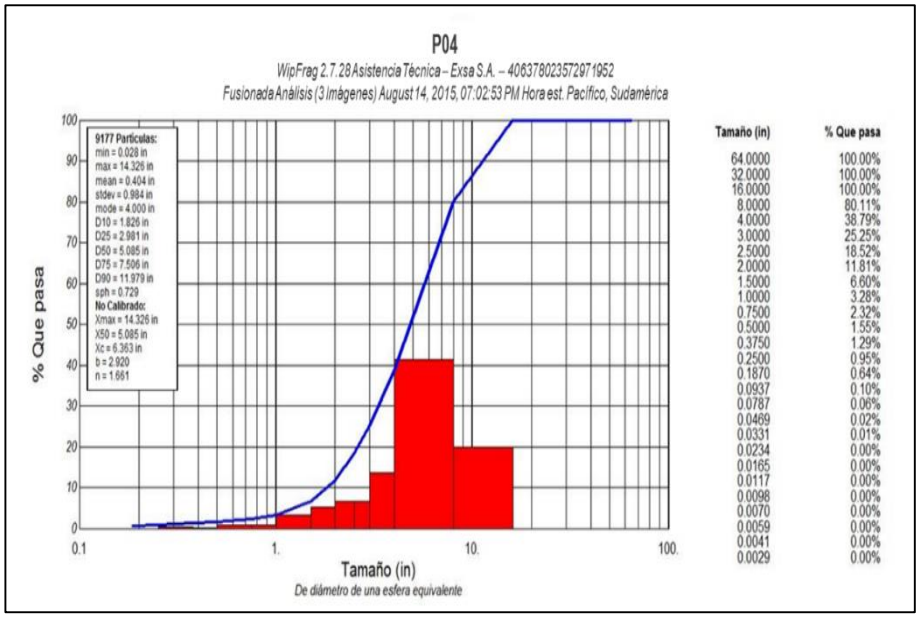


Figura 78: Análisis granulométrico con Wipfrag – Prueba 28 (Fuente: Asistencia Técnica EXSA S.A. – Mina Cuajone)

La Figura 79, muestra el análisis granulométrico - Split Online.

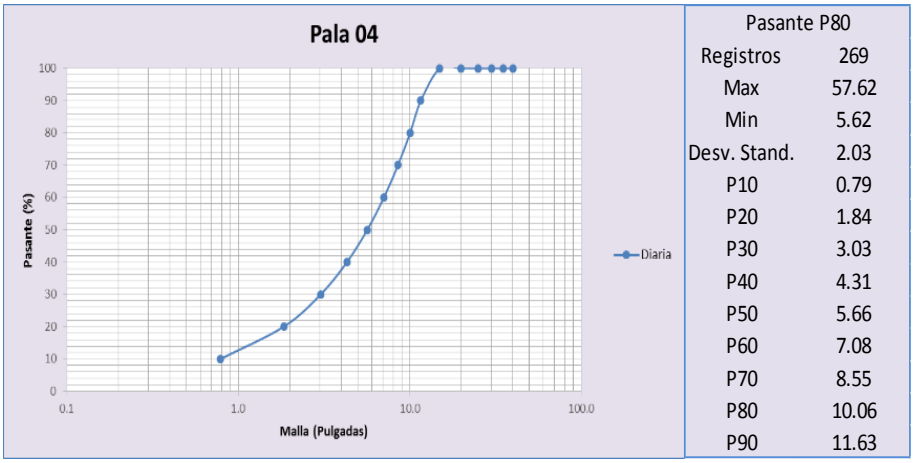


Figura 79: Análisis granulométrico con Split Online – Prueba 28 (Fuente: Administración Split Engineering Chile Ltda. – Mina Cuajone)

5.1.2.29. PRUEBA 29

La Figura 80, muestra el análisis granulométrico con el software Wipfrag realizado el 14 de Agosto 2015, a las 07:22 PM.

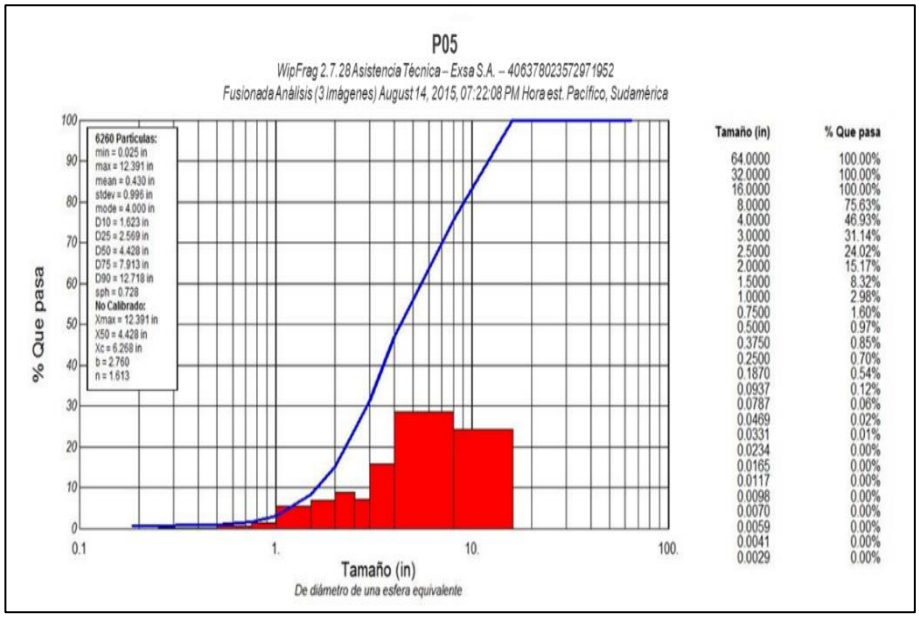


Figura 80: Análisis granulométrico con Wipfrag – Prueba 29 (Fuente: Asistencia Técnica EXSA S.A. – Mina Cuajone)

La Figura 81, muestra el análisis granulométrico - Split Online.

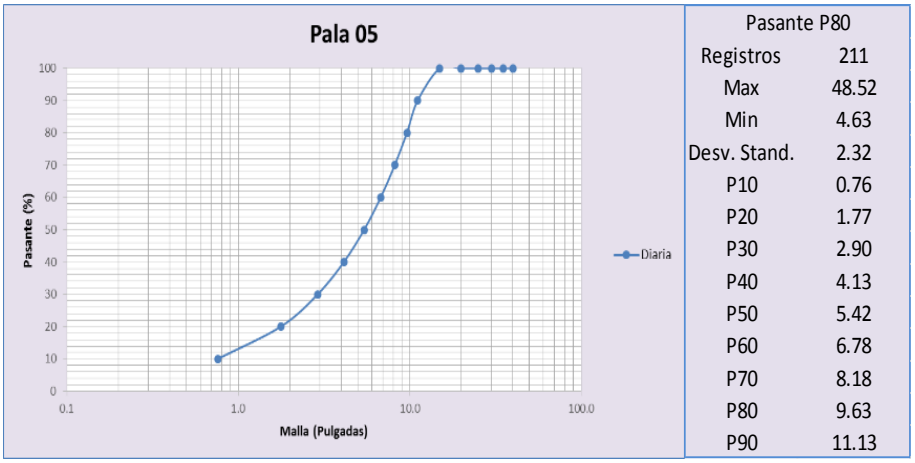


Figura 81: Análisis granulométrico con Split Online – Prueba 29 (Fuente: Administración Split Engineering Chile Ltda. – Mina Cuajone)

5.1.2.30. PRUEBA 30

La Figura 82, muestra el análisis granulométrico con el software Wipfrag realizado el 17 de Agosto 2015, a las 06:14 PM.

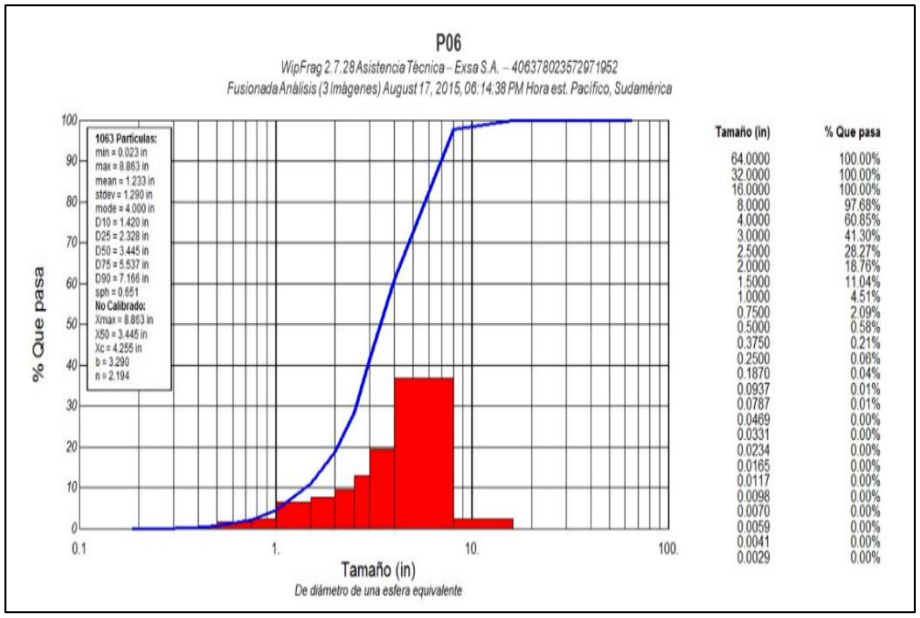


Figura 82: Análisis granulométrico con Wipfrag – Prueba 30 (Fuente: Asistencia Técnica EXSA S.A. – Mina Cuajone)

La Figura 83, muestra el análisis granulométrico - Split Online.

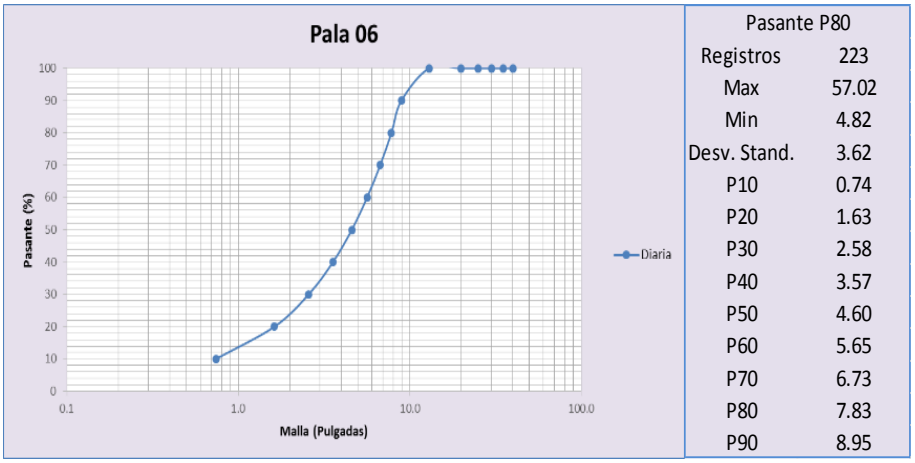


Figura 83: Análisis granulométrico con Split Online – Prueba 30 (Fuente: Administración Split Engineering Chile Ltda. – Mina Cuajone)

5.1.2.31. PRUEBA 31

La Figura 84, muestra el análisis granulométrico con el software Wipfrag realizado el 17 de Agosto 2015, a las 06:43 PM.

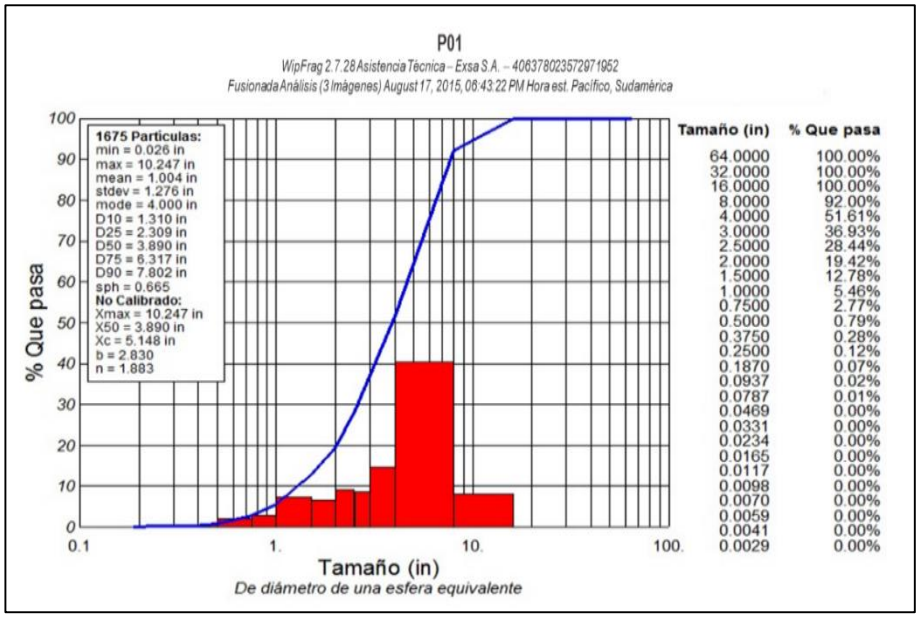


Figura 84: Análisis granulométrico con Wipfrag – Prueba 31 (Fuente: Asistencia Técnica EXSA S.A. – Mina Cuajone)

La Figura 85, muestra el análisis granulométrico - Split Online.

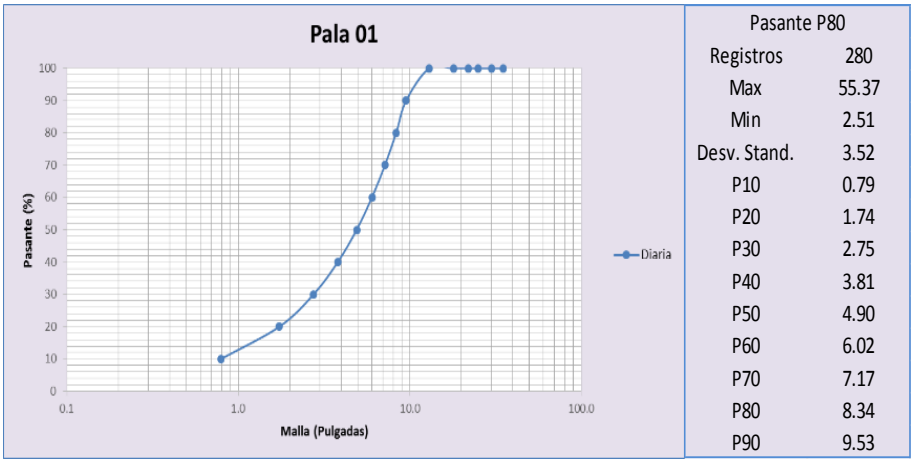


Figura 85: Análisis granulométrico con Split Online – Prueba 31 (Fuente: Administración Split Engineering Chile Ltda. – Mina Cuajone)

5.1.2.32. PRUEBA 32

La Figura 86, muestra el análisis granulométrico con el software Wipfrag realizado el 18 de Agosto 2015, a las 06:29 PM.

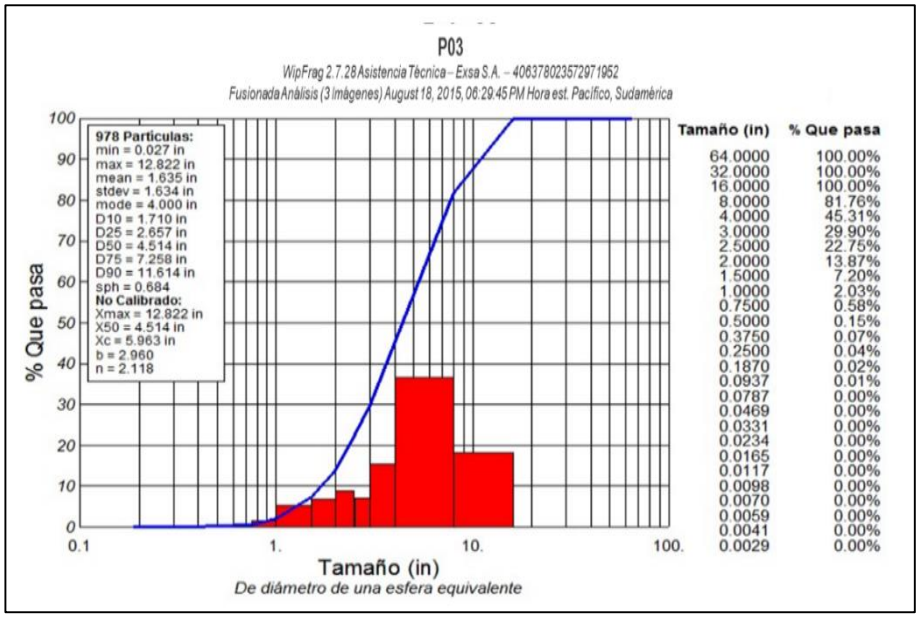


Figura 86: Análisis granulométrico con Wipfrag – Prueba 32 (Fuente: Asistencia Técnica EXSA S.A. – Mina Cuajone)

La Figura 87, muestra el análisis granulométrico - Split Online.

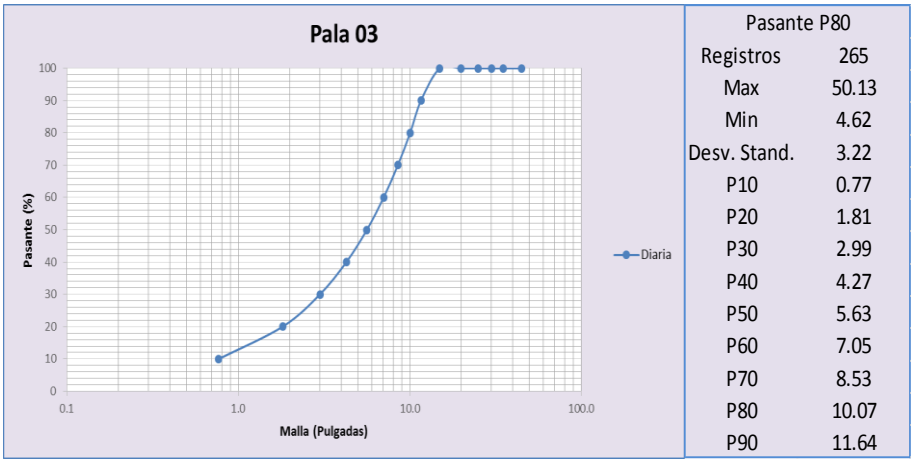


Figura 87: Análisis granulométrico con Split Online – Prueba 32 (Fuente: Administración Split Engineering Chile Ltda. – Mina Cuajone)

5.1.2.33. PRUEBA 33

La Figura 88, muestra el análisis granulométrico con el software Wipfrag realizado el 19 de Agosto 2015, a las 05:43 PM.

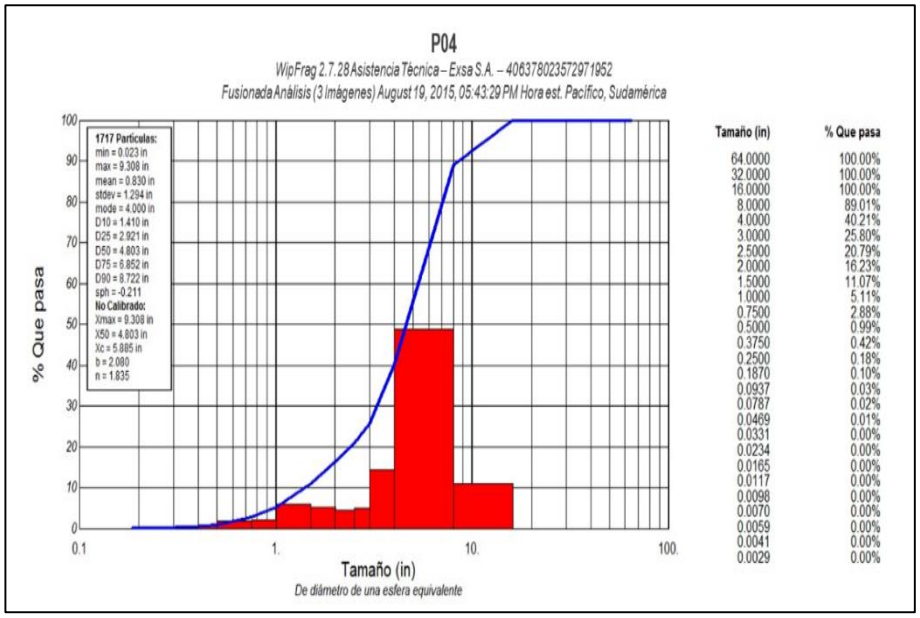


Figura 88: Análisis granulométrico con Wipfrag – Prueba 33 (Fuente: Asistencia Técnica EXSA S.A. – Mina Cuajone)

La Figura 89, muestra el análisis granulométrico - Split Online.

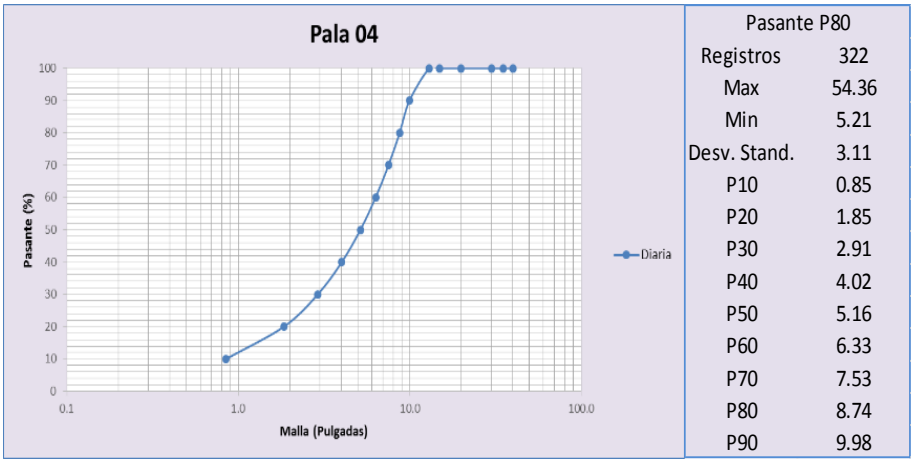


Figura 89: Análisis granulométrico con Split Online – Prueba 33 (Fuente: Administración Split Engineering Chile Ltda. – Mina Cuajone)

5.1.2.34. PRUEBA 34

La Figura 90, muestra el análisis granulométrico con el software Wipfrag realizado el 19 de Agosto 2015, a las 05:57 PM.

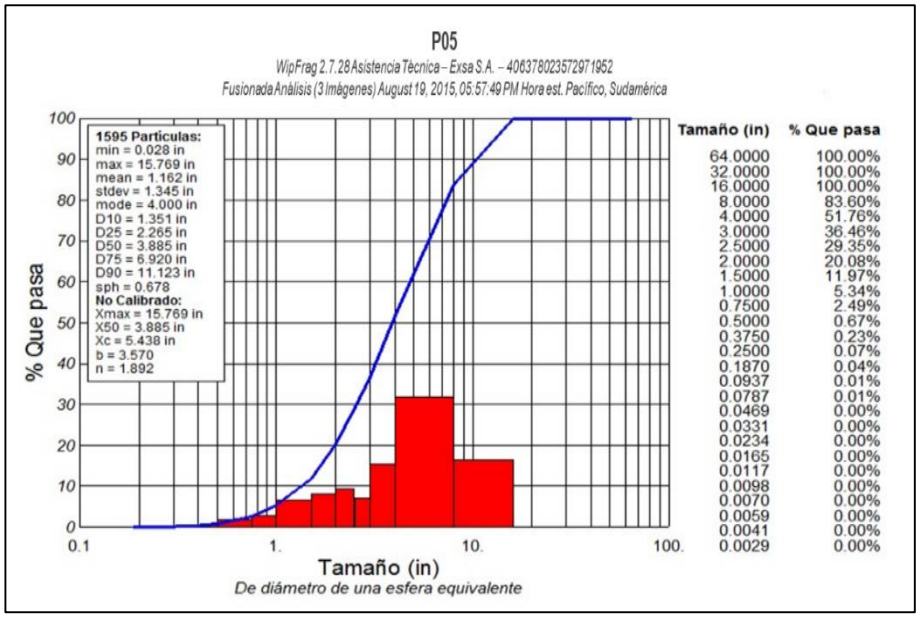


Figura 90: Análisis granulométrico con Wipfrag – Prueba 34 (Fuente: Asistencia Técnica EXSA S.A. – Mina Cuajone)

La Figura 91, muestra el análisis granulométrico - Split Online.

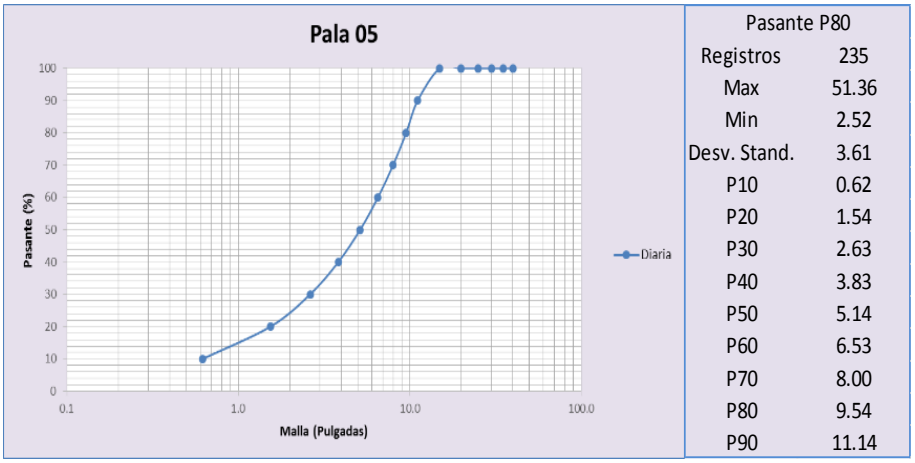


Figura 91: Análisis granulométrico con Split Online – Prueba 34 (Fuente: Administración Split Engineering Chile Ltda. – Mina Cuajone)

5.1.2.35. PRUEBA 35

La Figura 92, muestra el análisis granulométrico con el software Wipfrag realizado el 20 de Agosto 2015, a las 07:17 PM.

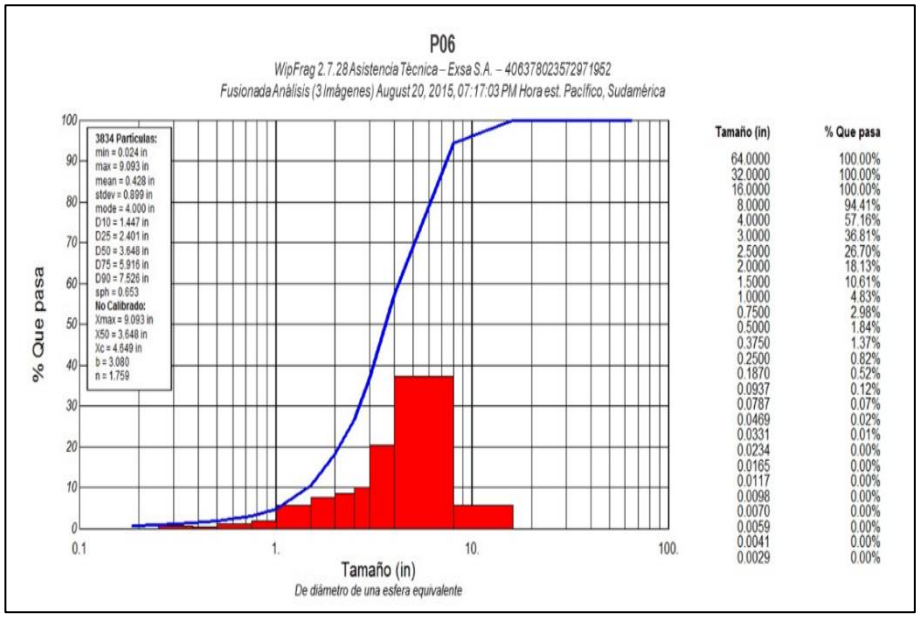


Figura 92: Análisis granulométrico con Wipfrag – Prueba 35 (Fuente: Asistencia Técnica EXSA S.A. – Mina Cuajone)

La Figura 93, muestra el análisis granulométrico - Split Online.

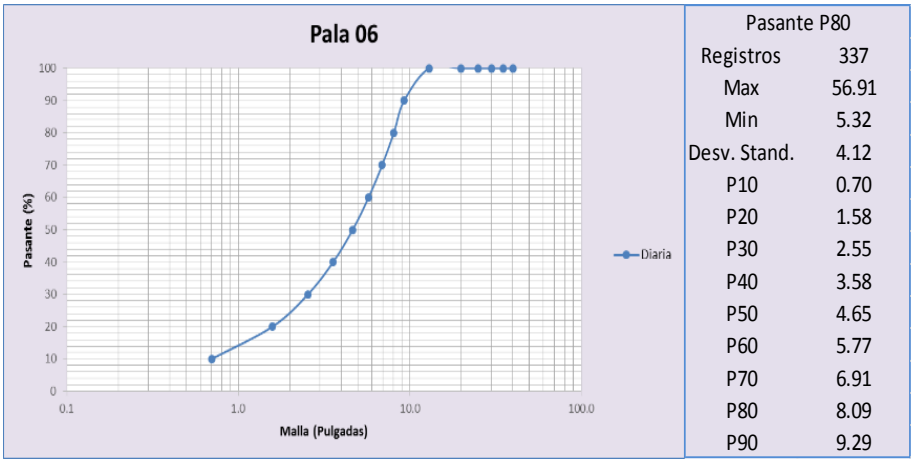


Figura 93: Análisis granulométrico con Split Online – Prueba 35 (Fuente: Administración Split Engineering Chile Ltda. – Mina Cuajone)

5.1.2.36. PRUEBA 36

La Figura 94, muestra el análisis granulométrico con el software Wipfrag realizado el 20 de Agosto 2015, a las 07:31 PM.

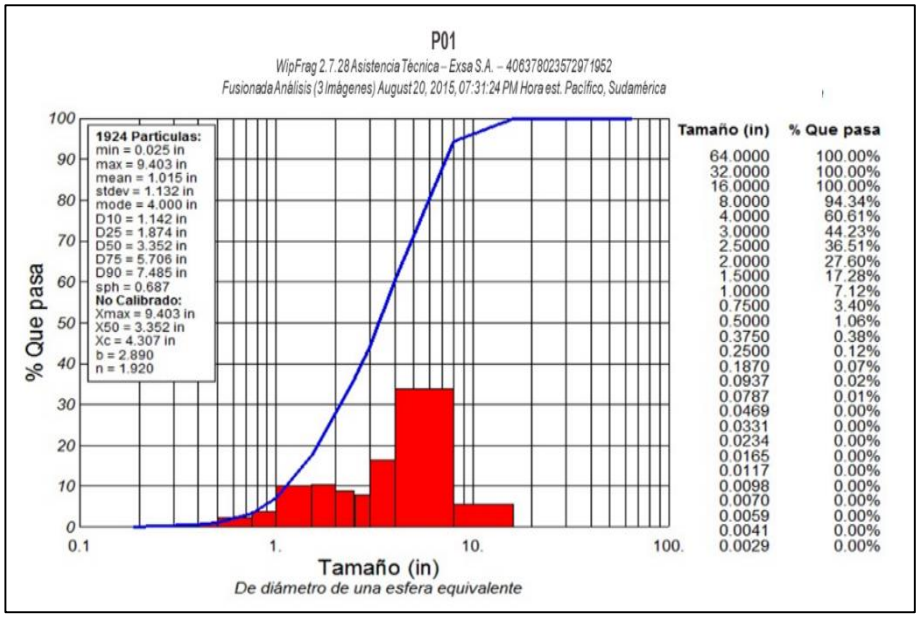


Figura 94: Análisis granulométrico con Wipfrag – Prueba 36 (Fuente: Asistencia Técnica EXSA S.A. – Mina Cuajone)

La Figura 95, muestra el análisis granulométrico - Split Online.

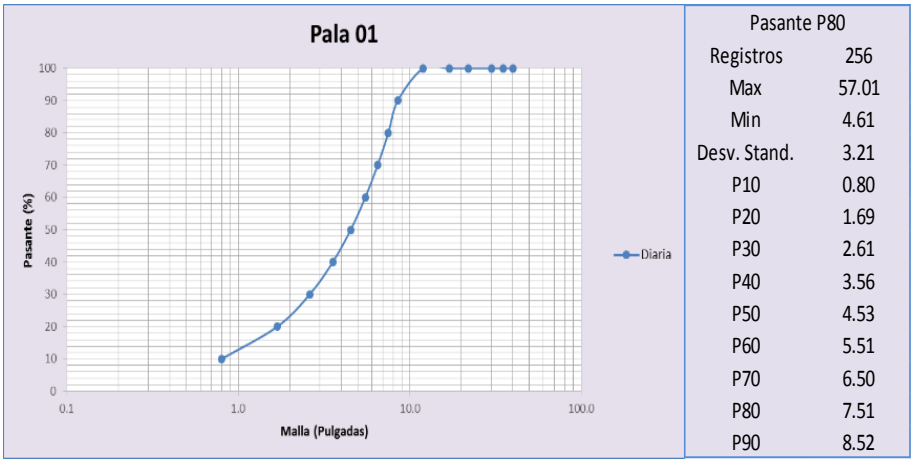


Figura 95: Análisis granulométrico con Split Online – Prueba 36 (Fuente: Administración Split Engineering Chile Ltda. – Mina Cuajone)

5.1.2.37. PRUEBA 37

La Figura 96, muestra el análisis granulométrico con el software Wipfrag realizado el 21 de Agosto 2015, a las 06:43 PM.

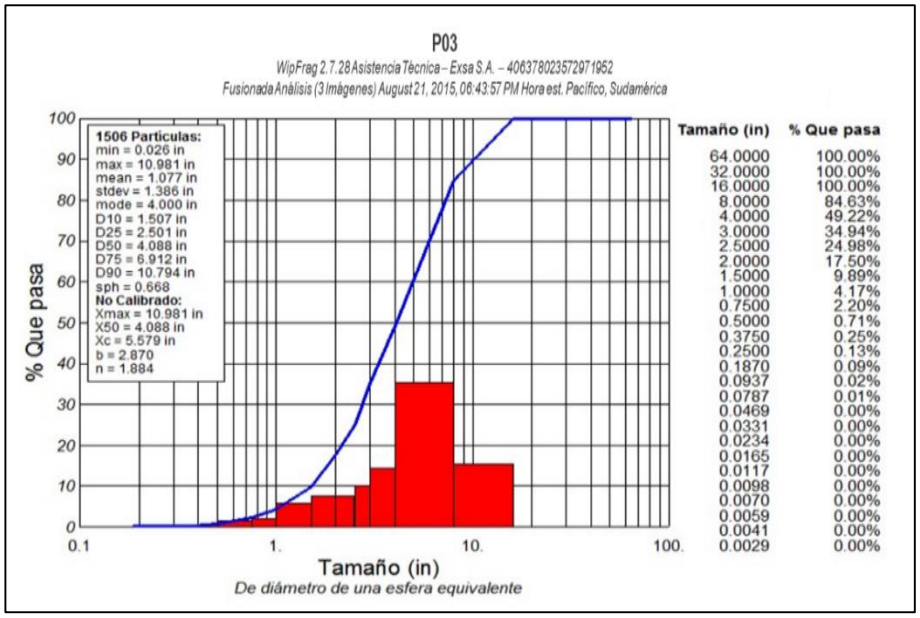


Figura 96: Análisis granulométrico con Wipfrag – Prueba 37 (Fuente: Asistencia Técnica EXSA S.A. – Mina Cuajone)

La Figura 97, muestra el análisis granulométrico - Split Online.

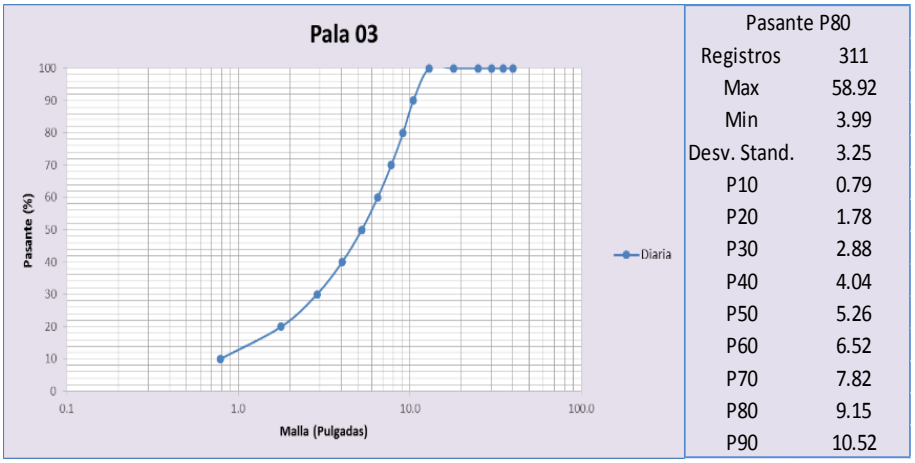


Figura 97: Análisis granulométrico con Split Online – Prueba 37 (Fuente: Administración Split Engineering Chile Ltda. – Mina Cuajone)

5.1.2.38. PRUEBA 38

La Figura 98, muestra el análisis granulométrico con el software Wipfrag realizado el 24 de Agosto 2015, a las 06:23 PM.

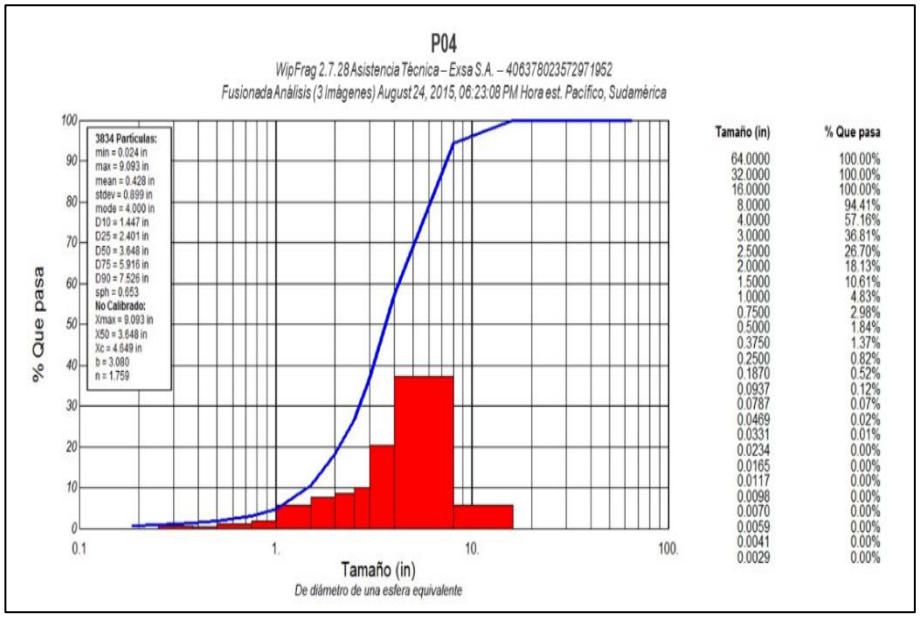


Figura 98: Análisis granulométrico con Wipfrag – Prueba 38 (Fuente: Asistencia Técnica EXSA S.A. – Mina Cuajone)

La Figura 99, muestra el análisis granulométrico - Split Online.

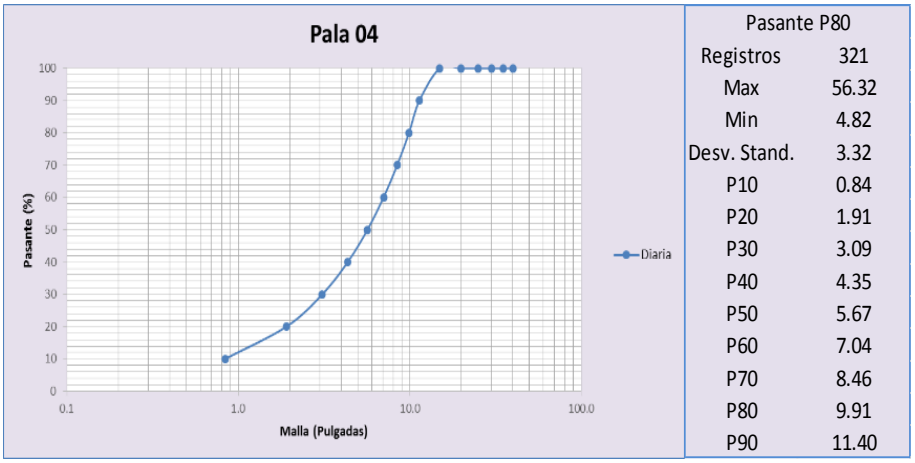


Figura 99: Análisis granulométrico con Split Online – Prueba 38 (Fuente: Administración Split Engineering Chile Ltda. – Mina Cuajone)

5.1.2.39. PRUEBA 39

La Figura 100, muestra el análisis granulométrico con el software Wipfrag realizado el 24 de Agosto 2015, a la 06:32 PM.

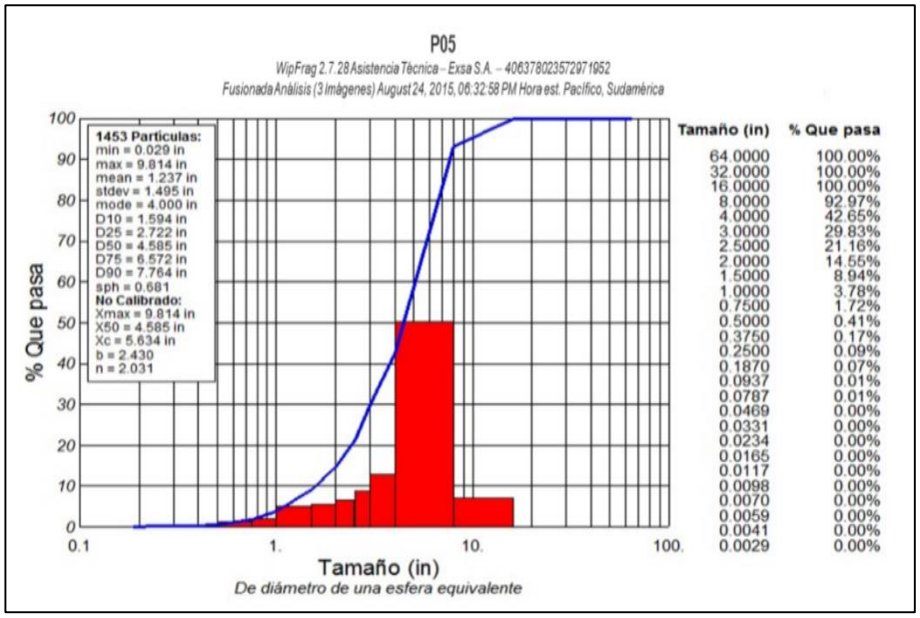


Figura 100: Análisis granulométrico con Wipfrag – Prueba 39
(Fuente: Asistencia Técnica EXSA S.A. – Mina Cuajone)

La Figura 101, muestra el análisis granulométrico - Split Online.

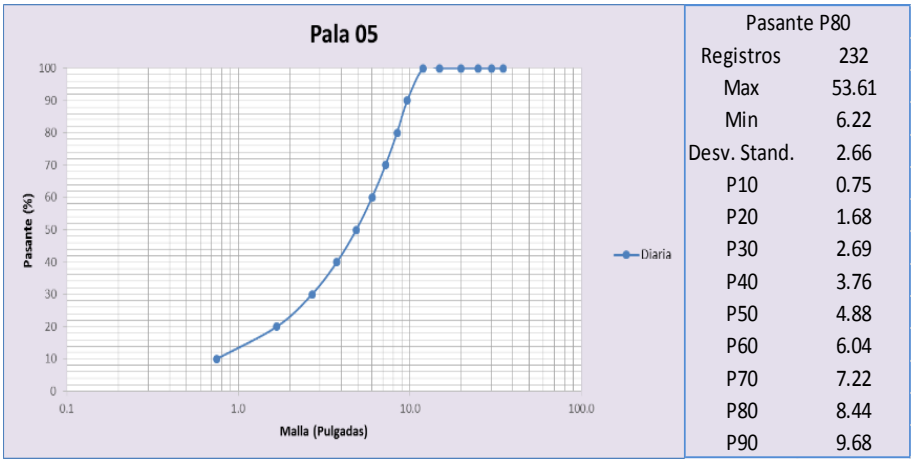


Figura 101: Análisis granulométrico con
Split Online – Prueba 39
(Fuente: Administración Split Engineering Chile Ltda. – Mina Cuajone)

5.1.2.40. PRUEBA 40

La Figura 102, muestra el análisis granulométrico con el software Wipfrag realizado el 25 de Agosto 2015, a la 06:46 PM.

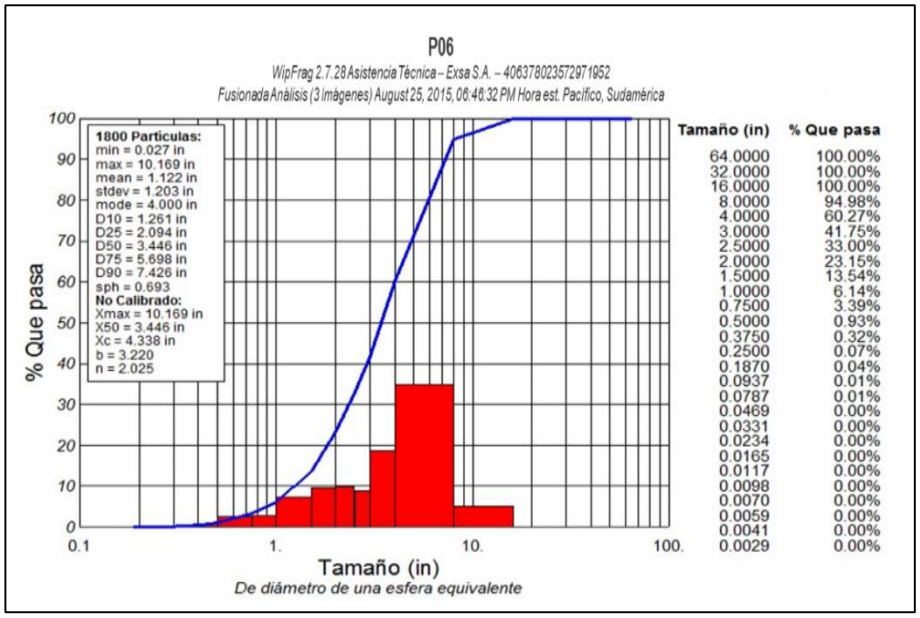


Figura 102: Análisis granulométrico con Wipfrag – Prueba 40
(Fuente: Asistencia Técnica EXSA S.A. – Mina Cuajone)

La Figura 103, muestra el análisis granulométrico - Split Online.

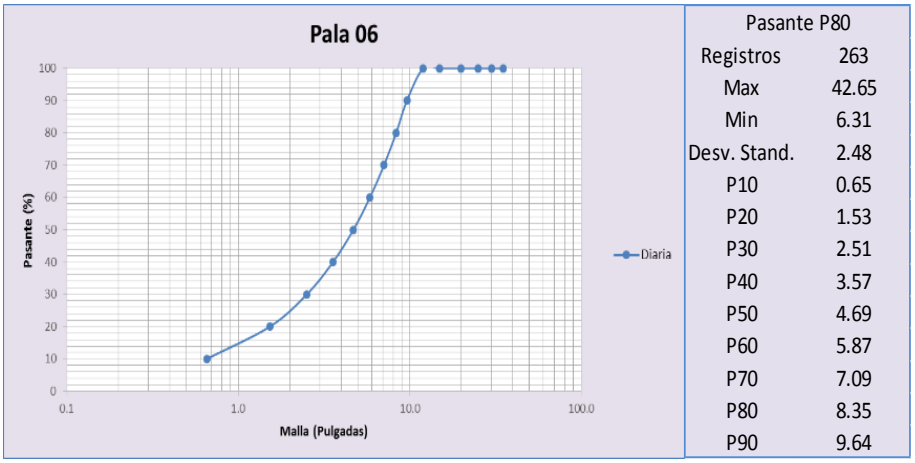


Figura 103: Análisis granulométrico con
Split Online – Prueba 40
(Fuente: Administración Split Engineering Chile Ltda. – Mina Cuajone)

5.1.2.41. PRUEBA 41

La Figura 104, muestra el análisis granulométrico con el software Wipfrag realizado el 25 de Agosto 2015, a la 06:57 PM.

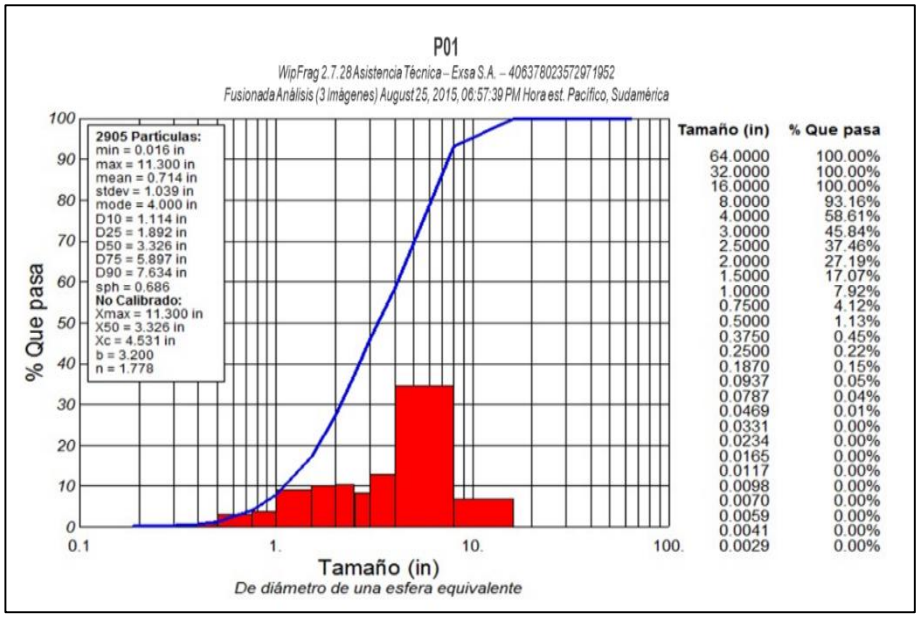


Figura 104: Análisis granulométrico con Wipfrag – Prueba 41
(Fuente: Asistencia Técnica EXSA S.A. – Mina Cuajone)

La Figura 105, muestra el análisis granulométrico - Split Online.

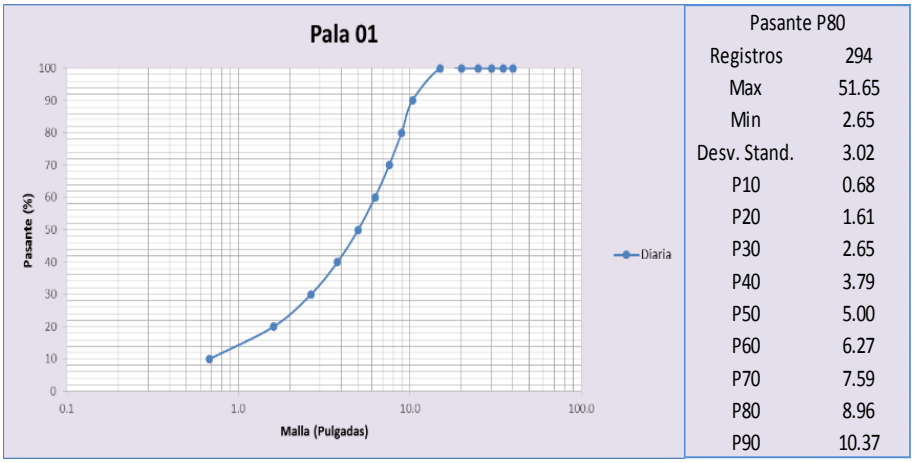


Figura 105: Análisis granulométrico con
Split Online – Prueba 41
(Fuente: Administración Split Engineering Chile Ltda. – Mina Cuajone)

5.1.2.42. PRUEBA 42

La Figura 106, muestra el análisis granulométrico con el software Wipfrag realizado el 26 de Agosto 2015, a la 06:10 PM.

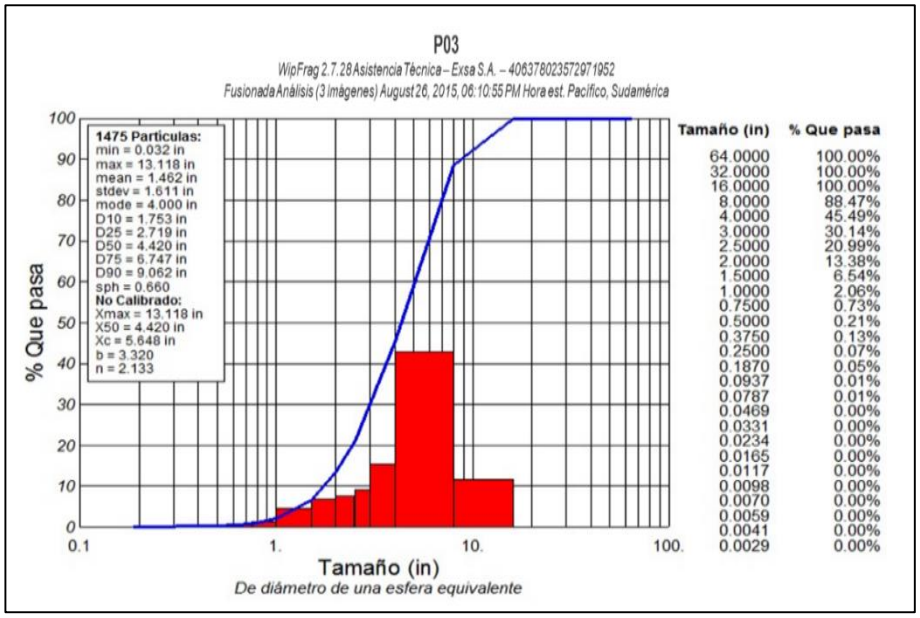


Figura 106: Análisis granulométrico con Wipfrag – Prueba 42
(Fuente: Asistencia Técnica EXSA S.A. – Mina Cuajone)

La Figura 107, muestra el análisis granulométrico - Split Online.

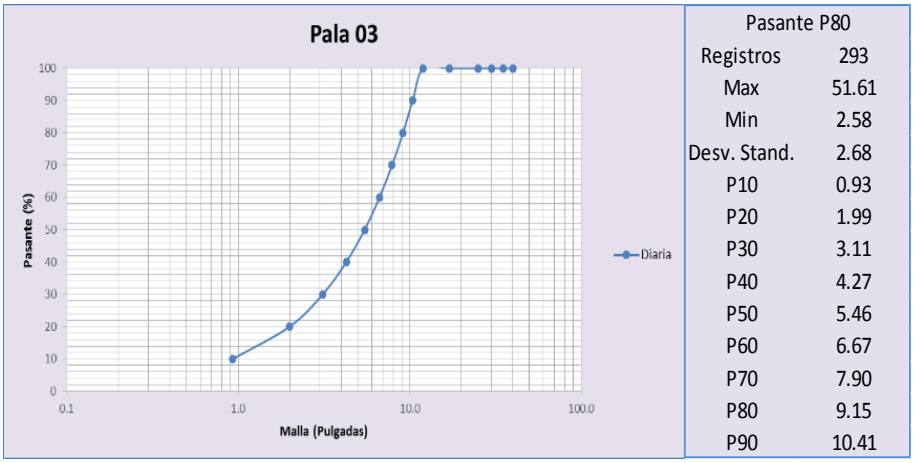


Figura 107: Análisis granulométrico con
Split Online – Prueba 42
(Fuente: Administración Split Engineering Chile Ltda. – Mina Cuajone)

5.1.2.43. PRUEBA 43

La Figura 108, muestra el análisis granulométrico con el software Wipfrag realizado el 27 de Agosto 2015, a la 04:58 PM.

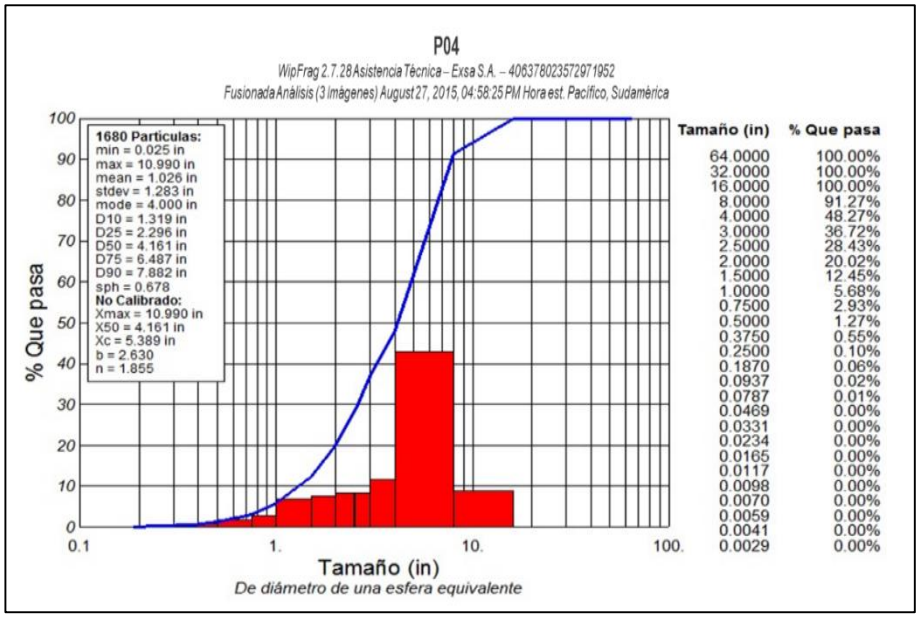


Figura 108: Análisis granulométrico con Wipfrag – Prueba 43
(Fuente: Asistencia Técnica EXSA S.A. – Mina Cuajone)

La Figura 109, muestra el análisis granulométrico - Split Online.

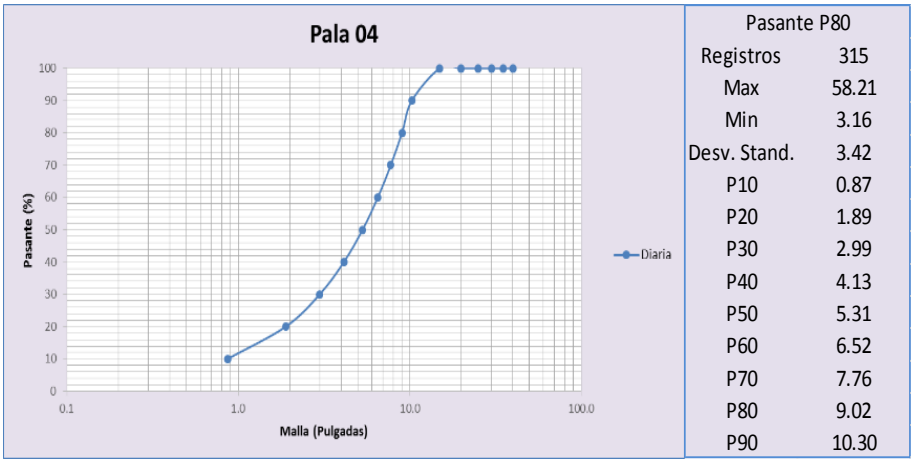


Figura 109: Análisis granulométrico con
Split Online – Prueba 43
(Fuente: Administración Split Engineering Chile Ltda. – Mina Cuajone)

5.1.2.44. PRUEBA 44

La Figura 110, muestra el análisis granulométrico con el software Wipfrag realizado el 27 de Agosto 2015, a la 05:12 PM.

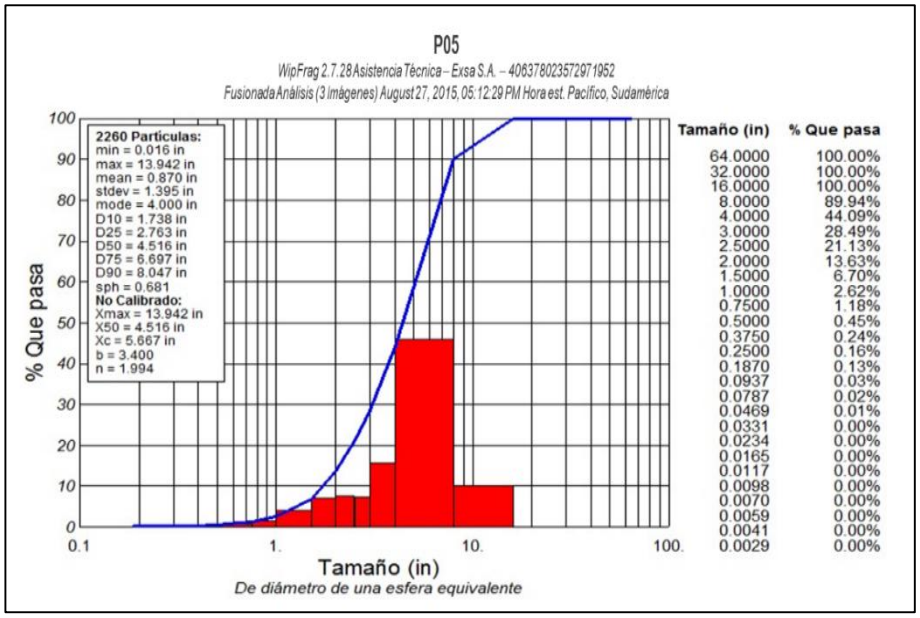


Figura 110: Análisis granulométrico con Wipfrag – Prueba 44
(Fuente: Asistencia Técnica EXSA S.A. – Mina Cuajone)

La Figura 111, muestra el análisis granulométrico - Split Online.

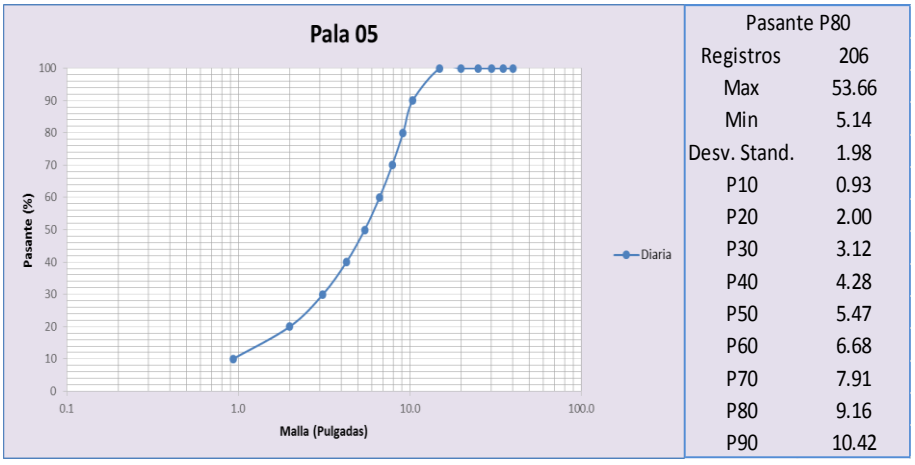


Figura 111: Análisis granulométrico con
Split Online – Prueba 44
(Fuente: Administración Split Engineering Chile Ltda. – Mina Cuajone)

5.1.2.45. PRUEBA 45

La Figura 112, muestra el análisis granulométrico con el software Wipfrag realizado el 28 de Agosto 2015, a la 07:23 PM.

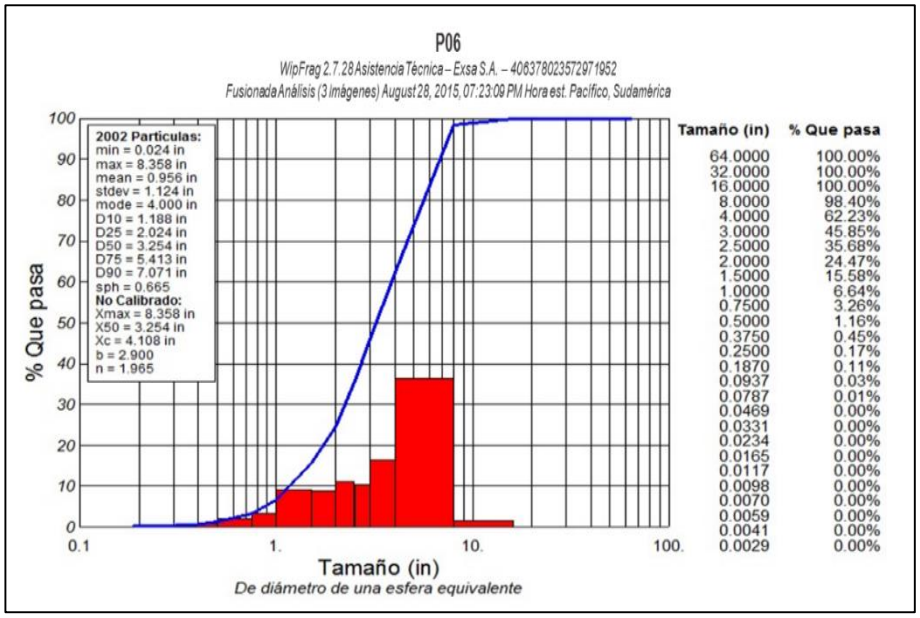


Figura 112: Análisis granulométrico con Wipfrag – Prueba 45
(Fuente: Asistencia Técnica EXSA S.A. – Mina Cuajone)

La Figura 113, muestra el análisis granulométrico - Split Online.

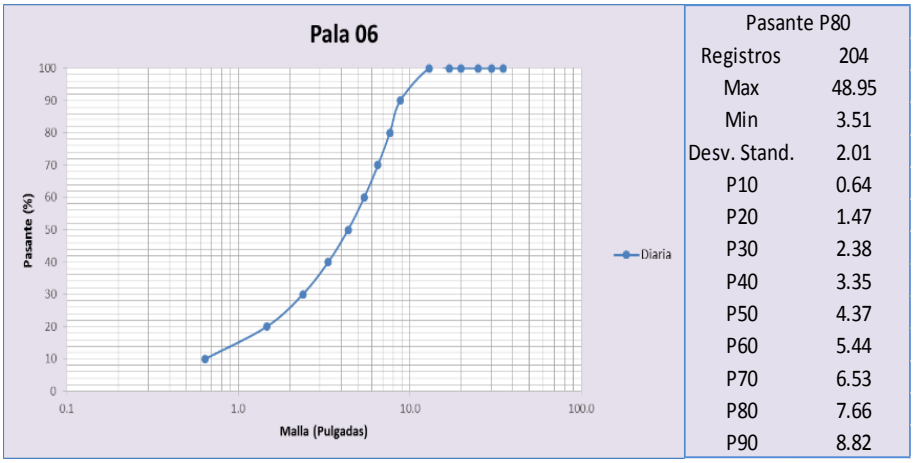


Figura 113: Análisis granulométrico con
Split Online – Prueba 45
(Fuente: Administración Split Engineering Chile Ltda. – Mina Cuajone)

5.1.2.46. PRUEBA 46

La Figura 114, muestra el análisis granulométrico con el software Wipfrag realizado el 28 de Agosto 2015, a la 07:31 PM.

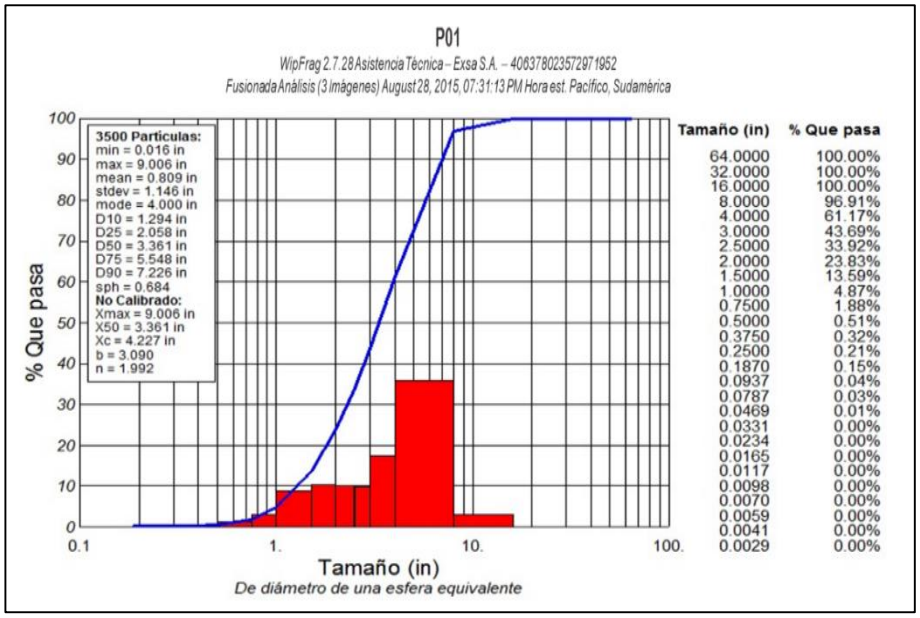


Figura 114: Análisis granulométrico con Wipfrag – Prueba 46
(Fuente: Asistencia Técnica EXSA S.A. – Mina Cuajone)

La Figura 115 muestra el análisis granulométrico - Split Online.

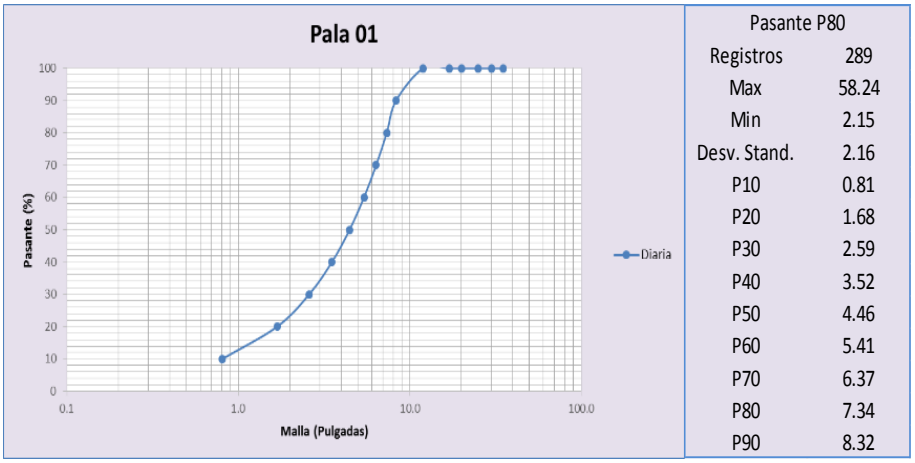


Figura 115: Análisis granulométrico con
Split Online – Prueba 46
(Fuente: Administración Split Engineering Chile Ltda. – Mina Cuajone)

5.1.3. APLICACIÓN DEL SISTEMA SPLIT ONLINE

Se realizó un estudio detallado sobre el ahorro de dinero que se puede generar a partir de cambiar solo un parámetro de voladura sin alterar significativamente el grado de fragmentación.

Dicho estudio está basado cambiar solo el espaciamiento, de una malla con espaciamiento 9x9m a 9.5x9.5m, es decir, solo aumentar 0.5 metros el espaciamiento.

Este análisis se realizó en mallas de perforación pertenecientes a material destinado para botaderos, cabe mencionar que el P80 estándar en material destinado a botaderos debe de variar entre 7 a 11 pulgadas, se estudió cuatro disparos con malla 9x9m y dos disparos con malla 9.5x9.5m., ver ANEXO 6.

Para verificar que el tiempo de carguío de la pala no fue afectada por el nuevo grado de fragmentación se realizó un estudio de los tiempos de carguío y finalmente se utilizó el Sistema Split Online para ver la variación de la fragmentación al aumentar 0.5 metros el espaciamiento.

5.1.3.1. COSTO DE PERFORACIÓN Y VOLADURA

Para determinar el costo de perforación y voladura para distintos casos se utilizó el control de disparos proporcionado por la empresa contratista EXSA, ver ANEXO 6, seguidamente se realizó un estudio de costos, como por ejemplo el cálculo de

costo de perforación por tonelada en distintas mallas de perforación, ver Figura 116.

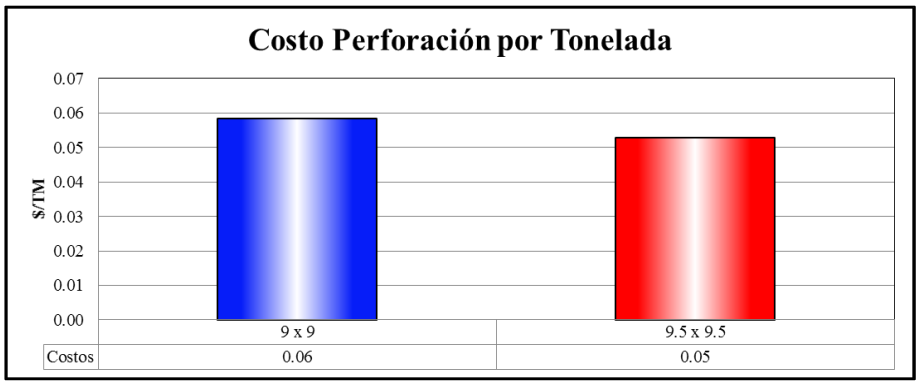


Figura 116: Costo de perforación por tonelada
(Fuente: Elaboración propia)

Según la Figura 116, se observa que el costo de perforación por tonelada disminuye en 0,01 $/TM.

Seguidamente se calculó el costo de explosivo por tonelada para distintas mallas de perforación (malla 9x9m y malla 9.5x9.5m), ver Figura 117.

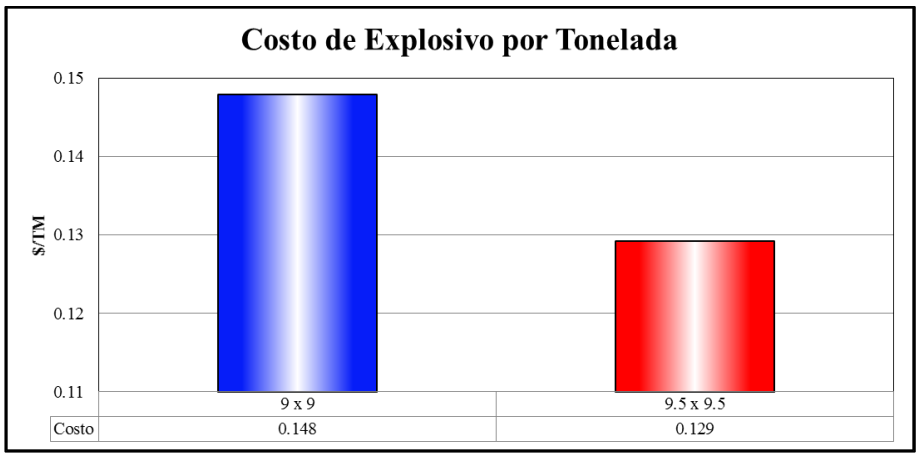
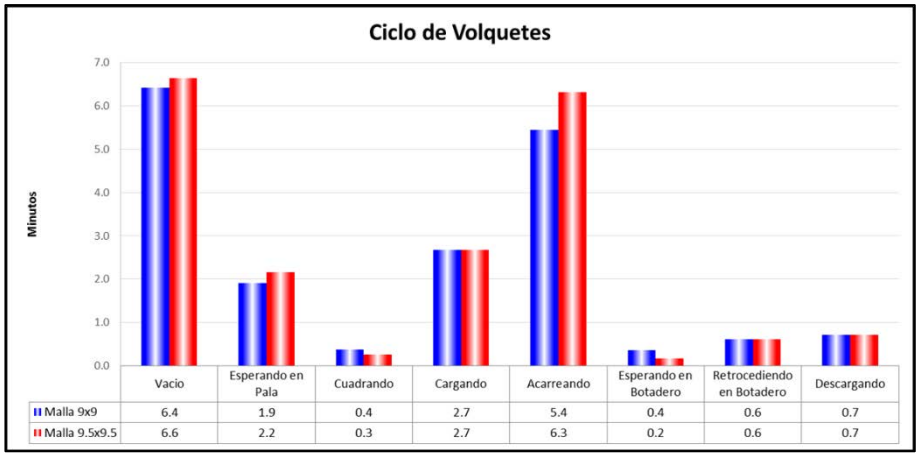


Figura 117: Costo de Explosivo por tonelada
(Fuente: Elaboración propia)

Se observa que el costo de explosivo por tonelada disminuye en 0,019 $/TM

5.1.3.2. TIEMPO DE CARGUÍO DE LA PALA

Para el cálculo del tiempo de carguío de la Pala se utilizó la base de datos del Sistema Jigsaw (Sistema automatizado de registro de datos de los equipos), del cual se tomaron los tiempos de ciclo de los volquetes durante los días que la Pala estuvo minando en las mallas de 9x9m y 9.5m, ver Figura 118.



Malla	Vacio	Esperando en Pala	Cuadrando	Cargando	Acarreando	Esperando en Botadero	Retrocediendo en Botadero	Descargando	Total
9x9	6.4	1.9	0.4	2.7	5.4	0.4	0.6	0.7	18.5
9.5x9.5	6.6	2.2	0.3	2.7	6.3	0.2	0.6	0.7	19.6

Figura 118: Tiempo de ciclo de volquetes
(Fuente: Elaboración propia)

La Figura 118, muestra que el tiempo de carguío en el volquete 797F se mantuvo constante, lo que significa que el tiempo de carguío no se vio afectado por la nueva fragmentación al aumentar 0.5mts de espaciamiento.

5.1.3.3. FACTOR DE CARGA DEL VOLQUETE

Para determinar el factor de carga de los volquetes, de igual manera se utilizó la base de datos proporcionada por el Sistema Jigsaw.

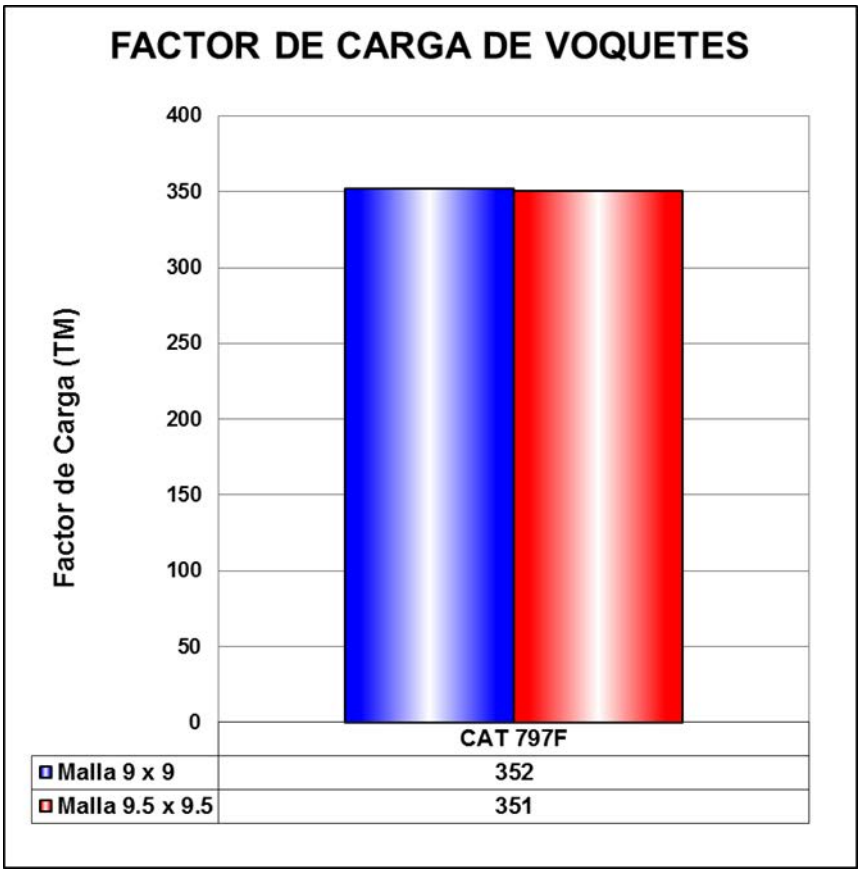


Figura 119: Factor de carga de volquetes
(Fuente: Elaboración propia)

En la Figura 119, se observa que el factor de carga promedio para el Volquete CAT 797F varia en 1 TM, cuando se cambia la malla de perforación de E=9.00 m a E=9.50 m., un resultado poco significativo.

5.1.3.4. FRAGMENTACIÓN CON EL SISTEMA SPLIT ONLINE

Como se mencionó anteriormente se verificaría el grado de fragmentación al ampliar la malla 0.5 mts de espaciamiento, la Figura 120 muestra los puntos de posición de la Pala durante varios días, cada color representa un día de minado, se tomaron datos de 11 días en el que la Pala estuvo minando en la malla de 9x9mts y datos de 5 días en el que la Pala estuvo minando en la malla de 9.5x9.5mts.

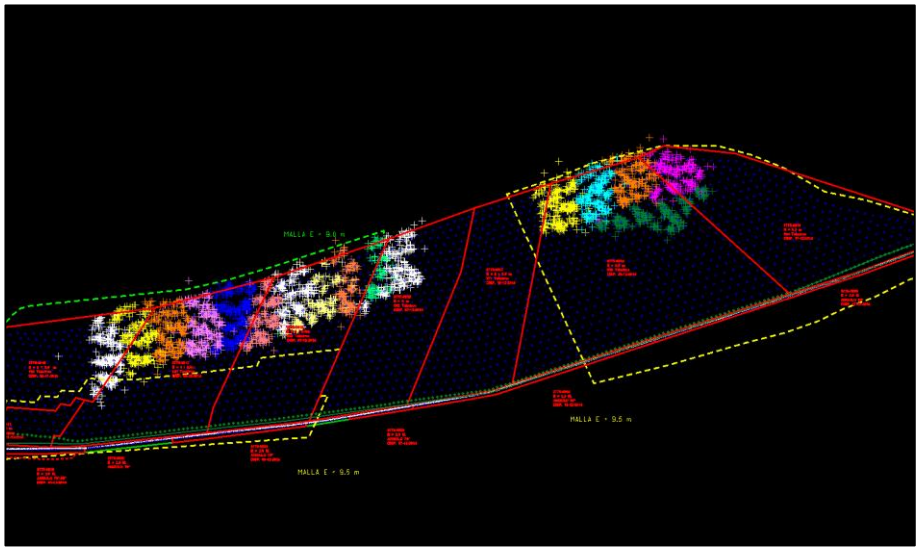
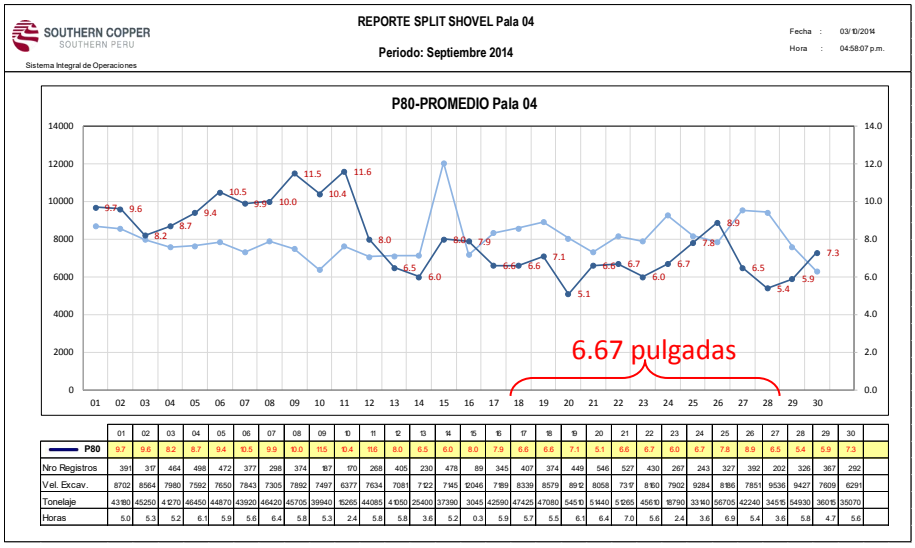


Figura 120: Puntos de posición de la Pala
(Fuente: Departamento de Planeamiento CP SPCC – Mina Cuajone)

La Figura 121, muestra el P80 promedio de los días en el que la Pala estaba minando en mallas de 9x9mts de espaciamiento, dando un valor promedio de 6.67 pulgadas.

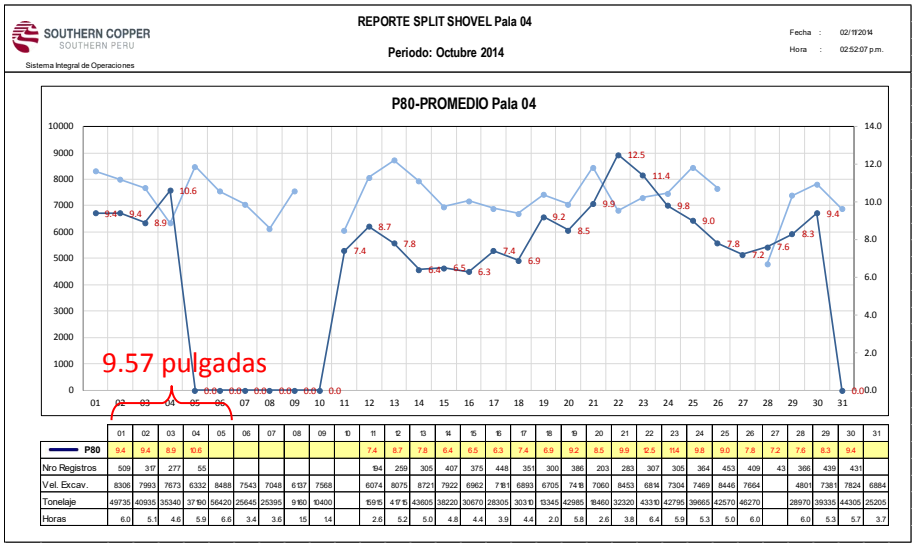
La Figura 122, muestra el P80 promedio de los días en el que la Pala estaba minando en mallas de 9.5x9.5 mts de espaciamiento, con un valor promedio de 9.57 pulgadas.

Se puede apreciar que al amplificar el espaciamiento en 0.5 mts, el P80 aumentó en 2.9 pulgadas, es a causa de que al amplificar en 0.5 mts el espaciamiento se reducirá la cantidad de taladros y por ende la cantidad de explosivo a usar, por lo que al utilizar una menor cantidad de explosivo el grado de fragmentación aumentará.



	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
P80	9.7	9.6	8.2	8.7	9.4	10.5	9.9	10.0	11.5	10.4	11.6	8.0	6.5	6.0	8.0	7.9	6.6	6.6	7.1	5.1	6.6	6.7	6.0	6.7	7.8	8.9	6.5	5.4	5.9	7.3
Nro Registros	391	317	464	498	472	377	298	374	167	170	268	405	230	478	89	345	407	374	449	546	527	430	267	243	327	392	202	326	367	292
Vel. Excav.	8702	8564	7980	7592	7650	7843	7305	7892	7497	6377	7634	7081	7122	7145	2046	7189	8339	8579	8912	8058	7319	8160	7902	9284	8186	7851	9536	9427	7609	6291
Tonelaje	43180	45250	41270	46450	44870	43920	46420	45705	39940	15265	44085	41050	25400	37390	3045	42590	47425	47080	54510	51440	51265	45610	18790	33140	56705	42240	34515	54930	36015	35070
Horas	5.0	5.3	5.2	6.1	5.9	5.6	6.4	5.8	5.3	2.4	5.8	5.8	3.6	5.2	0.3	5.9	5.7	5.5	6.1	6.4	7.0	5.6	2.4	3.6	6.9	5.4	3.6	5.8	4.7	5.6

Figura 121: Split Online – P80 con malla de 9x9mts
(Fuente: Departamento de Perforación y Voladura SPCC – Mina Cuajone)



	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
P80	9.4	9.4	8.9	10.6							7.4	8.7	7.8	6.4	6.5	6.3	7.4	6.9	9.2	8.5	9.9	12.5	11.4	9.8	9.0	7.8	7.2	7.6	8.3	9.4	
Nro Registros	509	317	277	55							194	259	305	407	375	448	351	300	386	203	283	307	305	364	453	409	43	366	439	431	
Vel. Excav.	8306	7993	7673	6332	8488	7543	7048	6137	7568		6074	8075	8721	7922	6962	7181	6893	6705	7418	7060	8453	6814	7304	7469	8446	7664		4801	7381	7824	6884
Tonelaje	49735	40935	35340	37160	56420	25645	25395	9160	10400		15915	47075	43605	38220	30670	28305	30310	13345	42985	18460	32320	43310	42795	39665	42570	46270		28970	39335	44305	25205
Horas	6.0	5.1	4.6	5.9	6.6	3.4	3.6	1.5	1.4		2.6	5.2	5.0	4.8	4.4	3.9	4.4	2.0	5.8	2.6	3.8	6.4	5.9	5.3	5.0	6.0		6.0	5.3	5.7	3.7

Figura 122: Split Online – P80 con malla 9.5x9.5mts
(Fuente: Departamento de Perforación y Voladura SPCC – Mina Cuajone)

5.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS.

5.2.1. DETERMINACIÓN DE LA FRAGMENTACIÓN MÁS RÁPIDA

Como ya se mencionó anteriormente la determinación de la fragmentación por el método manual requiere de bastante tiempo, entre salidas de campo, trazado de líneas y cálculo por medio de un programa, perdiendo de 15 a 20 minutos para analizar cada foto, sin contar con el tiempo que se pierde con las salidas al campo e interrupciones al proceso.

Efectivamente la hipótesis es correcta, el Sistema Split Online si logra determinar la fragmentación de roca en tiempo real, gracias a que es un sistema automatizado y el usuario a partir de un simple click puede determinar el grado de fragmentación de la roca, de

esta forma dejando de lado a la determinación de roca por el método manual, es decir, el de asistido desde una computadora.



Figura 123: Análisis granulométrico por el método manual
(Fuente: Asistencia Técnica EXSA S.A. – Mina Cuajone)

5.2.2. DETERMINACIÓN DE LA FRAGMENTACIÓN CON MAYOR REPRESENTATIVIDAD

Para determinar la representatividad que ofrece el Sistema Split Online se realizaron 46 pruebas de análisis granulométricos obteniendo una variedad de resultados, ver **ANEXO 5**, con el fin de determinar el grado de error que ofrece el Sistema Split Online comparado con el software de análisis granulométrico Wipfrag, ver Cuadro 2.

Pruebas	Fecha	Pala	P80 (pulg)		Variación	% Error	
			Wip Frag	Split Online	(pulg)	Wip Frag	Split Online
Prueba 01	20/07/2015	P01	7.33	10.14	2.82	10.95%	3.12%
Prueba 02	20/07/2015	P03	5.84	8.99	3.15	12.92%	4.13%
Prueba 03	21/07/2015	P04	5.47	7.59	2.12	12.82%	2.90%
Prueba 04	21/07/2015	P05	4.14	8.97	4.83	7.63%	1.34%
Prueba 05	22/07/2015	P06	6.19	8.55	2.37	9.28%	2.44%
Prueba 06	22/07/2015	P01	3.69	6.56	2.87	16.12%	1.90%
Prueba 07	30/07/2015	P03	5.64	8.14	2.50	12.78%	1.32%
Prueba 08	31/07/2015	P04	7.28	9.06	1.78	12.38%	1.42%
Prueba 09	31/07/2015	P05	6.46	7.98	1.52	11.30%	1.75%
Prueba 10	01/08/2015	P06	7.53	8.24	0.71	12.20%	1.62%
Prueba 11	01/08/2015	P01	6.42	8.45	2.03	12.09%	2.57%
Prueba 12	02/08/2015	P03	11.93	12.00	0.07	10.31%	1.12%
Prueba 13	03/08/2015	P04	7.53	8.25	0.72	10.82%	2.46%
Prueba 14	03/08/2015	P05	6.20	8.64	2.44	11.73%	2.14%
Prueba 15	04/08/2015	P06	6.36	8.51	2.14	13.84%	1.52%
Prueba 16	04/08/2015	P01	5.72	8.45	2.73	17.50%	1.50%
Prueba 17	05/08/2015	P03	12.45	13.59	1.14	8.15%	0.91%
Prueba 18	06/08/2015	P04	5.30	8.39	3.09	12.48%	2.18%
Prueba 19	06/08/2015	P05	7.79	9.31	1.51	12.02%	2.99%
Prueba 20	07/08/2015	P06	3.96	7.34	3.38	15.73%	2.09%
Prueba 21	07/08/2015	P01	4.91	7.64	2.73	13.93%	1.95%
Prueba 22	10/08/2015	P03	8.48	10.85	2.37	14.14%	2.85%
Prueba 23	11/08/2015	P04	7.35	9.40	2.05	15.95%	2.68%
Prueba 24	11/08/2015	P05	6.98	9.34	2.36	14.19%	3.38%
Prueba 25	12/08/2015	P06	6.18	8.42	2.24	20.69%	2.73%
Prueba 26	12/08/2015	P01	7.12	8.35	1.23	14.42%	3.22%
Prueba 27	13/08/2015	P03	9.87	10.71	0.84	10.45%	1.19%
Prueba 28	14/08/2015	P04	7.99	10.06	2.08	13.94%	2.41%
Prueba 29	14/08/2015	P05	8.89	9.63	0.74	12.68%	3.25%
Prueba 30	17/08/2015	P06	5.74	7.83	2.10	25.45%	6.07%
Prueba 31	17/08/2015	P01	6.51	8.34	1.83	22.18%	4.94%
Prueba 32	18/08/2015	P03	7.74	10.07	2.33	23.90%	3.85%
Prueba 33	19/08/2015	P04	7.04	8.74	1.70	20.80%	3.89%
Prueba 34	19/08/2015	P05	7.40	9.54	2.14	20.58%	4.84%
Prueba 35	20/08/2015	P06	6.12	8.09	1.97	16.63%	5.44%
Prueba 36	20/08/2015	P01	5.96	7.51	1.55	21.50%	5.24%
Prueba 37	21/08/2015	P03	7.31	9.15	1.85	21.46%	3.95%
Prueba 38	24/08/2015	P04	7.71	9.91	2.20	13.19%	3.67%
Prueba 39	24/08/2015	P05	6.69	8.44	1.75	25.28%	4.06%
Prueba 40	25/08/2015	P06	5.93	8.35	2.41	22.95%	3.59%
Prueba 41	25/08/2015	P01	6.14	8.96	2.81	19.14%	3.85%
Prueba 42	26/08/2015	P03	6.98	9.15	2.17	26.12%	3.36%
Prueba 43	27/08/2015	P04	6.67	9.02	2.35	21.76%	4.18%
Prueba 44	27/08/2015	P05	6.88	9.16	2.28	22.93%	2.95%
Prueba 45	28/08/2015	P06	5.69	7.66	1.97	22.35%	3.61%
Prueba 46	28/08/2015	P01	5.76	7.34	1.58	22.50%	3.39%

Cuadro 2: Resumen de pruebas de fragmentación Wipfrag vs Split Online

Estimando los intervalos de confianza de todas las pruebas realizadas con un nivel de significancia del 95%, se puede afirmar que el error que ofrece el Sistema Split Online es del 3%, ver Figura 124.

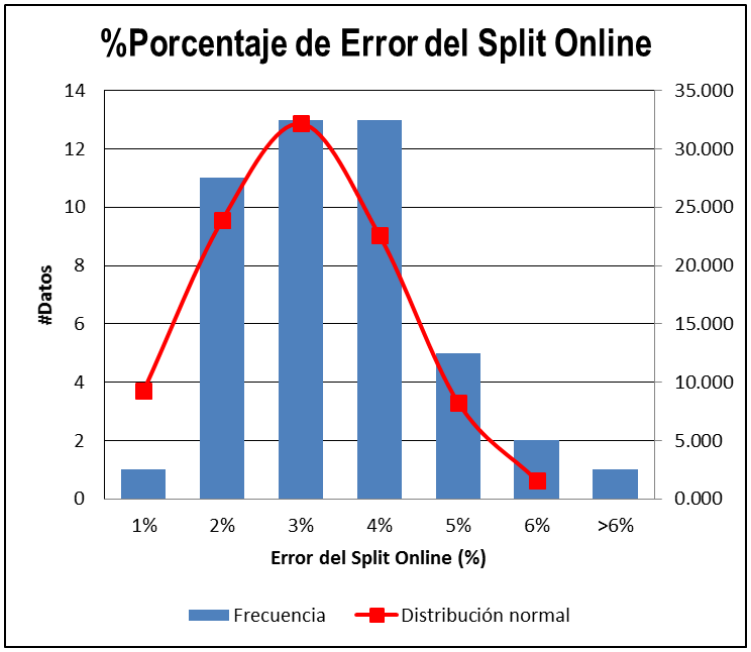


Figura 124: Porcentaje de error del Split Online
(Fuente: Elaboración propia)

Estimando los intervalos de confianza de todas las pruebas realizadas con un nivel de significancia del 95%, se puede afirmar que el error que ofrece el software Wipfrag es del 16%, ver Figura 125.

Finalmente se contrasta que la hipótesis es correcta, el Sistema Split Online tiene mayor representatividad ya que posee un menor grado de error el cual es de 3%, a diferencia del Wipfrag el cual tiene un error del 16%.

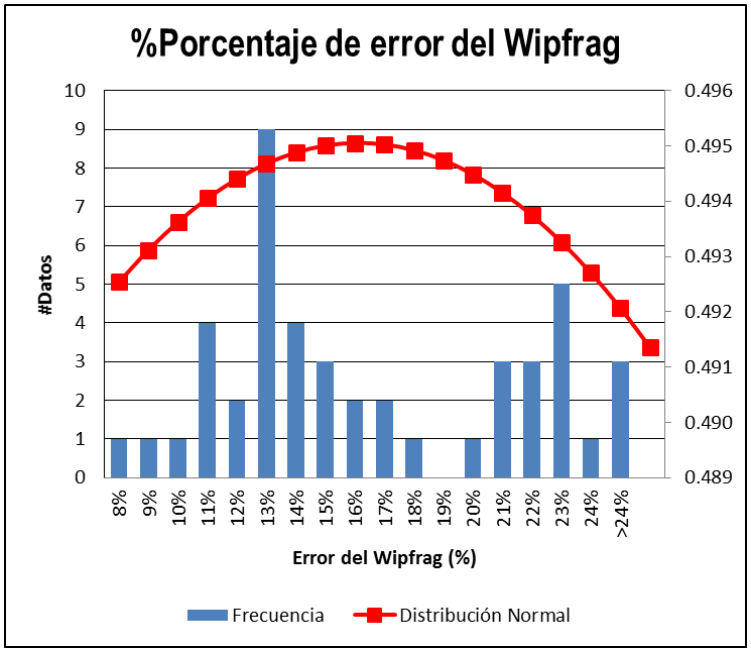


Figura 125: Porcentaje de error del Wipfrag
(Fuente: Elaboración propia)

La Figura 126, muestra la distribución de la variación del P80 del Wipfrag vs el Sistema Split Online, dando como resultado que existe una variación promedio de **2 pulgadas** entre el P80 del Wipfrag y el P80 del Split Online.

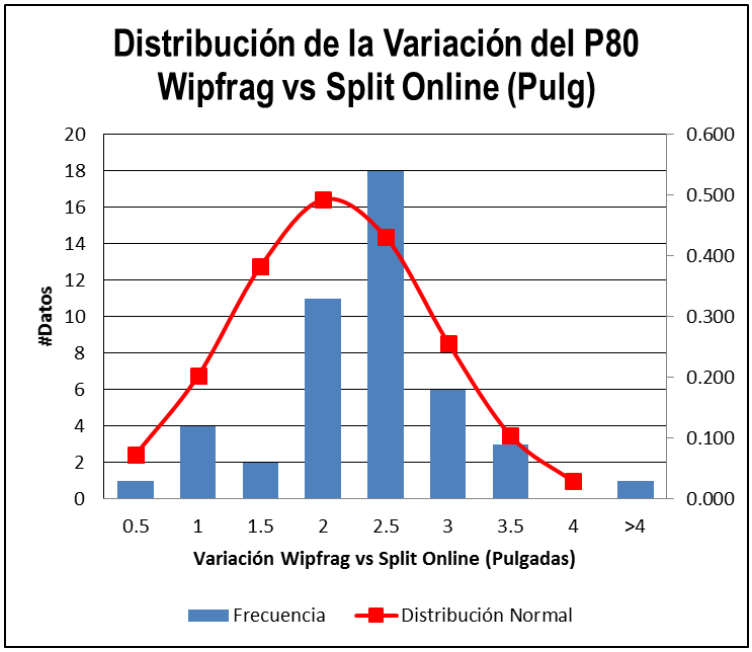


Figura 126: Variación del P80, Wipfrag vs Split Online
(Fuente: Elaboración propia)

5.2.3. DETERMINACIÓN DE LA FRAGMENTACIÓN PARA AHORRAR COSTOS DE PERFORACIÓN Y VOLADURA

La hipótesis planteada menciona que con la utilización del Sistema Split Online se puede ahorrar costos en perforación y voladura.

Como se muestra en las Figura 116 y Figura 117 efectivamente al cambiar un parámetro de voladura genera cambios significativos en los costos de perforación y explosivo.

Del estudio anterior hay un ahorro en el costo de perforación de 0.01$/TM y un ahorro del costo de explosivo de 0.019$/TM, que es equivalente a decir que se ahorró en total en el costo de perforación 12,218$ y en el costo de explosivo se ahorró 41,435$. Todo esto sin afectar demasiado el grado de fragmentación

requerida ya que el P80 aumentó de 6.67 a 9.57 pulgadas, valor que está dentro de los estándares requeridos para un P80 de material destinado a botaderos.

Todo ello al cambiar solo un parámetro de voladura y de hacer un buen uso al Sistema Split Online

CONCLUSIONES

- Con el uso de una tecnología automatizada como el Sistema Split Online para determinar la fragmentación de la roca, se puede obtener mayores resultados más representativos y confiables en un menor tiempo, y no solo eso, sino también al alcance de cualquier usuario a cualquier momento del día, en forma de reportes didácticos y finalmente tener toda una base de datos detallado. En mina Cuajone, para las pruebas iniciales se instaló el sistema Split Online en 5 Palas las cuales determinaran la fragmentación en tiempo real durante todo el día.

- De las pruebas realizadas se concluye, que la cantidad de muestras tomadas (fotos tomadas) para determinar el grado de fragmentación de roca, influye mucho en el grado de error que ofrecerá, es decir, no es lo mismo hallar el grado de fragmentación con solo dos o tres fotos (cantidad de fotos que toma Wipfrag), que hallar el grado de fragmentación con 100, 200, 300 o 500 fotos (Cantidad de fotos que toma el Sistema Split Online). Finalmente de las 46 pruebas realizadas se concluye que el Sistema Split Online ofrece un error del 3%, mientras que el software Wipfrag ofrece un error del 16%. Y como un dato adicional se concluye que existe una variación promedio de 2 pulgadas entre el P80 del

Wipfrag y el P80 del Sistema Split Online, siendo siempre mayor el P80 del Sistema Split Online.

- Del estudio realizado con solo extender la malla de 9x9m a 9.5x9.5m el costo de explosivo disminuye en 0,019 $/TM y el costo de perforación disminuye en 0.01 $/TM. Finalmente se ahorró dinero, manteniendo el grado de fragmentación dentro de los estándares requeridos y manteniendo el tiempo de carguío.

  Cabe mencionar que mantener el grado de fragmentación dentro de los estándares deseados es muy importante, ya que implica que los costos tanto de mina como de planta concentradora aumenten por la fragmentación inadecuada.

RECOMENDACIONES

- Se debe de seguir con la implementación de reportes que genera el Sistema Split Online, quizá por ejemplo, reportes que emitan el P80 promedio mensuales o anuales, con el fin de visualizar la fluctuación del P80 durante el año, el P80 obtenido por proyecto disparado entre otros reportes que puedan ser de utilidad para el ingeniero de Minas encargado del área de voladura.

  De igual manera se recomienda implementar el Sistema Split Online en las palas faltantes (Pala 02 y Pala 07) para poder obtener la fragmentación en tiempo real de los frentes de minado en las que se encuentran dichas palas.
- Como ya se demostró el Split Online tiene mucha mayor representatividad que el Wipfrag, por lo tanto, se recomienda estandarizar el uso permanente del Sistema Split Online e inclusive invertir más en investigaciones para este sistema automatizado de determinación de la fragmentación y dejar de lado el uso de programas de análisis granulométricos asistidos desde un computador. También se debe de realizar más estudios con el fin de contrastar los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación y de esa forma afinar la variabilidad del P80 y el grado de error obtenidos entre el Wipfrag y Split Online.
- Se recomienda seguir dándole un buen uso al Sistema Split Online, es decir, el Ingeniero de Minas deberá de seguir ajustando los

parámetros de voladura para obtener la fragmentación deseada, y así optimizar el uso de explosivo el cual es el mayor vital en el proceso de voladura lo que finalmente conlleva a reducir los costos de voladura. También se recomienda realizar investigaciones en cómo afecta la fragmentación de roca en la velocidad de excavación, y su impacto en la producción.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alejandro Barona Ferrer, 2014, Evaluacion del funcionamiento de sistemas de analisis digital de imágenes – WipFrag (Edicion Manual) y Split Online, pp 3.
2. Artigas Z., Maria T., 2011, Diseño de patrones de perforación y voladura, para normalizar la fragmentación de material resultante de la Mina Choco 10 Empresa PMG S.A. Caracas, Venezuela, pp 86-88.
3. Girdner, K, Kemeny, J., Srikant, A., and R. McGill. 1996. The Split system for analyzing the size distribution of fragmented rock, Proceedings of the FRAGBLAST-5 Workshop on Measurement of Blast Fragmentation (Franklin, J. and T. Katsabanis, eds.), Montreal, Quebec, Canada, pp. 101-108.
4. Hernandez, Fernandez y Baptista (2010) – Metodologia de la investigación (Quinta Edicion), ed. McGRAW-HILL, Best Seller, Mexico D.F, pp 1-613.
5. Kemeny, J., 1994, "A practical technique for determining the size distribution of blasted benches, waste dumps, and heap-leach sites", Mining Engineering, Vol. 46, No. 11, pp. 1281-1284.
6. John Kemeny, Kristin Girdner y Tom BoBo (2000) – Nuevos avances en software para análisis digital de imágenes y cuantificar

los tamaños de fragmentación de roca. Split Engineering, pp 18, Tucson, USA.

7. Liu, Q., and Tran, H. 1996. Comparing systems - Validation of Fragscan, WipFrag, and Split, Measurement of Blast Fragmentation, J. Franklin and T. Katsabanis eds, A.A. Balkema, pp 151-155.
8. P.L. Gillot (2004) – Pit To Plant Optimization at Morila Gold Mine, pp 1-14, Niarela, Bamako, Republic of mail, West Africa.
9. Southern Peru Copper Corporation (2014) – Informes internos y memorias.
10. Split Engineering (2014) – Entrenamiento básico del Sistema Split Online. Centro de entrenamiento de Santiago de Chile, Santiago, Chile.

ANEXOS

ANEXO 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA DE PROYECTO DE TESIS

MATRIZ DE CONSISTENICA					
INTERROGANTES DE INV	**OBJETIVOS**	**HIPOTESIS**	**Variable Independiente.**	**Variable dependiente.**	**NIVEL DE INVESTIGACION**
¿Cómo se podrá determinar eficientemente la fragmentación en la Unidad minera Cuajone – Southern Peru Copper Corporation?	Determinar el grado de fragmentación en tiempo real en el proceso de perforación y voladura, en la Unidad Minera Cuajone – Southern Peru Copper Coporation, sin que interrumpa o detenga las operaciones.	Con la utilizacion del Sistema Split Online, la determinación de la fragmentación será más rapida y en tiempo real.	Utilizacion de un adecuado Sistema de analisis granulometrico.	Determinar una fragmentacion exacta y precisa.	INVESTIGACIÓN DESCRIPTIVA
¿Qué tan eficiente será la determinacion de la fragmentacion con el sistema Split Online comparado con otros programas de análisis granulométrico?	Comprobar el grado confiabilidad y representatividad del Sistema Split Online en relación con otros programas de análisis granulométrico.	Con la utilizacion del Sistema Split Online, la determinación de la fragmentación, tendrá mayor representatividad y eficiencia que otros programas de análisis granulométrico.	Grado de representatividad y rapidez en la cuantificación de analisis granulometrico que me brinda el Sistema Split Online.	Eficiencia del Sistema Split Online	INVESTIGACIÓN DESCRIPTIVA
¿Qué beneficios se obtendrá con la utilización del Sistema Split Online para determinar la fragmentación?	Utilizar un sistema automatizado que permita determinar la fragmentación con la finalidad de ajustar los parámetros de voladura.	Con la utilizacion del Sistema Split Online, la determinación de la fragmentación, ayudará a ahorrar costos de perforación y voladura.	Beneficios del Sistema Split Online.	Utilizacion del Sistema Split Online.	INVESTIGACIÓN DESCRIPTIVA

(Fuente: Elaboración propia)

ANEXO 2

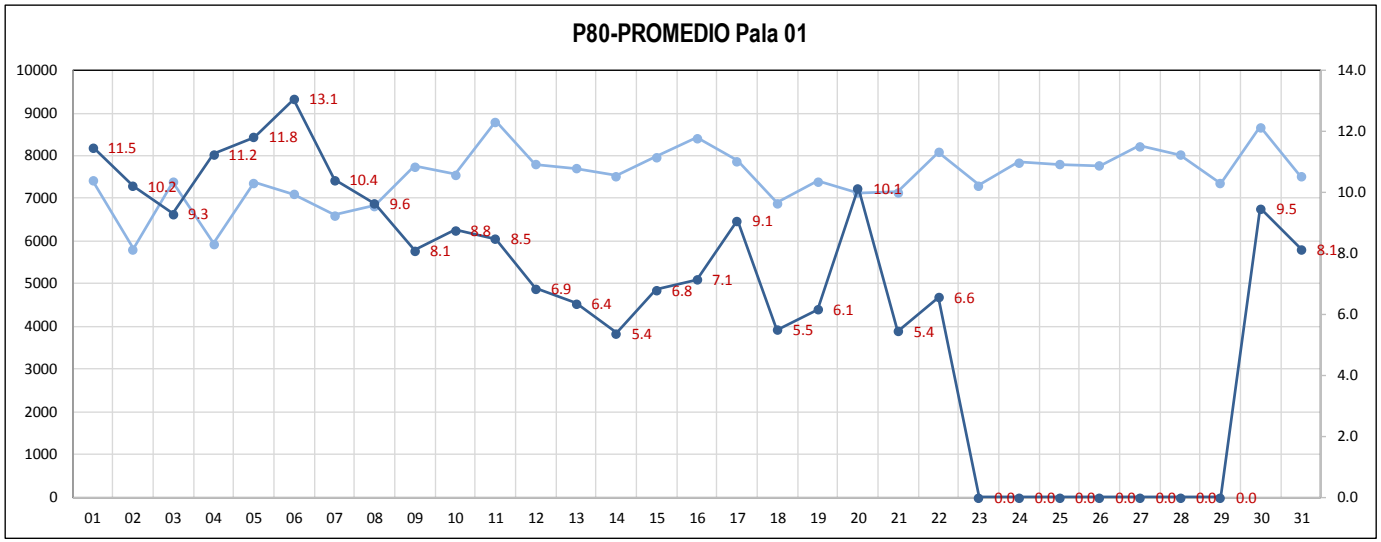
REPORTE DEL SISTEMA SPLIT ONLINE EN ARCHIVO TRANSFERIBLE

SOUTHERN COPPER
SOUTHERN PERU
Sistema Integral de Operaciones

REPORTE SPLIT SHOVEL Pala 01

Periodo: Julio 2015

Fecha : 04/08/2015
Hora : 07:06:30 p.m.



	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
P80	11.5	10.2	9.3	11.2	11.8	13.1	10.4	9.6	8.1	8.8	8.5	6.9	6.4	5.4	6.8	7.1	9.1	5.5	6.1	10.1	5.4	6.6								9.5	8.1
Nro Registros	144	39	260	382	286	220	184	154	43	121	94	69	162	169	228	77	410	239	315	213	274	320								31	174
Vel. Excav.	7415	5808	7380	5946	7372	7099	6606	6836	7753	7566	8805	7801	7701	7526	7982	8418	7884	6901	7409	7128	7143	8089	7303	7845	7800	7771	8233	8027	7357	8676	7512
Tonelaje	54805	24500	62195	43450	74140	71390	64075	75440	31745	67795	38430	57910	70445	63295	72905	34090	60695	55415	70170	41475	39170	61790	18875	83950	65220	63790	67385	73230	68800	36970	62355
Horas	7.4	4.2	8.4	7.3	10.1	10.1	9.7	11.0	4.1	9.0	4.4	7.4	9.1	8.4	9.1	4.0	7.7	8.0	9.5	5.8	5.5	7.6	2.6	10.7	8.4	8.2	8.2	9.1	9.4	4.3	8.3

(Fuente: Departamento de perforación y voladura SPCC – Mina Cuajone)

ANEXO 3

BASE DE DATOS DEL P80 DIARIO DEL SISTEMA SPLIT ONLINE Y GENERACIÓN DE GRÁFICA

SOUTHERN COPPER
SOUTHERN PERU

DIARIO POR EQUIPO

Equipo: Pala 1
Fecha: 2015/07/17

Tonelaje	60,695.00										
Ton/Hr	7,883.61										
Fecha	P10IN	P20IN	P30IN	P40IN	P50IN	P60IN	P70IN	P80IN	P90IN	Poligono	Malla
2015/07/17 06:05:21	0.551	1.085	1.531	1.979	2.839	3.586	5.514	6.661	11.174	3100-557/O	
2015/07/17 06:06:06	0.104	0.230	0.378	0.553	0.765	1.033	1.311	1.726	2.311	3100-557/O	
2015/07/17 06:06:44	0.192	0.417	0.658	0.908	1.230	1.710	2.142	2.803	3.454	3100-557/O	
2015/07/17 06:08:19	0.266	0.578	0.910	1.618	2.100	2.677	3.235	3.878	5.366	3100-557/O	
2015/07/17 06:09:21	0.596	1.272	1.848	2.579	3.363	4.308	6.036	8.346	12.371	3100-557/O	
2015/07/17 06:10:00	0.438	0.971	1.456	1.931	2.355	2.839	3.996	5.326	10.344	3100-557/O	
2015/07/17 06:10:48	1.153	2.984	4.215	5.242	6.000	7.510	8.850	11.465	13.332	3100-557/O	
2015/07/17 06:11:30	0.766	2.028	3.001	4.129	4.885	5.850	7.079	9.602	12.480	3100-557/O	
2015/07/17 06:13:10	1.604	2.840	3.973	5.015	5.997	9.005	17.039	23.323	23.345	3100-557/O	
2015/07/17 06:13:54	1.941	3.293	4.369	5.221	7.946	9.129	12.766	14.820	24.155	3100-557/O	
2015/07/17 06:14:33	1.733	3.282	4.535	6.469	8.749	10.255	11.386	14.345	25.517	3100-557/O	
2015/07/17 06:16:07	0.565	1.306	2.008	2.637	3.297	4.451	5.242	7.121	8.335	3100-557/O	
2015/07/17 06:16:50	0.827	2.263	3.279	3.937	4.409	5.377	7.236	10.212	12.201	3100-557/O	
2015/07/17 06:17:30	0.477	1.045	1.539	2.129	2.644	3.205	4.500	5.061	8.894	3100-557/O	
2015/07/17 06:18:03	0.718	1.862	2.516	3.133	3.862	4.711	5.852	7.817	11.239	3100-557/O	
2015/07/17 06:18:36	0.813	1.424	2.083	2.563	3.390	4.412	6.086	9.645	14.927	3100-557/O	
2015/07/17 06:20:55	0.574	1.118	1.543	2.005	2.357	3.080	4.330	7.064	11.813	3100-557/O	
2015/07/17 06:21:44	0.334	0.726	1.248	1.887	2.407	2.919	3.494	4.121	4.968	3100-557/O	
2015/07/17 06:22:22	0.235	0.511	0.805	1.174	1.567	2.042	2.671	3.286	4.102	3100-557/O	
2015/07/17 06:23:04	0.353	0.767	1.435	2.059	2.620	3.167	3.761	4.553	6.187	3100-557/O	
2015/07/17 06:23:45	0.315	0.700	1.163	1.662	2.098	2.649	3.324	4.188	4.743	3100-557/O	
2015/07/17 06:25:04	0.342	0.744	1.387	2.127	2.681	3.310	3.817	5.625	6.167	3100-557/O	
2015/07/17 06:25:35	0.379	0.824	1.473	2.219	2.795	3.522	4.300	5.197	6.472	3100-557/O	
2015/07/17 06:26:11	0.288	0.640	1.043	1.542	1.914	2.415	3.082	4.096	4.961	3100-557/O	
2015/07/17 06:27:08	0.214	0.466	0.734	1.128	1.618	2.139	2.557	3.095	3.475	3100-557/O	
2015/07/17 06:27:59	1.531	2.651	3.737	4.728	7.057	9.283	14.357	14.545	21.157	3100-555/O	
2015/07/17 06:28:46	0.756	1.902	2.954	3.919	4.793	5.541	6.854	8.498	12.882	3100-555/O	
2015/07/17 06:29:24	0.465	1.047	1.768	2.413	3.004	3.735	4.479	5.611	7.246	3100-555/O	
2015/07/17 06:30:44	0.255	0.555	0.875	1.420	1.944	2.402	2.845	3.400	3.833	3100-555/O	
2015/07/17 06:31:30	0.285	0.632	1.050	1.487	1.852	2.312	2.937	3.662	4.714	3100-555/O	
2015/07/17 06:32:27	0.406	0.883	1.603	2.251	2.878	3.432	4.099	5.699	6.414	3100-555/O	
2015/07/17 06:33:01	0.288	0.626	0.999	1.481	1.910	2.526	2.974	3.667	4.808	3100-555/O	
2015/07/17 06:33:35	0.386	0.839	1.429	2.069	2.556	3.222	4.212	5.431	7.047	3100-555/O	
2015/07/17 06:34:51	1.594	3.462	4.833	7.219	8.655	9.977	12.770	15.979	16.219	3100-555/O	
2015/07/17 06:35:55	0.503	1.154	1.921	2.582	3.086	3.922	4.738	5.592	8.415	3100-555/O	
2015/07/17 06:36:58	0.679	1.739	2.607	3.576	4.583	5.625	6.922	7.911	8.683	3100-555/O	
2015/07/17 06:38:34	0.552	1.336	2.112	2.819	3.442	4.187	5.198	6.405	8.216	3100-555/O	
2015/07/17 06:39:08	0.576	1.470	2.136	2.563	3.387	4.156	4.717	6.147	8.002	3100-555/O	
2015/07/17 06:39:47	1.217	2.475	3.718	4.626	5.232	6.284	7.343	9.480	20.768	3100-555/O	
2015/07/17 06:42:53	0.445	0.990	1.370	1.693	2.222	2.659	3.138	4.110	11.353	3100-555/O	
2015/07/17 06:46:51	0.135	0.299	0.491	0.719	0.986	1.250	1.525	2.064	2.931	3100-555/O	
2015/07/17 06:47:30	0.628	1.246	1.760	2.239	2.856	4.072	6.029	7.216	12.747	3100-555/O	
2015/07/17 06:48:07	0.401	0.872	1.682	2.282	2.897	3.540	4.249	5.079	5.941	3100-555/O	
2015/07/17 06:48:45	0.394	0.856	1.449	2.135	2.696	3.116	4.150	5.285	6.961	3100-555/O	
2015/07/17 06:49:16	2.283	3.689	5.347	8.107	22.266	32.823	32.841	32.850	32.861	3100-555/O	
2015/07/17 06:49:52	0.372	0.810	1.368	2.015	2.472	3.026	3.634	4.691	6.963	3100-555/O	
2015/07/17 06:50:56	0.295	0.641	1.027	1.392	1.964	2.411	2.956	3.852	5.928	3100-555/O	
2015/07/17 06:52:52	0.500	1.124	1.960	2.723	3.380	4.294	5.014	6.124	7.499	3100-555/O	
2015/07/17 06:53:34	0.229	0.498	0.786	1.081	1.427	2.125	2.555	3.044	4.027	3100-555/O	
2015/07/17 06:54:14	0.374	0.829	1.324	1.767	2.232	2.836	3.830	5.102	5.978	3100-555/O	
2015/07/17 06:54:51	0.305	0.677	1.084	1.508	1.873	2.522	3.346	4.164	7.044	3100-555/O	
2015/07/17 06:55:26	2.190	4.587	20.185	20.220	21.751	31.060	31.082	31.092	31.102	3100-555/O	
2015/07/17 06:56:43	0.309	0.672	1.147	1.735	2.223	2.794	3.396	3.965	5.076	3100-555/O	
2015/07/17 06:57:13	0.599	1.399	2.128	3.011	3.610	4.716	5.902	7.222	9.262	3100-555/O	
2015/07/17 06:58:03	0.222	0.483	0.761	1.076	1.464	1.950	2.414	2.828	3.914	3100-555/O	
2015/07/17 06:58:39	0.419	0.913	1.691	2.389	2.930	3.557	4.219	5.138	6.318	3100-555/O	
2015/07/17 06:59:31	0.416	0.904	1.683	2.278	2.934	3.487	4.268	5.033	6.411	3100-555/O	
2015/07/17 07:00:09	0.306	0.666	1.096	1.676	2.171	2.809	3.424	4.218	5.339	3100-555/O	
2015/07/17 07:00:50	1.316	2.259	3.084	4.019	5.722	8.345	13.291	20.634	20.663	3100-555/O	
2015/07/17 07:01:29	0.333	0.725	1.197	1.848	2.354	2.781	3.510	4.299	5.621	3100-555/O	
2015/07/17 07:02:13	0.869	2.194	3.428	4.343	5.032	6.157	6.906	9.290	13.119	3100-555/O	
2015/07/17 07:02:52	1.041	2.040	2.717	3.657	4.856	6.341	8.536	16.687	17.890	3100-555/O	
2015/07/17 07:03:24	0.481	1.036	1.642	2.118	2.727	3.509	4.250	5.365	6.378	3100-555/O	
2015/07/17 07:03:59	0.690	1.373	1.950	2.389	2.973	3.661	4.376	4.990	15.129	3100-555/O	
2015/07/17 07:05:03	0.442	0.964	1.622	2.279	2.905	3.600	4.299	5.122	6.556	3100-555/O	
2015/07/17 07:05:44	0.376	0.833	1.206	1.540	1.968	2.294	2.996	6.092	7.813	3100-555/O	
2015/07/17 07:08:18	0.816	1.859	2.713	3.371	4.445	5.104	6.278	12.413	13.440	3100-555/O	

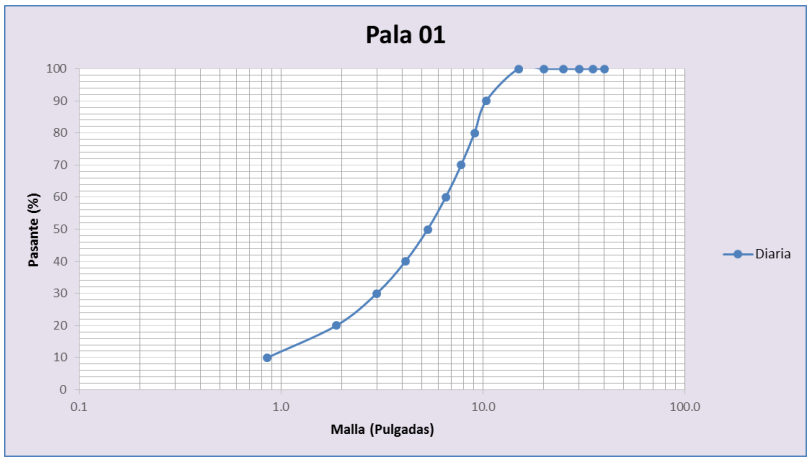
2015/07/17 07:09:11	0.494	1.242	2.008	2.684	3.540	4.215	4.885	6.023	7.604	3100-555/O	
2015/07/17 07:09:49	0.410	0.910	1.519	1.962	2.458	3.368	4.188	5.481	7.584	3100-555/O	
2015/07/17 07:10:30	0.334	0.740	1.258	1.719	2.150	2.607	3.238	4.354	5.642	3100-555/O	
2015/07/17 07:11:15	0.307	0.669	1.106	1.651	2.166	2.648	3.352	4.547	5.898	3100-555/O	
2015/07/17 07:11:51	0.926	2.512	4.039	5.054	5.944	6.792	7.851	9.504	12.201	3100-555/O	
2015/07/17 07:13:44	0.986	2.705	3.633	5.148	6.165	7.373	8.673	10.614	17.846	3100-555/O	
2015/07/17 07:14:28	1.263	2.229	3.260	4.234	6.070	7.822	9.475	14.565	19.961	3100-555/O	
2015/07/17 07:15:07	0.608	1.396	2.245	2.988	3.523	4.135	5.072	6.560	7.402	3100-555/O	
2015/07/17 07:15:42	0.474	1.074	1.910	2.600	3.193	3.981	4.546	5.484	7.228	3100-555/O	
2015/07/17 07:16:53	0.450	1.019	1.863	2.806	3.514	4.078	4.762	5.945	7.357	3100-555/O	
2015/07/17 07:23:26	1.110	2.148	3.268	4.045	5.241	7.926	11.996	12.180	12.445	3100-555/O	
2015/07/17 07:24:41	0.855	1.656	2.398	3.271	4.638	6.484	7.817	9.681	11.150	3100-555/O	
2015/07/17 07:25:25	0.823	1.540	2.206	3.088	4.047	5.066	7.363	10.850	13.478	3100-555/O	
2015/07/17 07:27:42	0.372	0.809	1.284	1.826	2.474	2.963	3.487	4.682	6.894	3100-555/O	
2015/07/17 07:29:46	0.494	1.133	1.857	2.578	3.229	3.903	4.817	5.669	6.449	3100-555/O	
2015/07/17 07:32:17	1.076	2.359	3.606	4.811	5.986	7.861	10.058	12.269	15.990	3100-555/O	
2015/07/17 07:34:38	0.658	1.303	1.908	2.541	3.331	4.891	5.886	6.616	13.662	3100-555/O	
2015/07/17 07:36:34	0.542	1.301	2.186	2.834	3.731	4.426	5.194	6.167	7.569	3100-555/O	
2015/07/17 08:40:54	0.813	1.835	2.699	3.329	4.258	5.250	6.854	8.231	11.047	3100-556/O	
2015/07/17 08:41:54	0.419	0.931	1.549	1.984	2.305	3.143	3.847	4.911	8.231	3100-556/O	
2015/07/17 08:42:36	0.274	0.596	0.939	1.377	1.783	2.322	2.749	3.575	4.519	3100-556/O	
2015/07/17 08:43:12	0.476	1.051	1.745	2.278	3.041	3.605	4.109	5.346	9.233	3100-556/O	
2015/07/17 08:45:25	0.430	0.954	1.444	1.864	2.393	2.873	3.445	4.212	6.126	3100-556/O	
2015/07/17 08:45:52	0.374	0.830	1.301	1.714	2.196	2.819	3.488	4.541	7.356	3100-556/O	
2015/07/17 08:53:03	0.387	0.843	1.530	2.082	2.875	3.467	4.189	5.939	7.162	3100-556/O	
2015/07/17 08:54:32	0.455	1.004	1.852	2.623	3.359	4.093	5.286	7.388	9.488	3100-556/O	
2015/07/17 08:55:47	0.159	0.351	0.578	0.846	1.108	1.368	1.765	2.326	3.191	3100-556/O	
2015/07/17 08:56:44	0.225	0.498	0.819	1.096	1.386	1.829	2.334	2.810	4.958	3100-556/O	
2015/07/17 08:58:03	0.390	0.865	1.309	1.743	2.166	2.783	3.679	4.833	6.703	3100-556/O	
2015/07/17 08:59:26	0.681	1.250	1.705	2.649	3.814	4.892	5.918	9.102	13.391	3100-556/O	
2015/07/17 09:00:27	0.148	0.321	0.506	0.698	0.897	1.119	1.589	1.998	2.878	3100-556/O	
2015/07/17 09:06:19	0.289	0.641	1.030	1.355	1.640	2.127	2.447	2.937	5.151	3100-556/O	
2015/07/17 09:31:39	0.470	1.082	1.819	2.401	3.010	3.815	4.447	5.428	7.395	3100-560/O	
2015/07/17 09:31:52	0.272	0.604	0.985	1.326	1.675	2.098	2.906	3.798	4.218	3100-560/O	
2015/07/17 09:31:53	0.319	0.708	1.154	1.464	1.926	2.503	3.271	4.353	6.363	3100-560/O	
2015/07/17 09:32:33	0.522	1.141	1.566	1.949	2.676	3.865	5.059	7.182	8.138	3100-560/O	
2015/07/17 09:34:36	0.255	0.555	0.874	1.302	1.866	2.514	3.010	3.753	5.211	3100-560/O	
2015/07/17 09:35:14	0.419	0.911	1.636	2.226	2.938	3.456	4.098	5.238	6.603	3100-560/O	
2015/07/17 09:35:44	1.441	2.522	3.833	4.705	7.241	14.183	14.553	20.888	20.910	3100-560/O	
2015/07/17 09:36:30	1.380	2.086	2.961	8.631	11.898	13.741	15.393	19.388	19.412	3100-560/O	
2015/07/17 09:37:41	0.795	2.088	3.067	3.983	4.822	6.016	8.096	9.231	10.742	3100-560/O	
2015/07/17 09:38:15	0.453	1.011	1.655	2.406	3.227	3.595	4.646	6.346	9.252	3100-560/O	
2015/07/17 09:41:55	0.253	0.551	0.869	1.431	1.963	2.487	3.046	3.626	4.223	3100-560/O	
2015/07/17 09:43:12	0.746	2.209	3.241	4.020	4.840	5.909	9.966	11.177	18.183	3100-560/O	
2015/07/17 09:43:42	0.344	0.764	1.174	1.589	1.973	2.395	2.923	3.420	4.995	3100-560/O	
2015/07/17 09:45:19	1.750	2.919	6.212	11.357	16.066	16.124	16.854	17.407	18.437	3100-560/O	
2015/07/17 09:49:04	0.275	0.599	0.944	1.267	1.781	2.295	2.737	3.965	4.494	3100-560/O	
2015/07/17 09:51:43	0.416	0.905	1.709	2.429	3.138	3.675	4.633	5.789	6.699	3100-560/O	
2015/07/17 09:52:25	0.366	0.796	1.637	2.742	3.521	4.308	5.664	6.399	14.244	3100-560/O	
2015/07/17 09:53:46	0.625	1.554	2.541	3.274	4.113	4.920	5.846	6.712	9.332	3100-560/O	
2015/07/17 09:54:58	0.378	0.822	1.522	2.078	2.668	3.197	3.694	4.918	6.750	3100-560/O	
2015/07/17 09:55:34	0.804	1.691	2.440	3.219	4.179	4.983	5.971	9.335	10.124	3100-560/O	
2015/07/17 09:59:16	2.102	3.704	5.542	8.918	15.345	22.262	22.284	25.359	25.374	3100-560/O	
2015/07/17 10:02:14	0.819	1.938	3.003	3.921	4.997	6.227	7.216	8.810	12.993	3100-560/O	
2015/07/17 10:03:48	0.804	2.049	3.053	4.057	5.065	6.619	8.414	10.148	18.077	3100-560/O	
2015/07/17 10:04:11	1.173	1.811	2.727	3.644	4.936	7.714	22.246	22.258	22.269	3100-560/O	
2015/07/17 10:10:48	2.387	3.965	5.834	15.233	20.066	20.097	29.045	29.057	29.068	3100-560/O	
2015/07/17 10:11:19	0.272	0.602	0.988	1.338	1.735	2.180	2.941	3.812	4.987	3100-560/O	
2015/07/17 10:11:54	0.263	0.572	0.902	1.589	2.172	2.921	3.393	4.323	5.261	3100-560/O	
2015/07/17 10:12:30	0.352	0.765	1.408	2.085	2.756	3.555	3.965	5.395	6.381	3100-560/O	
2015/07/17 10:13:09	0.199	0.441	0.726	1.068	1.395	1.780	2.394	2.929	3.664	3100-560/O	
2015/07/17 10:13:54	2.116	3.809	5.213	7.193	11.212	12.413	16.524	26.681	26.696	3100-560/O	
2015/07/17 10:14:41	0.399	0.867	1.708	2.379	3.122	4.005	4.893	5.660	7.729	3100-560/O	
2015/07/17 10:15:16	0.721	1.661	2.522	3.106	4.241	5.368	6.963	8.586	14.852	3100-560/O	
2015/07/17 10:15:57	0.547	1.292	2.179	2.857	3.541	4.260	4.867	5.712	13.154	3100-560/O	
2015/07/17 10:17:03	0.352	0.766	1.375	2.096	2.781	3.630	5.088	6.341	7.063	3100-560/O	
2015/07/17 10:17:40	0.195	0.423	0.667	0.922	1.460	2.014	2.679	3.544	4.922	3100-560/O	
2015/07/17 10:18:32	0.162	0.352	0.554	0.766	1.049	1.566	2.222	2.778	4.072	3100-560/O	
2015/07/17 10:19:25	0.224	0.497	0.817	1.417	1.939	2.539	3.354	4.249	5.157	3100-560/O	
2015/07/17 10:19:56	0.216	0.469	0.740	1.169	1.717	2.301	2.930	3.591	4.616	3100-560/O	
2015/07/17 10:20:34	0.171	0.378	0.622	0.911	1.193	1.468	1.835	2.377	3.674	3100-560/O	
2015/07/17 10:21:29	0.394	0.857	1.595	2.351	2.900	3.652	4.110	4.843	5.806	3100-560/O	
2015/07/17 10:22:31	0.287	0.623	1.019	1.899	2.542	3.099	4.001	4.892	5.813	3100-560/O	
2015/07/17 10:23:08	0.805	1.484	2.120	3.254	3.918	5.035	5.939	16.437	16.451	3100-560/O	
2015/07/17 10:23:39	0.598	1.131	1.596	2.131	2.638	3.501	6.626	13.711	13.726	3100-560/O	
2015/07/17 10:24:20	0.252	0.547	0.862	1.365	1.727	2.332	2.855	3.563	4.099	3100-560/O	
2015/07/17 10:25:07	0.287	0.625	1.007	1.989	2.653	3.441	4.171	5.132	6.666	3100-559/O	
2015/07/17 10:25:48	3.388	5.769	7.285	8.794	12.255	12.986	16.783	18.096	19.090	3100-559/O	
2015/07/17 10:26:20	5.329	8.668	11.540	16.393	18.423	25.234	33.250	39.023	39.042	3100-559/O	

2015/07/17 10:26:59	0.884	2.620	3.940	5.064	5.903	6.797	8.169	9.175	12.742	3100-559/O	
2015/07/17 10:27:55	0.866	2.414	3.540	4.698	5.833	7.098	7.749	9.119	10.303	3100-559/O	
2015/07/17 10:28:27	0.700	1.944	2.914	3.741	4.879	5.710	6.520	7.751	8.719	3100-559/O	
2015/07/17 10:29:08	0.522	1.246	2.297	3.228	3.984	4.743	6.074	6.998	7.410	3100-559/O	
2015/07/17 10:29:42	0.485	1.156	2.045	2.812	3.762	4.828	5.499	5.986	7.167	3100-559/O	
2015/07/17 10:30:45	0.629	1.713	2.984	3.558	4.775	6.024	7.012	10.715	12.280	3100-559/O	
2015/07/17 10:31:30	1.493	2.718	3.777	5.785	12.524	25.656	25.669	25.678	25.688	3100-559/O	
2015/07/17 10:32:00	1.074	1.687	2.090	2.720	3.570	4.544	19.520	19.538	19.550	3100-559/O	
2015/07/17 10:35:16	0.301	0.655	1.086	1.736	2.331	3.083	3.509	4.467	5.319	3100-559/O	
2015/07/17 10:35:59	0.323	0.702	1.270	2.137	2.967	3.467	4.315	5.664	8.654	3100-559/O	
2015/07/17 10:36:34	3.331	7.677	21.356	21.388	36.648	36.658	36.665	36.672	36.681	3100-559/O	
2015/07/17 10:37:10	0.316	0.688	1.299	2.132	3.012	3.474	4.057	4.647	5.688	3100-559/O	
2015/07/17 10:37:46	0.253	0.550	0.866	1.325	1.890	2.276	2.990	3.781	5.092	3100-559/O	
2015/07/17 10:38:56	0.435	0.968	1.681	2.202	2.868	3.800	4.412	5.742	8.487	3100-559/O	
2015/07/17 10:52:08	0.297	0.647	1.137	1.765	2.373	2.956	3.689	4.273	5.288	3100-559/O	
2015/07/17 10:52:49	0.293	0.638	1.053	1.738	2.337	2.900	3.515	4.248	5.660	3100-559/O	
2015/07/17 10:53:46	0.539	1.409	2.389	3.134	4.067	4.752	5.517	7.500	10.532	3100-559/O	
2015/07/17 10:54:19	0.348	0.757	1.519	2.362	3.068	3.704	4.510	5.294	6.169	3100-559/O	
2015/07/17 10:54:55	0.388	0.844	1.640	2.372	2.960	3.553	4.210	5.950	7.760	3100-559/O	
2015/07/17 10:55:46	0.569	1.430	2.298	2.975	3.730	4.518	5.636	6.217	7.183	3100-559/O	
2015/07/17 10:56:28	0.352	0.781	1.162	1.488	2.078	2.926	3.471	4.487	6.162	3100-559/O	
2015/07/17 10:56:57	0.367	0.814	1.379	1.984	2.576	3.170	4.648	5.576	6.198	3100-559/O	
2015/07/17 10:59:15	2.807	5.263	7.398	8.788	10.810	13.320	18.991	19.958	20.508	3100-559/O	
2015/07/17 10:59:55	0.616	1.552	2.322	3.246	4.269	5.321	6.310	7.442	8.955	3100-559/O	
2015/07/17 11:00:27	0.703	2.205	3.177	3.838	4.376	5.532	6.966	12.141	12.530	3100-559/O	
2015/07/17 11:01:03	0.445	0.979	1.890	2.697	3.265	4.238	4.788	5.950	7.953	3100-559/O	
2015/07/17 11:02:13	1.450	2.239	3.365	4.845	6.261	10.245	23.597	23.609	23.620	3100-559/O	
2015/07/17 11:02:45	0.488	1.166	2.256	3.192	4.030	4.679	5.514	6.305	8.012	3100-559/O	
2015/07/17 11:03:23	0.189	0.411	0.648	0.895	1.301	1.751	2.326	3.008	3.790	3100-559/O	
2015/07/17 11:03:58	0.465	1.034	1.769	2.453	3.267	4.785	5.177	6.456	6.999	3100-559/O	
2015/07/17 11:05:01	0.801	1.586	2.302	2.998	4.486	8.713	9.004	10.443	12.700	3100-559/O	
2015/07/17 11:06:24	0.256	0.556	0.877	1.427	1.950	2.439	2.986	3.674	4.370	3100-559/O	
2015/07/17 11:08:12	1.185	2.572	3.499	4.632	6.196	7.424	8.316	11.376	14.967	3100-559/O	
2015/07/17 11:08:47	1.186	2.590	3.549	4.417	5.500	6.302	7.885	10.862	19.842	3100-559/O	
2015/07/17 11:09:35	5.418	18.434	21.065	26.200	26.247	33.534	33.555	36.752	36.768	3100-559/O	
2015/07/17 11:10:22	0.593	1.730	2.922	3.960	4.560	5.325	6.568	7.841	9.255	3100-559/O	
2015/07/17 11:10:56	0.435	0.946	1.940	2.578	3.468	4.352	5.172	6.692	8.208	3100-559/O	
2015/07/17 11:11:33	0.259	0.564	0.889	1.415	1.856	2.536	3.045	3.811	5.193	3100-559/O	
2015/07/17 11:12:08	0.305	0.663	1.189	1.895	2.571	3.156	3.679	4.562	5.651	3100-559/O	
2015/07/17 11:12:40	0.520	1.238	1.878	2.619	3.330	3.831	5.249	6.806	7.179	3100-559/O	
2015/07/17 11:13:54	0.396	0.879	1.423	2.059	2.623	3.946	5.664	7.685	8.483	3100-559/O	
2015/07/17 11:14:35	0.376	0.835	1.195	1.649	2.131	2.794	4.535	5.212	7.393	3100-559/O	
2015/07/17 11:15:58	0.488	1.044	1.462	2.082	2.602	3.261	4.080	12.788	12.804	3100-559/O	
2015/07/17 11:18:04	0.231	0.513	0.843	1.138	1.467	1.887	2.265	2.725	4.247	3100-559/O	
2015/07/17 11:18:52	0.963	1.290	1.614	2.078	3.055	15.570	15.605	15.615	15.626	3100-559/O	
2015/07/17 11:20:57	0.370	0.820	1.340	1.811	2.365	2.948	3.627	4.451	5.767	3100-559/O	
2015/07/17 11:21:35	0.223	0.493	0.812	1.127	1.512	2.021	2.769	3.339	4.504	3100-559/O	
2015/07/17 11:22:24	0.394	0.874	1.328	1.926	2.433	3.214	3.890	6.927	7.924	3100-559/O	
2015/07/17 11:23:06	1.448	2.993	5.860	11.021	12.358	13.176	13.230	13.971	14.334	3100-559/O	
2015/07/17 11:24:51	0.440	0.959	1.632	2.187	2.745	3.359	3.896	5.411	8.584	3100-559/O	
2015/07/17 11:26:03	0.168	0.372	0.612	0.896	1.210	1.649	2.021	2.551	3.704	3100-559/O	
2015/07/17 11:26:42	0.140	0.305	0.480	0.663	0.852	1.100	1.564	2.064	2.565	3100-559/O	
2015/07/17 11:28:07	0.146	0.317	0.499	0.689	0.885	1.352	1.954	2.579	3.991	3100-559/O	
2015/07/17 11:31:08	0.431	0.939	1.618	2.226	2.988	3.469	4.137	5.296	6.218	3100-559/O	
2015/07/17 11:31:58	0.373	0.812	1.423	2.034	2.753	3.439	4.005	4.603	6.795	3100-559/O	
2015/07/17 11:32:42	0.505	1.276	2.259	3.090	3.825	4.839	5.411	6.371	6.776	3100-559/O	
2015/07/17 11:33:19	0.349	0.774	1.094	1.522	1.832	2.337	3.378	4.959	5.608	3100-559/O	
2015/07/17 11:33:59	0.367	0.798	1.301	1.958	2.597	3.213	3.940	4.580	6.433	3100-559/O	
2015/07/17 11:35:02	0.269	0.596	1.000	1.451	2.066	2.580	3.259	4.746	5.852	3100-559/O	
2015/07/17 11:36:17	0.245	0.532	0.839	1.245	1.792	2.345	2.952	3.855	5.335	3100-559/O	
2015/07/17 11:37:04	0.228	0.495	0.780	1.250	1.896	2.450	2.983	3.343	4.104	3100-559/O	
2015/07/17 11:37:47	0.578	1.253	1.837	2.553	3.381	4.406	6.242	8.757	13.121	3100-559/O	
2015/07/17 11:39:05	0.461	1.101	1.909	2.496	3.156	4.071	5.842	7.443	9.242	3100-559/O	
2015/07/17 11:39:51	0.822	1.630	2.329	2.778	3.590	5.174	8.990	11.618	15.633	3100-559/O	
2015/07/17 11:40:28	0.361	0.785	1.598	2.466	3.271	4.092	4.718	6.239	7.400	3100-559/O	
2015/07/17 11:41:05	0.298	0.660	1.180	1.723	2.233	2.717	3.107	3.668	5.806	3100-559/O	
2015/07/17 11:42:34	0.197	0.429	0.676	0.934	1.313	1.750	2.167	2.703	3.618	3100-559/O	
2015/07/17 11:51:44	0.212	0.460	0.725	1.082	1.742	2.308	2.906	3.490	4.265	3100-559/O	
2015/07/17 11:55:45	0.223	0.486	0.765	1.128	1.617	2.083	2.637	3.122	3.984	3100-559/O	
2015/07/17 11:56:22	0.717	2.229	3.312	4.362	5.224	5.809	7.580	7.975	8.770	3100-559/O	
2015/07/17 11:56:56	1.611	3.251	4.349	5.869	7.437	10.283	11.547	13.843	22.361	3100-559/O	
2015/07/17 11:57:32	0.798	2.197	3.164	4.437	5.622	6.823	8.664	11.494	13.272	3100-559/O	
2015/07/17 12:01:03	0.232	0.505	0.795	1.128	1.553	2.013	2.456	3.058	3.984	3100-559/O	
2015/07/17 12:03:39	0.316	0.688	1.248	1.953	2.541	3.110	4.018	4.934	6.587	3100-559/O	
2015/07/17 12:04:12	0.581	1.470	2.144	2.739	3.283	4.026	6.276	10.529	13.261	3100-559/O	
2015/07/17 12:06:24	0.348	0.771	1.130	1.519	2.051	2.463	2.933	3.436	6.128	3100-559/O	
2015/07/17 12:07:35	1.588	3.202	13.919	20.388	20.412	20.431	23.849	23.861	23.873	3100-559/O	
2015/07/17 12:08:00	0.414	0.900	2.090	2.726	3.520	4.114	4.610	5.322	6.451	3100-559/O	
2015/07/17 12:08:37	0.176	0.382	0.602	0.832	1.186	1.717	2.352	3.159	3.766	3100-559/O	

2015/07/17 12:09:35	1.176	2.434	3.361	4.229	4.906	5.906	9.907	12.656	19.750	3100-559/O	
2015/07/17 12:12:32	7.947	27.120	40.083	40.109	62.893	62.902	62.910	62.917	62.925	3100-559/O	
2015/07/17 12:14:16	0.256	0.556	0.876	1.413	2.046	2.694	3.388	4.015	5.141	3100-559/O	
2015/07/17 12:15:16	0.243	0.528	0.832	1.277	1.714	2.253	2.945	3.575	4.854	3100-559/O	
2015/07/17 12:15:48	0.340	0.739	1.360	1.879	2.583	3.123	3.651	4.613	8.732	3100-559/O	
2015/07/17 12:16:20	0.387	0.843	1.639	2.193	2.968	3.745	4.509	5.586	6.699	3100-559/O	
2015/07/17 12:16:55	0.139	0.301	0.474	0.654	0.840	1.274	1.865	2.401	3.602	3100-559/O	
2015/07/17 12:17:33	0.173	0.375	0.591	0.816	1.140	1.689	2.264	3.016	4.050	3100-559/O	
2015/07/17 12:18:07	0.596	1.261	1.880	2.712	3.762	5.657	7.196	8.115	11.779	3100-559/O	
2015/07/17 12:18:40	7.309	42.169	42.185	42.196	42.214	47.005	47.015	47.024	47.033	3100-559/O	
2015/07/17 12:19:35	0.533	1.088	1.480	1.879	2.822	3.723	5.188	9.818	10.561	3100-559/O	
2015/07/17 12:22:46	0.291	0.646	1.023	1.453	1.804	2.322	2.942	3.983	5.396	3100-559/O	
2015/07/17 12:23:24	0.342	0.744	1.365	2.021	2.660	3.320	3.993	5.129	6.015	3100-559/O	
2015/07/17 12:24:36	0.372	0.825	1.230	1.566	1.882	2.372	3.094	3.865	6.141	3100-559/O	
2015/07/17 12:30:16	1.493	3.241	4.383	5.876	7.162	8.787	12.055	14.815	17.086	3100-559/O	
2015/07/17 12:31:12	1.324	2.819	3.907	4.753	6.006	7.451	8.629	12.211	20.659	3100-559/O	
2015/07/17 12:35:45	0.437	0.973	1.622	2.094	2.712	3.413	4.146	5.333	7.060	3100-559/O	
2015/07/17 12:37:24	0.425	0.944	1.622	2.102	2.819	3.632	4.546	5.459	6.840	3100-559/O	
2015/07/17 12:38:24	0.384	0.835	1.404	2.133	2.868	3.503	4.226	4.951	6.013	3100-559/O	
2015/07/17 12:40:44	0.345	0.766	1.217	1.599	2.053	2.605	3.376	4.077	5.718	3100-559/O	
2015/07/17 12:40:46	0.509	1.084	1.543	2.097	2.708	3.320	4.402	7.174	9.326	3100-559/O	
2015/07/17 12:41:22	0.615	1.217	1.709	2.155	2.821	3.833	4.926	7.963	8.842	3100-559/O	
2015/07/17 14:00:00	5.071	8.881	14.846	26.382	40.550	40.563	40.574	40.584	40.596	3100-560/O	
2015/07/17 14:02:55	0.827	2.304	3.381	4.279	5.524	6.212	7.322	8.156	11.207	3100-560/O	
2015/07/17 14:03:48	0.660	1.877	3.082	3.808	4.785	5.544	7.327	7.786	10.242	3100-560/O	
2015/07/17 14:04:23	6.917	35.944	59.307	59.326	59.333	59.339	59.345	59.351	59.359	3100-560/O	
2015/07/17 14:04:57	2.619	4.654	6.321	7.924	10.082	12.148	16.054	22.155	29.374	3100-560/O	
2015/07/17 14:05:34	1.209	2.278	3.280	4.416	6.263	7.187	8.204	12.718	19.700	3100-560/O	
2015/07/17 14:06:05	2.053	3.789	5.024	6.206	8.315	9.878	15.038	17.361	23.261	3100-560/O	
2015/07/17 14:06:34	1.819	3.805	5.226	6.366	7.644	9.075	10.643	13.661	17.025	3100-560/O	
2015/07/17 14:08:58	0.914	2.679	3.984	5.006	5.635	6.686	7.891	9.014	10.454	3100-560/O	
2015/07/17 14:09:28	1.340	3.017	4.252	5.714	6.750	8.657	9.789	13.853	19.658	3100-560/O	
2015/07/17 14:10:00	1.588	3.539	4.787	5.791	7.500	8.383	10.371	13.098	20.674	3100-560/O	
2015/07/17 14:10:36	1.627	3.626	4.656	6.512	7.523	9.653	12.415	16.052	17.732	3100-560/O	
2015/07/17 14:11:31	0.741	2.226	3.331	4.246	5.180	6.161	7.139	9.364	10.848	3100-560/O	
2015/07/17 14:12:21	1.705	3.489	4.896	5.997	7.320	8.970	13.574	16.715	16.996	3100-560/O	
2015/07/17 14:12:56	1.570	2.798	3.863	4.998	6.400	7.766	9.610	16.195	23.551	3100-560/O	
2015/07/17 14:14:08	18.986	22.646	53.456	53.476	53.490	61.708	61.723	61.733	61.743	3100-560/O	
2015/07/17 14:15:51	1.125	3.232	4.513	5.561	6.593	7.431	8.689	11.966	13.843	3100-560/O	
2015/07/17 14:16:23	1.113	3.072	3.980	4.839	6.009	7.228	8.402	11.791	12.564	3100-560/O	
2015/07/17 14:17:03	1.007	2.841	3.804	4.676	5.573	6.890	7.662	9.836	13.044	3100-560/O	
2015/07/17 14:19:38	9.324	19.420	22.275	25.632	28.446	31.428	45.361	45.385	45.398	3100-560/O	
2015/07/17 14:20:16	1.645	3.209	4.701	5.710	6.545	8.091	10.843	13.549	19.976	3100-560/O	
2015/07/17 14:23:03	2.508	5.065	7.144	10.286	16.135	18.603	30.769	30.780	30.791	3100-560/O	
2015/07/17 14:23:32	1.407	2.777	4.420	6.197	7.891	8.914	12.264	12.803	19.290	3100-560/O	
2015/07/17 14:30:50	1.275	2.751	4.236	5.388	7.055	7.858	10.866	11.782	13.644	3100-560/O	
2015/07/17 14:31:35	0.496	1.398	2.340	3.147	3.830	4.589	5.595	6.813	8.017	3100-560/O	
2015/07/17 14:32:05	0.832	2.243	3.005	3.696	4.694	5.704	6.532	11.437	13.347	3100-560/O	
2015/07/17 14:33:19	0.885	2.744	3.711	4.844	5.613	6.641	8.133	8.637	11.005	3100-560/O	
2015/07/17 14:35:19	0.746	1.993	2.966	4.111	5.035	5.910	8.363	9.593	10.079	3100-560/O	
2015/07/17 14:35:50	2.168	3.969	5.302	8.536	11.447	13.251	16.969	17.449	22.552	3100-560/O	
2015/07/17 14:36:20	0.441	0.959	1.684	2.500	3.022	3.675	4.506	5.448	12.204	3100-560/O	
2015/07/17 14:37:41	0.382	0.832	1.526	2.101	2.687	3.439	4.076	4.686	5.975	3100-560/O	
2015/07/17 14:38:09	2.539	4.772	6.449	7.647	9.487	11.625	13.299	15.823	17.770	3100-560/O	
2015/07/17 14:38:46	0.668	1.923	2.828	3.709	4.633	5.718	7.417	8.253	10.142	3100-560/O	
2015/07/17 14:39:18	0.338	0.751	1.274	1.784	2.249	2.763	3.224	4.626	10.039	3100-560/O	
2015/07/17 14:39:50	2.063	4.108	5.986	7.165	8.432	9.340	10.896	14.280	16.700	3100-560/O	
2015/07/17 14:40:20	0.687	1.726	2.602	3.471	4.033	5.032	6.028	6.967	9.742	3100-560/O	
2015/07/17 14:42:56	0.782	2.322	3.222	4.164	5.154	5.859	6.803	8.222	9.496	3100-560/O	
2015/07/17 14:43:30	0.357	0.776	1.522	2.309	2.939	3.602	4.321	4.859	6.125	3100-560/O	
2015/07/17 14:44:04	0.742	1.899	2.812	3.626	4.492	5.300	7.374	10.266	10.719	3100-560/O	
2015/07/17 14:44:42	0.809	2.424	3.417	4.438	5.220	6.440	7.163	8.060	10.009	3100-560/O	
2015/07/17 14:45:14	2.265	4.429	6.134	7.932	13.521	15.299	17.196	18.582	23.366	3100-560/O	
2015/07/17 14:47:14	0.706	2.033	3.013	4.073	5.213	6.061	6.429	7.489	9.173	3100-560/O	
2015/07/17 14:48:07	0.400	0.870	1.890	2.634	3.235	3.845	4.444	5.190	6.036	3100-560/O	
2015/07/17 14:48:44	0.615	1.790	2.721	3.376	4.191	4.899	5.812	6.924	7.616	3100-560/O	
2015/07/17 14:49:17	2.731	4.698	7.033	9.751	16.311	20.995	21.037	29.223	29.237	3100-560/O	
2015/07/17 14:49:52	1.464	3.121	4.369	5.369	6.246	7.530	8.553	11.517	21.876	3100-560/O	
2015/07/17 14:50:30	1.901	3.170	4.826	5.729	8.762	22.234	22.256	24.841	24.856	3100-560/O	
2015/07/17 14:51:02	3.891	20.069	49.103	49.114	49.120	49.126	49.131	49.137	49.144	3100-560/O	
2015/07/17 14:52:24	0.965	1.982	2.837	3.868	4.890	5.685	7.731	10.280	18.689	3100-560/O	
2015/07/17 14:52:56	0.526	1.198	2.112	2.840	3.563	4.208	4.730	6.395	8.771	3100-560/O	
2015/07/17 14:54:24	2.933	5.166	6.503	8.257	11.195	26.207	26.236	32.057	32.073	3100-560/O	
2015/07/17 14:56:00	1.692	3.172	4.250	5.257	7.356	9.715	13.935	25.355	25.371	3100-560/O	
2015/07/17 14:58:06	0.882	1.966	2.935	3.932	4.705	6.088	7.637	9.278	15.688	3100-560/O	
2015/07/17 15:07:50	1.053	2.786	3.913	4.869	6.144	7.554	8.469	10.237	13.822	3100-560/O	
2015/07/17 15:08:25	1.025	2.976	4.206	5.332	6.048	7.238	8.409	9.912	13.041	3100-560/O	
2015/07/17 15:08:55	0.779	2.301	3.319	4.588	5.606	6.848	7.771	8.893	15.871	3100-560/O	
2015/07/17 15:09:24	1.277	2.656	3.692	4.408	5.581	7.069	9.102	10.280	18.757	3100-560/O	

2015/07/17 15:10:01	1.111	2.913	4.045	5.363	6.522	7.324	8.087	10.155	20.109	3100-560/O	
2015/07/17 15:10:59	0.877	2.687	3.683	4.584	5.501	6.279	7.551	8.706	11.473	3100-560/O	
2015/07/17 15:11:32	2.052	3.775	5.121	5.987	6.871	8.159	12.176	16.090	23.300	3100-560/O	
2015/07/17 15:15:28	1.817	3.575	4.833	6.105	6.636	7.658	8.839	22.760	22.789	3100-560/O	
2015/07/17 15:16:00	1.869	3.058	4.058	5.341	6.900	18.692	18.721	23.647	23.662	3100-560/O	
2015/07/17 15:16:36	0.542	1.352	2.271	2.887	3.830	4.626	5.323	6.187	10.848	3100-560/O	
2015/07/17 15:17:11	1.830	3.288	6.036	11.981	12.541	14.136	16.616	23.974	23.991	3100-560/O	
2015/07/17 15:18:03	0.480	1.169	2.444	3.363	4.306	5.150	6.602	7.386	10.884	3100-560/O	
2015/07/17 15:19:10	0.525	1.373	2.372	3.165	3.824	4.523	5.284	5.905	8.052	3100-560/O	
2015/07/17 15:20:36	0.694	1.542	2.439	3.399	4.553	5.505	6.863	8.509	10.787	3100-560/O	
2015/07/17 15:21:19	0.617	1.418	2.207	3.067	3.929	4.916	5.650	7.245	9.495	3100-560/O	
2015/07/17 15:21:59	0.457	1.010	1.946	2.655	3.370	3.908	4.687	5.716	7.271	3100-560/O	
2015/07/17 15:23:02	1.460	2.977	4.562	6.224	8.530	11.912	15.990	17.138	17.996	3100-560/O	
2015/07/17 15:24:58	0.299	0.651	1.076	1.647	2.234	2.677	3.263	3.879	5.333	3100-560/O	
2015/07/17 15:25:27	0.427	0.928	1.760	2.355	2.831	3.366	4.185	5.069	6.145	3100-560/O	
2015/07/17 15:25:58	0.578	1.499	2.535	3.257	3.937	4.612	5.701	6.963	8.790	3100-560/O	
2015/07/17 15:26:32	0.788	2.205	3.142	3.922	4.615	5.435	6.695	8.087	11.389	3100-560/O	
2015/07/17 15:27:08	0.591	1.600	2.405	3.061	3.660	4.394	5.376	6.887	12.209	3100-560/O	
2015/07/17 15:27:55	0.890	2.064	2.982	3.764	4.686	5.553	7.083	9.083	16.718	3100-560/O	
2015/07/17 15:28:31	0.525	1.306	2.315	3.012	3.703	4.318	5.196	6.290	8.159	3100-560/O	
2015/07/17 15:29:08	0.870	2.297	3.374	4.063	4.932	6.334	7.837	8.861	11.102	3100-560/O	
2015/07/17 15:29:44	1.555	2.525	3.584	4.655	8.904	19.363	19.394	22.229	22.248	3100-560/O	
2015/07/17 15:30:40	1.908	3.317	4.851	6.227	8.040	11.530	11.857	14.175	20.423	3100-560/O	
2015/07/17 15:31:16	0.596	1.496	2.375	3.176	4.033	4.761	5.643	6.692	7.449	3100-560/O	
2015/07/17 15:31:49	0.368	0.800	1.382	2.005	2.515	3.110	3.784	4.584	7.994	3100-560/O	
2015/07/17 15:32:23	2.216	3.471	5.690	11.299	20.554	20.705	21.111	21.144	23.276	3100-560/O	
2015/07/17 15:32:57	1.427	3.014	4.504	6.089	8.606	11.362	14.183	14.455	17.182	3100-560/O	
2015/07/17 15:33:40	0.371	0.823	1.257	1.769	2.279	2.861	3.626	4.171	6.516	3100-560/O	
2015/07/17 15:34:28	0.647	1.226	1.621	2.074	2.560	3.288	4.047	5.540	14.203	3100-560/O	
2015/07/17 15:34:59	2.468	4.036	5.909	9.555	37.263	37.280	37.289	37.297	37.306	3100-560/O	
2015/07/17 15:35:53	0.414	0.919	1.434	2.024	2.483	3.079	3.670	4.904	8.225	3100-560/O	
2015/07/17 15:36:29	1.663	3.028	4.563	7.015	18.806	18.838	24.585	24.601	24.614	3100-560/O	
2015/07/17 15:37:06	1.010	2.207	3.535	5.593	6.513	8.451	9.732	10.280	12.261	3100-560/O	
2015/07/17 15:44:14	0.461	1.028	1.643	2.162	2.902	3.696	4.712	5.864	7.082	3100-560/O	
2015/07/17 15:45:03	0.379	0.824	1.382	2.003	2.648	3.352	3.933	4.473	6.084	3100-560/O	
2015/07/17 15:45:38	0.439	0.955	1.694	2.422	2.886	3.504	4.256	5.149	5.962	3100-560/O	
2015/07/17 15:46:11	0.539	1.331	2.224	2.889	3.846	4.623	5.356	6.232	7.714	3100-560/O	
2015/07/17 15:47:07	0.406	0.884	1.671	2.338	2.875	3.455	4.117	5.221	7.651	3100-560/O	
2015/07/17 15:49:25	0.545	1.205	1.723	2.252	2.845	3.601	4.656	6.559	7.894	3100-560/O	
2015/07/17 15:50:09	0.431	0.939	1.758	2.329	2.913	3.332	4.019	5.313	6.705	3100-560/O	
2015/07/17 15:51:12	0.197	0.437	0.718	1.052	1.349	1.671	2.179	2.675	3.629	3100-560/O	
2015/07/17 15:51:51	1.085	1.601	2.171	3.082	5.254	8.295	11.772	18.914	18.929	3100-560/O	
2015/07/17 15:52:26	0.177	0.392	0.645	0.945	1.301	1.629	2.165	2.786	3.573	3100-560/O	
2015/07/17 15:54:03	0.302	0.670	1.082	1.489	1.879	2.438	3.585	4.834	5.225	3100-560/O	
2015/07/17 16:02:39	0.256	0.557	0.879	1.332	1.825	2.157	2.753	3.192	4.177	3100-560/O	
2015/07/17 16:03:27	0.429	0.953	1.507	1.965	2.400	2.858	3.507	4.468	5.891	3100-560/O	
2015/07/17 16:03:55	0.339	0.753	1.207	1.777	2.124	2.671	3.387	4.392	5.770	3100-560/O	
2015/07/17 16:04:38	0.169	0.368	0.579	0.800	1.062	1.440	1.949	2.306	3.156	3100-560/O	
2015/07/17 16:05:12	0.293	0.650	1.026	1.438	1.767	2.293	2.973	3.509	5.878	3100-560/O	
2015/07/17 16:06:10	0.235	0.511	0.805	1.170	1.586	2.041	2.336	3.088	4.003	3100-560/O	
2015/07/17 16:06:46	0.254	0.563	0.927	1.269	1.585	1.940	2.351	2.905	4.327	3100-560/O	
2015/07/17 16:07:23	0.432	0.939	1.698	2.389	3.106	3.745	4.341	5.165	6.814	3100-560/O	
2015/07/17 16:07:50	0.586	1.342	2.010	2.648	3.215	3.762	5.007	6.026	7.529	3100-560/O	
2015/07/17 16:08:28	0.374	0.831	1.369	1.955	2.420	2.869	3.677	4.812	6.409	3100-560/O	
2015/07/17 16:09:04	0.240	0.533	0.877	1.215	1.583	1.984	2.604	3.311	3.965	3100-560/O	
2015/07/17 16:11:02	0.528	1.261	1.989	2.782	3.541	4.345	5.113	6.080	7.348	3100-560/O	
2015/07/17 16:11:38	0.583	1.366	2.101	2.865	3.547	4.475	5.435	6.639	8.210	3100-560/O	
2015/07/17 16:12:11	0.413	0.900	1.736	2.331	2.868	3.507	4.176	4.923	6.050	3100-560/O	
2015/07/17 16:12:47	0.409	0.890	1.592	2.264	2.929	3.368	3.985	5.221	6.447	3100-560/O	
2015/07/17 16:13:26	0.314	0.682	1.109	1.642	2.089	2.669	3.384	4.154	4.861	3100-560/O	
2015/07/17 16:14:43	0.219	0.475	0.749	1.088	1.512	1.940	2.398	3.058	3.884	3100-560/O	
2015/07/17 16:15:17	0.263	0.572	0.902	1.321	1.701	2.147	2.747	3.304	4.975	3100-560/O	
2015/07/17 16:15:46	0.187	0.414	0.681	1.004	1.372	1.809	2.240	2.850	3.713	3100-560/O	
2015/07/17 16:17:52	0.274	0.596	0.939	1.429	1.824	2.319	2.885	3.613	4.636	3100-560/O	
2015/07/17 16:18:24	0.553	1.145	1.569	2.027	2.605	3.235	3.618	4.921	12.745	3100-560/O	
2015/07/17 16:19:06	0.267	0.580	0.914	1.415	2.038	2.462	3.032	3.673	5.010	3100-560/O	
2015/07/17 16:19:41	0.241	0.523	0.825	1.264	1.753	2.272	2.665	3.240	3.859	3100-560/O	
2015/07/17 16:20:30	0.243	0.529	0.833	1.195	1.627	2.173	2.703	3.692	4.526	3100-560/O	
2015/07/17 16:21:05	0.267	0.593	0.972	1.303	1.707	2.255	2.724	3.776	4.664	3100-560/O	
2015/07/17 16:21:40	0.336	0.745	1.172	1.537	1.869	2.208	2.618	3.134	4.326	3100-560/O	
2015/07/17 16:22:12	0.301	0.668	1.041	1.365	1.763	2.275	2.851	5.053	6.061	3100-560/O	
2015/07/17 16:23:21	0.115	0.255	0.419	0.613	0.848	1.190	1.560	2.166	2.706	3100-560/O	
2015/07/17 16:24:15	0.333	0.739	1.216	1.680	2.086	2.570	3.028	3.961	5.198	3100-560/O	
2015/07/17 16:24:54	0.283	0.628	1.023	1.514	1.898	2.344	2.895	3.841	4.877	3100-560/O	
2015/07/17 16:25:31	0.272	0.592	0.933	1.336	1.823	2.246	2.842	3.588	5.125	3100-560/O	
2015/07/17 16:26:46	0.183	0.405	0.666	0.992	1.222	1.541	1.770	2.943	4.294	3100-560/O	
2015/07/17 16:27:30	0.312	0.679	1.100	1.608	2.101	2.634	3.117	4.187	5.271	3100-560/O	
2015/07/17 16:29:47	1.167	2.648	3.759	4.351	5.215	6.231	9.725	13.128	14.724	3100-560/O	
2015/07/17 16:30:36	1.463	2.794	3.704	4.622	5.822	6.924	9.616	14.050	14.927	3100-560/O	

2015/07/17 16:31:12	0.919	2.220	3.166	3.956	4.974	6.057	6.932	9.042	13.268	3100-560/O	
2015/07/17 16:31:43	0.344	0.748	1.246	1.695	2.135	2.811	3.436	3.973	6.250	3100-560/O	
2015/07/17 16:32:36	2.404	4.289	9.492	13.242	21.646	25.467	25.489	28.187	28.204	3100-560/O	
2015/07/17 16:33:27	0.388	0.845	1.445	2.032	2.505	3.195	3.863	4.608	5.923	3100-560/O	
2015/07/17 16:37:30	0.417	0.908	1.545	2.082	2.808	3.414	3.981	5.271	6.348	3100-560/O	
2015/07/17 16:38:00	0.283	0.616	0.979	1.482	1.970	2.520	3.034	3.654	4.279	3100-560/O	
2015/07/17 16:38:30	0.437	0.968	1.491	1.971	2.551	3.114	4.026	5.426	7.592	3100-560/O	
2015/07/17 16:39:04	0.072	0.159	0.262	0.383	0.529	0.712	0.951	1.231	1.714	3100-560/O	
2015/07/17 16:39:39	0.117	0.254	0.400	0.552	0.710	0.871	1.149	1.620	2.420	3100-560/O	
2015/07/17 16:40:15	0.860	2.084	3.070	4.155	4.887	6.312	7.082	8.212	12.244	3100-560/O	
2015/07/17 16:40:45	0.684	1.682	2.472	3.357	4.006	5.290	6.229	7.757	10.628	3100-560/O	
2015/07/17 16:41:21	0.315	0.686	1.148	1.689	2.145	2.684	3.319	4.125	5.180	3100-560/O	
2015/07/17 16:42:19	0.480	1.066	1.816	2.349	3.077	3.617	4.418	5.482	8.761	3100-560/O	
2015/07/17 16:48:20	0.482	1.124	1.782	2.413	2.935	3.545	4.565	5.376	6.847	3100-560/O	
2015/07/17 16:48:52	0.879	2.143	3.067	3.644	4.606	5.517	6.704	8.618	12.142	3100-560/O	
2015/07/17 16:49:27	0.657	1.728	2.644	3.411	3.969	4.599	5.452	6.952	8.306	3100-560/O	
2015/07/17 16:50:04	0.212	0.470	0.773	1.156	1.528	1.907	2.348	2.920	3.805	3100-560/O	
2015/07/17 16:51:07	0.054	0.120	0.196	0.287	0.397	0.534	0.714	0.990	1.529	3100-560/O	
2015/07/17 16:52:18	0.504	1.182	1.756	2.326	2.916	3.850	4.579	6.315	8.624	3100-560/O	
2015/07/17 16:53:21	0.420	0.913	1.634	2.461	3.095	3.619	4.185	5.171	6.503	3100-560/O	
2015/07/17 16:53:56	0.261	0.578	0.951	1.328	1.702	2.049	2.519	3.212	4.345	3100-560/O	
2015/07/17 16:55:13	0.692	2.218	3.473	4.482	5.200	5.960	6.589	7.318	9.105	3100-560/O	
2015/07/17 16:55:49	0.819	2.531	3.654	4.447	5.441	6.201	7.200	8.019	9.923	3100-560/O	
2015/07/17 16:56:22	0.381	0.830	1.404	2.009	2.777	3.266	3.881	4.897	5.834	3100-560/O	
2015/07/17 16:57:05	0.428	0.950	1.298	1.737	2.256	2.836	3.602	4.714	6.558	3100-560/O	
2015/07/17 16:59:08	0.674	1.899	2.950	3.537	4.279	5.144	6.124	7.310	8.821	3100-560/O	
2015/07/17 16:59:52	0.545	1.434	2.336	3.171	3.747	4.647	5.276	6.119	7.110	3100-560/O	



Pasante P80	
Registros	410
Max	62.9
Min	1.0
Desv. Stand.	8.7
P10	0.9
P20	1.9
P30	3.0
P40	4.1
P50	5.3
P60	6.5
P70	7.8
P80	9.1
P90	10.4

(Fuente: Administración Split Engineering Chile Ltda – Mina Cuajone)

ANEXO 4
FOTOS DE FRAGMENTACIÓN EMPLEADOS PARA EL ANÁLISIS GRANULOMETRICO CON EL WIPFRAG

(Fuente: Asistencia Técnica EXSA S.A. – Mina Cuajone)

-FOTOS ANALIZADAS CON WIPFRAG EN LA PRUEBA 01.



-FOTOS ANALIZADAS CON WIPFRAG EN LA PRUEBA 02.



-FOTOS ANALIZADAS CON WIPFRAG EN LA PRUEBA 03.



-FOTOS ANALIZADAS CON WIPFRAG EN LA PRUEBA 04.



-FOTOS ANALIZADAS CON WIPFRAG EN LA PRUEBA 05.



-FOTOS ANALIZADAS CON WIPFRAG EN LA PRUEBA 06.



-FOTOS ANALIZADAS CON WIPFRAG EN LA PRUEBA 07.



-FOTOS ANALIZADAS CON WIPFRAG EN LA PRUEBA 08.



-FOTOS ANALIZADAS CON WIPFRAG EN LA PRUEBA 09.



-FOTOS ANALIZADAS CON WIPFRAG EN LA PRUEBA 10.



-FOTOS ANALIZADAS CON WIPFRAG EN LA PRUEBA 11.



-FOTOS ANALIZADAS CON WIPFRAG EN LA PRUEBA 12.



-FOTOS ANALIZADAS CON WIPFRAG EN LA PRUEBA 13.



-FOTOS ANALIZADAS CON WIPFRAG EN LA PRUEBA 14



-FOTOS ANALIZADAS CON WIPFRAG EN LA PRUEBA 15.



-FOTOS ANALIZADAS CON WIPFRAG EN LA PRUEBA 16.



-FOTOS ANALIZADAS CON WIPFRAG EN LA PRUEBA 17.



-FOTOS ANALIZADAS CON WIPFRAG EN LA PRUEBA 18.



-FOTOS ANALIZADAS CON WIPFRAG EN LA PRUEBA 19.



-FOTOS ANALIZADAS CON WIPFRAG EN LA PRUEBA 20.



-FOTOS ANALIZADAS CON WIPFRAG EN LA PRUEBA 21.



-FOTOS ANALIZADAS CON WIPFRAG EN LA PRUEBA 22.



-FOTOS ANALIZADAS CON WIPFRAG EN LA PRUEBA 23.



-FOTOS ANALIZADAS CON WIPFRAG EN LA PRUEBA 24.



-FOTOS ANALIZADAS CON WIPFRAG EN LA PRUEBA 25.



-FOTOS ANALIZADAS CON WIPFRAG EN LA PRUEBA 26.



-FOTOS ANALIZADAS CON WIPFRAG EN LA PRUEBA 27.



-FOTOS ANALIZADAS CON WIPFRAG EN LA PRUEBA 28.



-FOTOS ANALIZADAS CON WIPFRAG EN LA PRUEBA 29.



-FOTOS ANALIZADAS CON WIPFRAG EN LA PRUEBA 30.



-FOTOS ANALIZADAS CON WIPFRAG EN LA PRUEBA 31.



-FOTOS ANALIZADAS CON WIPFRAG EN LA PRUEBA 32.



-FOTOS ANALIZADAS CON WIPFRAG EN LA PRUEBA 33.



-FOTOS ANALIZADAS CON WIPFRAG EN LA PRUEBA 34.



-FOTOS ANALIZADAS CON WIPFRAG EN LA PRUEBA 35.



-FOTOS ANALIZADAS CON WIPFRAG EN LA PRUEBA 36.



-FOTOS ANALIZADAS CON WIPFRAG EN LA PRUEBA 37.



-FOTOS ANALIZADAS CON WIPFRAG EN LA PRUEBA 38.



-FOTOS ANALIZADAS CON WIPFRAG EN LA PRUEBA 39.



-FOTOS ANALIZADAS CON WIPFRAG EN LA PRUEBA 40.



-FOTOS ANALIZADAS CON WIPFRAG EN LA PRUEBA 41.



-FOTOS ANALIZADAS CON WIPFRAG EN LA PRUEBA 42.



-FOTOS ANALIZADAS CON WIPFRAG EN LA PRUEBA 43.



-FOTOS ANALIZADAS CON WIPFRAG EN LA PRUEBA 44.



-FOTOS ANALIZADAS CON WIPFRAG EN LA PRUEBA 45.



-FOTOS ANALIZADAS CON WIPFRAG EN LA PRUEBA 46.



ANEXO 5

RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE ANÁLISIS DE FRAGMENTACIÓN REALIZADOS EN MINA CUAJONE – SPCC

(Fuente: Elaboración propia)

-El cuadro 3, muestra los resultados de la prueba 01.

PRUEBA 01	P80	Desv. Estandar	Nro Fotos	Error
Wipfrag	7.33	0.709	3	11%
Split Online	**10.14**	**2.352**	**213**	3%

Cuadro 3: Fragmentación vs grado de error – Prueba 01
(Fuente: Elaboración propia)

-El cuadro 4, muestra los resultados de la prueba 02.

PRUEBA 02	P80	Desv. Estandar	Nro Fotos	Error
Wipfrag	5.84	0.667	3	13%
Split Online	**8.99**	**3.013**	**253**	4%

Cuadro 4: Fragmentación vs grado de error – Prueba 02
(Fuente: Elaboración propia)

-El cuadro 5, muestra los resultados de la prueba 03.

PRUEBA 03	P80	Desv. Estandar	Nro Fotos	Error
Wipfrag	5.47	0.620	3	13%
Split Online	**7.59**	**2.148**	**365**	3%

Cuadro 5: Fragmentación vs grado de error – Prueba 03
(Fuente: Elaboración propia)

-El cuadro 6, muestra los resultados de la prueba 04.

PRUEBA 04	P80	Desv. Estandar	Nro Fotos	Error
Wipfrag	4.14	0.279	3	8%
Split Online	**8.97**	**1.047**	**292**	1%

Cuadro 6: Fragmentación vs grado de error – Prueba 04
(Fuente: Elaboración propia)

-El cuadro 7, muestra los resultados de la prueba 05.

PRUEBA 05	P80	Desv. Estandar	Nro Fotos	Error
Wipfrag	6.19	0.507	3	9%
Split Online	**8.55**	**1.982**	**346**	2%

Cuadro 7: Fragmentación vs grado de error – Prueba 05
(Fuente: Elaboración propia)

-El cuadro 8, muestra los resultados de la prueba 06.

PRUEBA 06	P80	Desv. Estandar	Nro Fotos	Error
Wipfrag	3.69	0.526	3	16%
Split Online	**6.56**	**1.137**	**320**	2%

Cuadro 8: Fragmentación vs grado de error – Prueba 06
(Fuente: Elaboración propia)

-El cuadro 9, muestra los resultados de la prueba 07.

PRUEBA 07	P80	Desv. Estandar	Nro Fotos	Error
Wipfrag	5.64	0.637	3	13%
Split Online	**8.14**	**1.068**	**382**	1%

Cuadro 9: Fragmentación vs grado de error – Prueba 07
(Fuente: Elaboración propia)

-El cuadro 10, muestra los resultados de la prueba 08.

PRUEBA 08	P80	Desv. Estandar	Nro Fotos	Error
Wipfrag	7.28	0.797	3	12%
Split Online	**9.06**	**1.368**	**433**	1%

Cuadro 10: Fragmentación vs grado de error – Prueba 08
(Fuente: Elaboración propia)

-El cuadro 11, muestra los resultados de la prueba 09.

PRUEBA 09	P80	Desv. Estandar	Nro Fotos	Error
Wipfrag	6.46	0.645	3	11%
Split Online	**7.98**	**1.239**	**302**	2%

Cuadro 11: Fragmentación vs grado de error – Prueba 09
(Fuente: Elaboración propia)

-El cuadro 12, muestra los resultados de la prueba 10.

PRUEBA 10	P80	Desv. Estandar	Nro Fotos	Error
Wipfrag	7.53	0.812	3	12%
Split Online	**8.24**	**1.330**	**380**	2%

Cuadro 12: Fragmentación vs grado de error – Prueba 10
(Fuente: Elaboración propia)

-El cuadro 13, muestra los resultados de la prueba 11.

PRUEBA 11	P80	Desv. Estandar	Nro Fotos	Error
Wipfrag	6.42	0.686	3	12%
Split Online	**8.45**	**1.984**	**321**	3%

Cuadro 13: Fragmentación vs grado de error – Prueba 11
(Fuente: Elaboración propia)

-El cuadro 14, muestra los resultados de la prueba 12.

PRUEBA 12	P80	Desv. Estandar	Nro Fotos	Error
Wipfrag	11.93	1.087	3	10%
Split Online	**12.00**	**0.988**	**206**	1%

Cuadro 14: Fragmentación vs grado de error – Prueba 12
(Fuente: Elaboración propia)

-El cuadro 15, muestra los resultados de la prueba 13.

PRUEBA 13	P80	Desv. Estandar	Nro Fotos	Error
Wipfrag	7.53	0.720	3	11%
Split Online	**8.25**	**1.825**	**311**	2%

Cuadro 15: Fragmentación vs grado de error – Prueba 13
(Fuente: Elaboración propia)

-El cuadro 16, muestra los resultados de la prueba 14.

PRUEBA 14	P80	Desv. Estandar	Nro Fotos	Error
Wipfrag	6.20	0.642	3	12%
Split Online	**8.64**	**1.357**	**208**	2%

Cuadro 16: Fragmentación vs grado de error – Prueba 14
(Fuente: Elaboración propia)

-El cuadro 17, muestra los resultados de la prueba 15.

PRUEBA 15	P80	Desv. Estandar	Nro Fotos	Error
Wipfrag	6.36	0.778	3	14%
Split Online	**8.51**	**1.032**	**246**	2%

Cuadro 17: Fragmentación vs grado de error – Prueba 15
(Fuente: Elaboración propia)

-El cuadro 18, muestra los resultados de la prueba 16.

PRUEBA 16	P80	Desv. Estandar	Nro Fotos	Error
Wipfrag	5.72	0.884	3	17%
Split Online	**8.45**	**1.032**	**254**	2%

Cuadro 18: Fragmentación vs grado de error – Prueba 16
(Fuente: Elaboración propia)

-El cuadro 19, muestra los resultados de la prueba 17.

PRUEBA 17	P80	Desv. Estandar	Nro Fotos	Error
Wipfrag	12.45	0.897	3	8%
Split Online	**13.59**	**0.871**	**189**	1%

Cuadro 19: Fragmentación vs grado de error – Prueba 17
(Fuente: Elaboración propia)

-El cuadro 20, muestra los resultados de la prueba 18.

PRUEBA 18	P80	Desv. Estandar	Nro Fotos	Error
Wipfrag	5.30	0.584	3	12%
Split Online	**8.39**	**1.636**	**308**	2%

Cuadro 20: Fragmentación vs grado de error – Prueba 18
(Fuente: Elaboración propia)

-El cuadro 21, muestra los resultados de la prueba 19.

PRUEBA 19	P80	Desv. Estandar	Nro Fotos	Error
Wipfrag	7.79	0.828	3	12%
Split Online	**9.31**	**2.392**	**284**	3%

Cuadro 21: Fragmentación vs grado de error – Prueba 19
(Fuente: Elaboración propia)

-El cuadro 22, muestra los resultados de la prueba 20.

PRUEBA 20	P80	Desv. Estandar	Nro Fotos	Error
Wipfrag	3.96	0.550	3	16%
Split Online	**7.34**	**1.112**	**203**	2%

Cuadro 22: Fragmentación vs grado de error – Prueba 20
(Fuente: Elaboración propia)

-El cuadro 23, muestra los resultados de la prueba 21.

PRUEBA 21	P80	Desv. Estandar	Nro Fotos	Error
Wipfrag	4.91	0.604	3	14%
Split Online	**7.64**	**1.226**	**260**	2%

Cuadro 23: Fragmentación vs grado de error – Prueba 21
(Fuente: Elaboración propia)

-El cuadro 24, muestra los resultados de la prueba 22.

PRUEBA 22	P80	Desv. Estandar	Nro Fotos	Error
Wipfrag	8.48	1.060	3	14%
Split Online	**10.85**	**2.507**	**252**	3%

Cuadro 24: Fragmentación vs grado de error – Prueba 22
(Fuente: Elaboración propia)

-El cuadro 25, muestra los resultados de la prueba 23.

PRUEBA 23	P80	Desv. Estandar	Nro Fotos	Error
Wipfrag	7.35	1.036	3	16%
Split Online	**9.40**	**2.353**	**335**	3%

Cuadro 25: Fragmentación vs grado de error – Prueba 23
(Fuente: Elaboración propia)

-El cuadro 26, muestra los resultados de la prueba 24.

PRUEBA 24	P80	Desv. Estandar	Nro Fotos	Error
Wipfrag	6.98	0.875	3	14%
Split Online	**9.34**	**3.139**	**380**	3%

Cuadro 26: Fragmentación vs grado de error – Prueba 24
(Fuente: Elaboración propia)

-El cuadro 27, muestra los resultados de la prueba 25.

PRUEBA 25	P80	Desv. Estandar	Nro Fotos	Error
Wipfrag	6.18	1.130	3	21%
Split Online	**8.42**	**1.691**	**208**	3%

Cuadro 27: Fragmentación vs grado de error – Prueba 25
(Fuente: Elaboración propia)

-El cuadro 28, muestra los resultados de la prueba 26.

PRUEBA 26	P80	Desv. Estandar	Nro Fotos	Error
Wipfrag	7.12	0.907	3	14%
Split Online	**8.35**	**2.018**	**216**	3%

Cuadro 28: Fragmentación vs grado de error – Prueba 26
(Fuente: Elaboración propia)

-El cuadro 29, muestra los resultados de la prueba 27.

PRUEBA 27	P80	Desv. Estandar	Nro Fotos	Error
Wipfrag	9.87	0.912	3	10%
Split Online	**10.71**	**1.085**	**277**	1%

Cuadro 29: Fragmentación vs grado de error – Prueba 27
(Fuente: Elaboración propia)

-El cuadro 30, muestra los resultados de la prueba 28.

PRUEBA 28	P80	Desv. Estandar	Nro Fotos	Error
Wipfrag	7.99	0.984	3	14%
Split Online	**10.06**	**2.032**	**269**	2%

Cuadro 30: Fragmentación vs grado de error – Prueba 28
(Fuente: Elaboración propia)

-El cuadro 31, muestra los resultados de la prueba 29.

PRUEBA 29	P80	Desv. Estandar	Nro Fotos	Error
Wipfrag	8.89	0.996	3	13%
Split Online	**9.63**	**2.321**	**211**	3%

Cuadro 31: Fragmentación vs grado de error – Prueba 29
(Fuente: Elaboración propia)

-El cuadro 32, muestra los resultados de la prueba 30.

PRUEBA 30	P80	Desv. Estandar	Nro Fotos	Error
Wipfrag	5.74	1.290	3	25%
Split Online	**7.83**	**3.622**	**223**	6%

Cuadro 32: Fragmentación vs grado de error – Prueba 30
(Fuente: Elaboración propia)

-El cuadro 33, muestra los resultados de la prueba 31.

PRUEBA 31	P80	Desv. Estandar	Nro Fotos	Error
Wipfrag	6.51	1.276	3	22%
Split Online	**8.34**	**3.518**	**280**	5%

Cuadro 33: Fragmentación vs grado de error – Prueba 31
(Fuente: Elaboración propia)

-El cuadro 34, muestra los resultados de la prueba 32.

PRUEBA 32	P80	Desv. Estandar	Nro Fotos	Error
Wipfrag	7.74	1.634	3	24%
Split Online	**10.07**	**3.217**	**265**	4%

Cuadro 34: Fragmentación vs grado de error – Prueba 32
(Fuente: Elaboración propia)

-El cuadro 35, muestra los resultados de la prueba 33.

PRUEBA 33	P80	Desv. Estandar	Nro Fotos	Error
Wipfrag	7.04	1.294	3	21%
Split Online	**8.74**	**3.115**	**322**	4%

Cuadro 35: Fragmentación vs grado de error – Prueba 33
(Fuente: Elaboración propia)

-El cuadro 36, muestra los resultados de la prueba 34.

PRUEBA 34	P80	Desv. Estandar	Nro Fotos	Error
Wipfrag	7.40	1.345	3	21%
Split Online	**9.54**	**3.611**	**235**	5%

Cuadro 36: Fragmentación vs grado de error – Prueba 34
(Fuente: Elaboración propia)

-El cuadro 37, muestra los resultados de la prueba 35.

PRUEBA 35	P80	Desv. Estandar	Nro Fotos	Error
Wipfrag	6.12	0.899	3	17%
Split Online	**8.09**	**4.123**	**337**	5%

Cuadro 37: Fragmentación vs grado de error – Prueba 35
(Fuente: Elaboración propia)

-El cuadro 38, muestra los resultados de la prueba 36.

PRUEBA 36	P80	Desv. Estandar	Nro Fotos	Error
Wipfrag	5.96	1.132	3	22%
Split Online	**7.51**	**3.211**	**256**	5%

Cuadro 38: Fragmentación vs grado de error – Prueba 36
(Fuente: Elaboración propia)

-El cuadro 39, muestra los resultados de la prueba 37.

PRUEBA 37	P80	Desv. Estandar	Nro Fotos	Error
Wipfrag	7.31	1.386	3	21%
Split Online	**9.15**	**3.251**	**311**	4%

Cuadro 39: Fragmentación vs grado de error – Prueba 37
(Fuente: Elaboración propia)

-El cuadro 40, muestra los resultados de la prueba 38.

PRUEBA 38	P80	Desv. Estandar	Nro Fotos	Error
Wipfrag	7.71	0.899	3	13%
Split Online	**9.91**	**3.322**	**321**	4%

Cuadro 40: Fragmentación vs grado de error – Prueba 38
(Fuente: Elaboración propia)

-El cuadro 41, muestra los resultados de la prueba 39.

PRUEBA 39	P80	Desv. Estandar	Nro Fotos	Error
Wipfrag	6.69	1.495	3	25%
Split Online	**8.44**	**2.661**	**232**	4%

Cuadro 41: Fragmentación vs grado de error – Prueba 39
(Fuente: Elaboración propia)

-El cuadro 42, muestra los resultados de la prueba 40.

PRUEBA 40	P80	Desv. Estandar	Nro Fotos	Error
Wipfrag	5.93	1.203	3	23%
Split Online	**8.35**	**2.482**	**263**	4%

Cuadro 42: Fragmentación vs grado de error – Prueba 40
(Fuente: Elaboración propia)

-El cuadro 43, muestra los resultados de la prueba 41.

PRUEBA 41	P80	Desv. Estandar	Nro Fotos	Error
Wipfrag	6.14	1.039	3	19%
Split Online	**8.96**	**3.015**	**294**	4%

Cuadro 43: Fragmentación vs grado de error – Prueba 41
(Fuente: Elaboración propia)

-El cuadro 44, muestra los resultados de la prueba 42.

PRUEBA 42	P80	Desv. Estandar	Nro Fotos	Error
Wipfrag	6.98	1.611	3	26%
Split Online	**9.15**	**2.685**	**293**	3%

Cuadro 44: Fragmentación vs grado de error – Prueba 42
(Fuente: Elaboración propia)

-El cuadro 45, muestra los resultados de la prueba 43.

PRUEBA 43	P80	Desv. Estandar	Nro Fotos	Error
Wipfrag	6.67	1.283	3	22%
Split Online	**9.02**	**3.416**	**315**	4%

Cuadro 45: Fragmentación vs grado de error – Prueba 43
(Fuente: Elaboración propia)

-El cuadro 46, muestra los resultados de la prueba 44.

PRUEBA 44	P80	Desv. Estandar	Nro Fotos	Error
Wipfrag	6.88	1.395	3	23%
Split Online	**9.16**	**1.981**	**206**	3%

Cuadro 46: Fragmentación vs grado de error – Prueba 44
(Fuente: Elaboración propia)

-El cuadro 47, muestra los resultados de la prueba 45.

PRUEBA 45	P80	Desv. Estandar	Nro Fotos	Error
Wipfrag	5.69	1.124	3	22%
Split Online	**7.66**	**2.015**	**204**	4%

Cuadro 47: Fragmentación vs grado de error – Prueba 45
(Fuente: Elaboración propia)

-El cuadro 48, muestra los resultados de la prueba 46.

PRUEBA 46	P80	Desv. Estandar	Nro Fotos	Error
Wipfrag	5.76	1.146	3	23%
Split Online	**7.34**	**2.160**	**289**	3%

Cuadro 48: Fragmentación vs grado de error – Prueba 46
(Fuente: Elaboración propia)

ANEXO 6

CONTROL DE DISPAROS

(Fuente: Asistencia técnica Exsa S.A. – Mina Cuajone)

Disparos con Malla 9x9mts

Nivel	Proyecto	Roca	Densidad gr/cm3	Toneladas rotas (TM)	Nro Taladros	Explosivo			Total (Kg)	Factor Potencia (Kg/TM)	Explosivo			Total ($)	Costo por Tonelada ($/TM)
						Emulsion (Kg)	Nitrato (Kg)	Diesel (Kg)			Emulsion ($)	Nitrato ($)	Diesel ($)		
3775	818														
3775	810	TR	2.33	666,120	275	125,285	50,472	3,222	178,978	0.269	63,507	31,843	3,805	99,155	0.149
3775	812	TR	2.33	634,631	261	117,302	47,256	3,016	167,574	0.264	59,460	29,814	3,563	92,837	0.146
3775	815	TR	2.33	642,687	262	119,404	48,103	3,070	170,577	0.265	60,526	30,348	3,627	94,500	0.147
3775	817	TR	2.33	660,970	271	124,832	50,289	3,210	178,331	0.270	63,277	31,728	3,791	98,796	0.149
Total:				**2,604,409**	**1,069**				**695,460**	**0.267**	**246,770**	**123,732**	**14,786**	**385,288**	**0.148**

Disparos con Malla 9.5x9.5mts

Nivel	Proyecto	Roca	Densidad gr/cm3	Toneladas rotas (TM)	Nro Taladros	Explosivo			Total	Factor Potencia (Kg/TM)	Explosivo			Total ($)	Costo Tonelada ($/TM)
						Emulsion (Kg)	Nitrato (Kg)	Diesel (Kg)			Emulsion ($)	Nitrato ($)	Diesel ($)		
3775	816	TR	2.33	821,407	304	122,064	43,575	2,781	168,421	0.205	61,874	27,492	3,285	92,651	0.113
3775	814	TR	2.33	1,393,283	519	244,553	98,520	6,288	349,361	0.251	123,964	62,156	7,428	193,547	0.139
Total:				**2,214,690**	**823**				**517,782**	**0.234**	**185,838**	**89,648**	**10,713**	**286,198**	**0.129**