

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería de Minas

“OPTIMIZACIÓN DE COSTOS EN VOLADURA
REDUCIENDO EL CONSUMO DE SAN G CON
AIR DECK CARTUFLEX EN CIA MINERA
COIMOLACHE – U.P. TANTAHUATAY”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autor:

Bach. Jeluz Olenquin Soto Minchán
Bach. Ely Luzbeth Vásquez Villanueva

Asesor:

Ing. Víctor Eduardo Álvarez León.

Cajamarca - Perú

2018



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS

El asesor Víctor Eduardo Álvarez León, docente de la Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, Carrera profesional de INGENIERÍA DE MINAS, ha realizado el seguimiento del proceso de formulación y desarrollo de la tesis de los estudiantes:

- Jeluz Olenquin Soto Minchán
- Ely Luzbeth Vásquez Villanueva

Por cuanto, **CONSIDERA** que la tesis titulada: “Optimización de costos en voladura reduciendo el consumo de San G con air deck Cartuflex en Cia. Minera Coimolache – U.P. Tantahuatay para aspirar al título profesional de: Ingeniero de Minas por la Universidad Privada del Norte, reúne las condiciones adecuadas, por lo cual, AUTORIZA al o a los interesados para su presentación.

Ing. Víctor Eduardo Álvarez León.
Asesor

ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS

Los miembros del jurado evaluador asignados han procedido a realizar la evaluación de la tesis de los estudiantes: Jeluz Olenquin Soto Minchán, Ely Luzbeth Vásquez Villanueva para aspirar al título profesional de Ingeniero de Minas con la tesis denominada: “Optimización de costos en voladura reduciendo el consumo de San G con air deck Cartuflex en Cia. Minera Coimolache – U.P. Tantahuatay”.

Luego de la revisión del trabajo, en forma y contenido, los miembros del jurado concuerdan:

Aprobación por unanimidad

Aprobación por mayoría

Calificativo:

Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Calificativo:

Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Desaprobado

Firman en señal de conformidad:

Ing. Rafael Napoleón Ocas Boñon
Jurado
Presidente

Ing. Alex Marinovic Pulido
Jurado

Ing. Oscar Arturo Vásquez
Mendoza
Jurado

DEDICATORIA

A Dios,

Porque sin él no hubiera sido posible este proyecto de investigación.

A nuestros padres,

Fernando Soto Huamán y Graciela Minchan Cachi; José Vásquez Orrillo y María Villanueva Polo; por ser nuestros pilares fundamentales y guías en este largo caminar, por su apoyo constante durante nuestra formación profesional.

A nuestros hermanos,

Yhull, Sumy; Katherine; por ser parte de nuestra motivación para seguir superándonos día a día.

A nuestros familiares,

Mamá Jesus; Samuel Orrillo y Lucia Alva; por su amor y apoyo emocional constante en cada etapa de nuestras vidas.

A nuestros amigos incondicionales,

Que nos apoyaron y compartieron distintas anécdotas en nuestra formación profesional y que hasta ahora, seguimos siendo amigos: Eliany, Frida; Cecilia, Benjamín, Anapaula, Samantha.

A nuestros maestros,

Quienes fueron nuestra fuente de inspiración, para alcanzar cada una de nuestras metas, gracias por sus enseñanzas brindadas y por su apoyo incondicional; en especial a la Ing. Deysi Sánchez y el Ing. José Ardito.

AGRADECIMIENTO

A Dios,

Por habernos permitido cumplir una de nuestras metas, por brindarnos las fuerzas necesarias para continuar y no morir en el intento.

A nuestros padres,

Fernando Soto Huamán y Graciela Minchan Cachi; José Vásquez Orrillo y María Villanueva Polo; por su ejemplo y por su amor incondicional, hoy hemos llegado a cumplir una de nuestras metas.

A nuestros hermanos,

Yhull, Sumy; Katherine; gracias por su cariño y amor incondicional sin importar nuestras diferencias de opiniones.

A la Universidad Privada del Norte,

Por ser parte de nuestro crecimiento profesional y a los docentes que nos brindaron sus conocimientos y consejos.

A la empresa Cia. Minera Coimolache – U.P Tantahuatay,

Nuestro infinito agradecimiento a la empresa minera por permitirnos realizar este proyecto de investigación dentro de sus instalaciones, pero sobre todo al área de Operaciones mina por su apoyo constante durante la recolección de datos, en especial al Ing. Gary Chircca, Ing, Manuel Aranda y José Ricaldi por todas sus enseñanzas y consejos.

A nuestro asesor,

Ing. Víctor Álvarez por su valiosa guía y asesoramiento en la realización de este proyecto de investigación.

Tabla de contenidos

ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS	1
ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS	2
DEDICATORIA.....	3
AGRADECIMIENTO	4
ÍNDICE DE FIGURAS	6
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	11
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	18
Población	18
Muestra	18
Materiales en Gabinete	19
Materiales en Campo	19
Instrumentos	19
Método	20
CAPÍTULO III. RESULTADOS	22
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	154
REFERENCIAS.....	158
ANEXOS.....	159

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Descripción de los proyectos analizados.....	18
Tabla 2: Descripción del Py. 032-3916	22
Tabla 3: N° Total de taladros del Py. 032-3916	22
Tabla 4: Determinación de P80 del Py. 032-3916.....	26
Tabla 5: Descripción del Py. 010-3908.....	28
Tabla 6: N° Total de taladros del Py. 010-3908.	28
Tabla 7: Determinación de P80 del Py. 010-3908.....	32
Tabla 8: Descripción del Py. 011-3908.....	34
Tabla 9: Número Total de taladros del Py. 011-3908	34
Tabla 10: Determinación de P80 del Py. 011-3908.....	38
Tabla 11: Descripción del Py. 013-3908.....	40
Tabla 12: Número Total de taladros del Py. 013-3908	40
Tabla 13: Determinación de P80 del Py. 013-3908.....	44
Tabla 14: Descripción del Py. 012-3908.....	46
Tabla 15: N° Total de taladros del Py. 012-3908	46
Tabla 16: Determinación de P80 del Py. 012-3908.....	50
Tabla 17: Descripción del Py. 029-3900.....	52
Tabla 18: N° Total de taladros del Py. 029-3900	52
Tabla 19: Determinación de P80 del Py. 029-3900.....	56
Tabla 20: Descripción del Py. 014-3908.....	58
Tabla 21: N° Total de taladros del Py. 014-3908	58
Tabla 22: Determinación de P80 del Py. 014-3908.....	62
Tabla 23: Descripción del Py. 015-3908.....	64
Tabla 24: N° Total de taladros del Py. 015-3908	64
Tabla 25: Determinación de P80 del Py. 015-3908.....	68
Tabla 26: Descripción del Py. 024-3900.....	70
Tabla 27: Número Total de taladros del Py. 024-3924	70
Tabla 28: Determinación de P80 del Py. 024-3924.....	74
Tabla 29: Descripción del Py. 035-3900.....	76
Tabla 30: Número Total de taladros del Py. 035-3900	76
Tabla 31: Determinación de P80 del Py. 035-3900.....	80
Tabla 32: Descripción del Py. 033-3900.....	82
Tabla 33: Número Total de taladros del Py. 033-3900	82
Tabla 34: Determinación de P80 del Py. 033-3900.....	86
Tabla 35: Descripción del Py. 034-3900.....	88
Tabla 36: N° Total de taladros del Py. 034-3900	88
Tabla 37: Determinación de P80 del Py. 034-3900.....	92
Tabla 38: Descripción del Py. 036-3900.....	94
Tabla 39: Número Total de taladros del Py. 036-3900	94
Tabla 40: Determinación de P80 del Py. 036-3900.....	98
Tabla 41: Descripción del Py. 018-3892.....	100
Tabla 42: Número Total de taladros del Py. 018-3892	100
Tabla 43: Determinación de P80 del Py. 018-3892.....	104
Tabla 44: Descripción del Py. 046-3940.....	106
Tabla 45: Número Total de taladros del Py. 046-3940	106
Tabla 46: Determinación de P80 del Py. 046-3940.....	110
Tabla 47: Descripción del Py. 031-3900.....	112
Tabla 48: Número Total de taladros del Py. 031-3900	112
Tabla 49: Determinación de P80 del Py. 031-3900.....	116
Tabla 50: Descripción del Py. 047-3940.....	118
Tabla 51: Número Total de taladros del Py. 047-3940	118
Tabla 52: Determinación de P80 del Py. 047-3940.....	122

Tabla 53: Descripción del Py. 025-3932	124
Tabla 54: N° Total de taladros del Py. 025-3932	124
Tabla 55: Determinación de P80 del Py. 025-3932	127
Tabla 56: Descripción del Py. 035-3900	130
Tabla 57: Número Total de taladros del Py. 035-3900	130
Tabla 58: Determinación de P80 del Py. 035-3900	134
Tabla 59: Descripción del Py. 036-3900	136
Tabla 60: Número Total de taladros del Py. 036-3900	136
Tabla 61: Determinación de P80 del Py. 036-3900	140
Tabla 62: Descripción del Py. 018-3892	142
Tabla 63: Número Total de taladros del Py. 018-3892	142
Tabla 64: Determinación de P80 del Py. 018-3892	146
Tabla 65: Determinación del ahorro de consumo de explosivo durante el mes de Enero	148
Tabla 66: Determinación de ahorro de consumo de explosivo durante el mes de Febrero	148
Tabla 67: Determinación de ahorro de consumo de explosivo durante el mes de Marzo	149
Tabla 68: Ahorro de consumo de explosivo durante los tres meses	150
Tabla 69: P80 obtenido para roca de dureza dura en taladros con airdeck y sin airdeck	151
Tabla 70: P80 obtenido para roca de dureza media en taladros con airdeck y sin airdeck	151
Tabla 71: P80 obtenido para roca de dureza media en taladros con airdeck y sin airdeck	152
Tabla 72: Resumen de los proyectos evaluados en U.P. Tantahuatay	153

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Hoja de Diseño de Carga con Airdeck – Py. 032-3916.....	23
Figura 2. Hoja de Diseño de Carga sin Airdeck- Py. 032-3916.	23
Figura 3. Análisis de fragmentación Post Voladura con air deck Cartuflex del Py. 032-3916.	24
Figura 4. Análisis de fragmentación Post Voladura sin air deck Cartuflex del Py. 032-3916.	25
Figura 5. Hoja de Diseño de Carga con Airdeck – Py. 010-3908.....	29
Figura 6. Hoja de Diseño de Carga sin Airdeck- Py. 010-3908.	29
Figura 7. Análisis de fragmentación Post Voladura con air deck Cartuflex del Py. 010-3908.	30
Figura 8. Análisis de fragmentación Post Voladura sin air deck Cartuflex del Py. 010-3908.	31
Figura 9. Hoja de Diseño de Carga con Airdeck – Py. 011-3908.....	35
Figura 10. Hoja de Diseño de Carga sin Airdeck- Py. 011-3908	35
Figura 11. Análisis de fragmentación Post Voladura con air deck Cartuflex del Py. 011-3908	36
Figura 12. Análisis de fragmentación Post Voladura sin air deck Cartuflex del Py. 011-3908	37
Figura 13. Hoja de Diseño de Carga con Airdeck – Py. 013-3908.....	41
Figura 14. Hoja de Diseño de Carga sin Airdeck- Py. 013-3908	41
Figura 15. Análisis de fragmentación Post Voladura con air deck Cartuflex del Py. 013-3908	42
Figura 16. Análisis de fragmentación Post Voladura sin air deck Cartuflex del Py. 013-3908	43
Figura 17. Hoja de Diseño de Carga con Airdeck – Py. 012-3908.....	47
Figura 18. Hoja de Diseño de Carga sin Airdeck- Py. 012-3908.	47
Figura 19. Análisis de fragmentación Post Voladura con air deck Cartuflex del Py. 012-3908	48
Figura 20. Análisis de fragmentación Post Voladura sin air deck Cartuflex del Py. 012-3908	49
Figura 21. Hoja de Diseño de Carga con Airdeck – Py. 029-3900.....	53
Figura 22. Hoja de Diseño de Carga sin Airdeck- Py. 029-3900.	53
Figura 23. Análisis de fragmentación Post Voladura con air deck Cartuflex del Py. 029-3900	54
Figura 24. Análisis de fragmentación Post Voladura sin air deck Cartuflex del Py. 029-3900	55
Figura 25. Hoja de Diseño de Carga con Airdeck – Py. 014-3908.....	59
Figura 26. Hoja de Diseño de Carga sin Airdeck- Py. 014-3908.	59
Figura 27. Análisis de fragmentación Post Voladura con air deck Cartuflex del Py. 014-3908	60
Figura 28. Análisis de fragmentación Post Voladura sin air deck Cartuflex del Py. 014-3908.	61
Figura 29. Hoja de Diseño de Carga con Airdeck – Py. 015-3908.....	65
Figura 30. Hoja de Diseño de Carga sin Airdeck- Py. 015-3908.	65
Figura 31. Análisis de fragmentación Post Voladura con air deck Cartuflex del Py. 015-3908	66
Figura 32. Análisis de fragmentación Post Voladura sin air deck Cartuflex del Py. 015-3908	67
Figura 33. Hoja de Diseño de Carga con Airdeck – Py. 024-3924.....	71
Figura 34. Hoja de Diseño de Carga sin Airdeck- Py. 024-3924.	71
Figura 35. Análisis de fragmentación Post Voladura con air deck Cartuflex del Py. 024-3924.	72
Figura 36. Análisis de fragmentación Post Voladura sin air deck Cartuflex del Py. 024-3924.	73
Figura 37. Hoja de Diseño de Carga con Airdeck – Py. 035-3900.....	77
Figura 38. Hoja de Diseño de Carga sin Airdeck- Py. 035-3900	77
Figura 39. Análisis de fragmentación Post Voladura con air deck Cartuflex del Py. 035-3900	78
Figura 40. Análisis de fragmentación Post Voladura sin air deck Cartuflex del Py. 035-3900	79
Figura 41. Hoja de Diseño de Carga con Airdeck – Py. 033-3900.....	83
Figura 42. Hoja de Diseño de Carga sin Airdeck- Py. 033-3900.	83
Figura 43. Análisis de fragmentación Post Voladura con air deck Cartuflex del Py. 033-3900.	84
Figura 44. Análisis de fragmentación Post Voladura sin air deck Cartuflex del Py. 033-3900.	85
Figura 45. Hoja de Diseño de Carga con Airdeck – Py. 034-3900.....	89
Figura 46. Hoja de Diseño de Carga sin Airdeck- Py. 034-3900.	89
Figura 47. Análisis de fragmentación Post Voladura con air deck Cartuflex del Py. 034-3900	90
Figura 48. Análisis de fragmentación Post Voladura sin air deck Cartuflex del Py. 034-3900	91
Figura 49. Hoja de Diseño de Carga con Airdeck – Py. 036-3900.....	95
Figura 50. Hoja de Diseño de Carga sin Airdeck- Py. 036-3900	95
Figura 51. Análisis de fragmentación Post Voladura con air deck Cartuflex del Py. 036-3900	96
Figura 52. Análisis de fragmentación Post Voladura sin air deck Cartuflex del Py. 036-3900	97

Figura 53. Hoja de Diseño de Carga con Airdeck – Py. 018-3892.....	101
Figura 54. Hoja de Diseño de Carga sin Airdeck- Py. 018-3892.	101
Figura 55 .Análisis de fragmentación Post Voladura con air deck Cartuflex del Py. 018-3892	102
Figura 56. Análisis de fragmentación Post Voladura sin air deck Cartuflex del Py. 018-3892.	103
Figura 57. Hoja de Diseño de Carga con Airdeck – Py. 046-3940.....	107
Figura 58. Hoja de Diseño de Carga sin Airdeck- Py. 046-3940.	107
Figura 59. Análisis de fragmentación Post Voladura con air deck Cartuflex del Py. 046-3940	108
Figura 60. Análisis de fragmentación Post Voladura sin air deck Cartuflex del Py. 046-3940.	109
Figura 61. Hoja de Diseño de Carga con Airdeck – Py. 031-3900.....	113
Figura 62. Hoja de Diseño de Carga sin Airdeck- Py. 031-3900.	113
Figura 63. Análisis de fragmentación Post Voladura con air deck Cartuflex del Py. 031-3900	114
Figura 64. Análisis de fragmentación Post Voladura sin air deck Cartuflex del Py. 031-3900	115
Figura 65. Hoja de Diseño de Carga con Airdeck – Py. 047-3940.....	119
Figura 66. Hoja de Diseño de Carga sin Airdeck- Py. 047-3940	119
Figura 67. Análisis de fragmentación Post Voladura con air deck Cartuflex del Py. 047-3940	120
Figura 68. Análisis de fragmentación Post Voladura sin air deck Cartuflex del Py. 047-3940	121
Figura 69. Hoja de Diseño de Carga con Airdeck- Py. 025-3932.	125
Figura 70. Hoja de Diseño de Carga sin Airdeck- Py. 025-3932.	125
Figura 71. Análisis de fragmentación Post Voladura con air deck Cartuflex del Py. 025-3932	126
Figura 72. Análisis de fragmentación Post Voladura sin air deck Cartuflex del Py. 025-3932	127
Figura 73. Hoja de Diseño de Carga con Airdeck – Py. 035-3900.....	131
Figura 74. Hoja de Diseño de Carga sin Airdeck- Py. 035-3900	131
Figura 75 Análisis de fragmentación Post Voladura con air deck Cartuflex del Py. 035-3900	132
Figura 76. Análisis de fragmentación Post Voladura sin air deck Cartuflex del Py. 035-3900	133
Figura 77. Hoja de Diseño de Carga con Airdeck – Py. 036-3900.....	137
Figura 78. Hoja de Diseño de Carga sin Airdeck- Py. 036-3900	137
Figura 79. Análisis de fragmentación Post Voladura con air deck Cartuflex del Py. 036-3900	138
Figura 80. Análisis de fragmentación Post Voladura sin air deck Cartuflex del Py. 036-3900	139
Figura 81. Hoja de Diseño de Carga con Airdeck – Py. 018-3892.....	143
Figura 82. Hoja de Diseño de Carga sin Airdeck- Py. 018-3892.	143
Figura 83. Análisis de fragmentación Post Voladura con air deck Cartuflex del Py. 018-3892	144
Figura 84. Análisis de fragmentación Post Voladura sin air deck Cartuflex del Py. 018-3892.	145

RESUMEN

El objetivo principal de esta investigación es la optimización de costos en voladura reduciendo el consumo de San G con air deck Cartuflex en Cia. Minera Coimolache – U.P. Tantahuatay. Así mismo; aplicar un nuevo diseño de carga, utilizando el air deck Cartuflex; analizando el efecto que tiene este en la fragmentación de la roca; finalizando con una comparación de costos en los taladros de producción, en terrenos de dureza media a dura cargados con y sin air deck. Para esto, se analizaron diecinueve proyectos de voladura, en los meses de enero a marzo, 2017.

Los resultados muestran una reducción de 25 Kg de San G por cada taladro a volar, ahorrando \$57000 /año. Además, mejora la fragmentación; en un terreno de dureza media con malla de 5.1 x 5.9 m usando air deck se obtiene un P80 promedio de 4.05” y sin air deck un promedio de P80 de 5.14”; para una malla de 5.3 x 6.1 m en dureza media se obtiene un P80 promedio de 4.26” y sin air deck un 4.97”; para un terreno duro con una malla de 4.5 x 5.2 m se obtiene un P80 promedio de 4.08” y sin air deck es 5.58”.

Palabras clave: Air deck, Cartuflex, Fragmentación, P80.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

La mina Tantahuatay Compañía Minera Coimolache S.A. es una empresa que produce oro a tajo abierto. La mina se ubica en los distritos de Hualgayoc y Chugur, en la provincia de Hualgayoc, región Cajamarca. Dentro de la operación se busca la mejora continua, y una de las actividades que demanda mayor costo es la perforación y voladura, por tal razón se necesita reducir costos y aumentar el porcentaje de recuperación del mineral. Con respecto a la actividad de voladura se tiene como indicador el alto costo a la emulsión SAN G; este agente de voladura es una emulsión gasificable formada por una solución microscópica oxidante dispersa en una fase combustible continua y estabilizada por un emulsificante, por lo cual se plantea reducir el consumo de explosivo de SAN G como una solución para optimizar los costos en voladura, haciendo uso de air deck o más conocido como cámaras de aire. Las cámaras de aire han sido aplicadas hace bastante tiempo y la forma más conveniente de crear un air deck era usando una bolsa de aire. El sistema de funcionamiento de los air deck o cámaras de aire desde que fueron creadas consistía en descenderlas dentro del taladro y luego inflarlas desde la superficie usando un pequeño compresor o un balón con gas. Solo podían ser usadas cerca a la parte superior del taladro y luego infladas ya que no eran capaces de soportar más que el peso del stemming. Los modelos de la segunda generación fueron del tipo químico. Una bolsita de vinagre con bicarbonato de sodio era colocada dentro de una bolsa plástica sellada. Al romperse la bolsita, genera una reacción química, produciendo dióxido de carbono. Este tipo de air deck es aun ampliamente utilizado en taladros de gran diámetro (mayor a 200mm). La tercera generación incorpora un aerosol dentro de la bolsa plástica, el que se activa con un

tiempo de demora de 20s antes de que el gas se expanda. Esto permite tener el tiempo suficiente para ubicar la bolsa en cualquier tramo del taladro. La bolsa llega a inflarse completamente en un tiempo de 30s (Cleeton, 1997). El uso de estas cámaras de aire en los diferentes proyectos varían, de acuerdo a sus características físicas y a los usos para los que son adquiridas, por ello en el mercado existe una gama de cámaras de aire, por ejemplo, las BAIFs son un dispositivo con un reactivo líquido y otro sólido que, una vez roto un sello interno de manera manual, comienzan a expandir el gas resultante de la reacción entre ambos (Cebrián, 2007), los Power Bags utilizan un propulsor no inflamable (R134a) completamente libre de CFC (cloro-flúor-carbono), también se comercializa bolsas de aire Cartuflex, está compuesta de Bicarbonato de sodio en combinación con vinagre, los cuales no son tóxicos ni inflamables. También existen productos en forma de tapones que sirven para formar las columnas de aire dentro del taladro. Esta técnica consiste en que una columna de explosivo es combinada con una columna de aire en un mismo taladro para controlar el proceso de fragmentación a través de la distribución efectiva de la energía del explosivo al producir una rotura de roca uniforme. (Jhanwar y Jethwa, 2000). Esta técnica permite el incremento de la duración de la acción de la onda de choque alrededor del macizo rocoso mediante oscilaciones repetidas de la onda de choque dentro de la columna de aire, este efecto resulta en un mayor grado de fragmentación del macizo rocoso (Melnikov et al., 1979). Es una herramienta para modular el funcionamiento ocasional del explosivo, son muy útiles para controlar el acoplamiento, altura en el barreno y efectos del explosivo dentro de éste (Romo, 2007). El uso de air deck cuenta con múltiples beneficios que aportan a una mejor voladura ayudando a reducir el taco, eliminando la sobre perforación, reteniendo la energía en la zona central del taladro logrando disminuir las vibraciones, y el principal aporte es

la reducción del consumo de mezcla explosiva. Actualmente las cámaras de aire o air deck están siendo utilizadas alrededor del mundo con el fin de reducir de un 16% a un 25% del total de explosivo necesario para las voladuras de producción (Chiappeta, 2004). Thote y Singh (2000) realizaron pruebas en minas de carbón para determinar el efecto de las cámaras de aire en la fragmentación y consumo de explosivo, determinando en este último un ahorro de 15-20%. La técnica de voladura de air deck con la aplicación de bolsas de aire en el tajo Chimiwungo en la mina Lumwana en Zambia, significó una reducción de la carga explosiva de los taladros de producción sin afectar la fragmentación o movimiento de material en la zona del collar, disminuyó el costo total de carga por taladro en un 12% y controló los flyrock. (Kabwe, 2017). La técnica de voladura con air deck fue muy efectiva en rocas areniscas con dureza de suave a media. Sus principales efectos fueron la reducción de finos, una fragmentación más uniforme y un mejoramiento de los costos de voladura, los finos se redujeron en un 60-70% en areniscas homogéneas. Los costos de explosivos disminuyeron de un 10-35% dependiendo del tipo de roca. Otros estudios realizados muestran que, la longitud del air deck se determina a partir del Factor de Airdeck en un rango de 0.10 – 0.35 veces la longitud de la carga original, lo que produjo resultados óptimos. Un Factor de Airdeck mayor a 0.35 genera una sobre fragmentación (Jhanwar et al, 1999). Estudios realizados por Blasting Analysis International, Inc, tenían como objetivo comparar el uso de los Power Deck dentro de una columna explosiva versus una columna explosiva cargada solo con explosivo. Los disparos a gran escala fueron evaluados con sistemas de instrumentación de monitoreo sofisticado de voladura. Se realizaron dos pruebas de disparos, en una de ellas se utilizó solo explosivo en cada taladro y en la otra se colocó un Power Deck con una columna de aire de 3 ft en la parte inferior del taladro. Los resultados fueron normalizados y comparados con

respecto a la distribución de fragmentación, amplitudes de las vibraciones y distancia de proyección. Con respecto a la fragmentación, el disparo con Power Deck resultó en una reducción de 21 a 24% para los tamaños de P20 y P80 (Floyd, 2004). La instalación de la cámara de aire incrementa el tiempo de carguío de los taladros, lo que requiere cierta práctica y destreza. (Ortiz et al., 2007). Demostraciones y ensayos con cámaras de aire o air decks, fueron llevados a cabo en varias minas y en una cantera, en Perú y Venezuela. Los objetivos de estos ensayos estaban referidos al mejoramiento de la fragmentación en las zonas superiores del taladro, demostrar cómo implementar los air decks como una práctica standard en las voladuras de producción, desarrollar un procedimiento de carguío con cámaras de aire que fuera por lo menos más eficiente, rápido y simple que un procedimiento normal de carguío. Al término del estudio se logró mejorar la fragmentación en la zona del collar, el ciclo de carguío, redujo los requerimientos de chancado de roca para el stemming, los niveles de sobrepresión y vibraciones disminuyeron, además el ahorro de costos generales en explosivos. (Sharma, 2015). Los resultados generados por las cámaras de aire ha hecho imprescindible su uso en el Perú, por lo que ha sido implementada en grandes proyectos en tajo abierto tal es el caso de Yanacocha, donde al utilizar la cámara de aire Cartuflex se obtuvo un costo por taladro de US\$246.94. (Machuca, 2017), el uso de cámaras de aire en el proyecto constancia permitió ahorrar \$119,282.00 en las actividades de perforación y voladura (Quispe, 2014), en mina Pierina hubo un ahorro de costos en voladura en un promedio de 0,02 \$/t en mineral (Catacora, 2015), en la mina Aruntani se redujo el uso de explosivos en un 21% y 30% (Torres, 2013). Proyectos de investigación muestran los efectos en la evaluación de vibraciones las cuales se reducen hasta un 58% frente a la voladura convencional que no utiliza cámaras de aire (Cumpa, 2016), de acuerdo a ubicación en la que esta se disponga

también afectará en los resultados obtenidos, Park y Jeon (2010) demostraron que el air deck ubicado en la parte inferior del taladro reducía notablemente las vibraciones. La ubicación de la cámara de aire en la parte intermedia del taladro es más utilizada que en la parte superior, generalmente la ubicación de los air deck en la parte superior del taladro se realiza cuando se necesita fragmentar en la región del stemming (Jhanwar, 2011). Lo más importante para medir una buena voladura es la fragmentación la cual se toma en cuenta para evaluar los resultados de un disparo desde el punto técnico- económico. Conociendo las propiedades de la roca y las bondades de los explosivos y accesorios, se puede lograr ahorro en consumo de explosivos y resultados en fragmentación a menor costo. Esto último se resume en una disminución de costo por tonelada volada. (Sáenz, Castañeda y Cancec, 2015).

1.2. Formulación del problema

¿Cómo lograr optimizar los costos en voladura reduciendo el consumo de San G con air deck Cartuflex en Cia Minera Coimolache – U.P. Tantahuatay?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Optimizar los costos en voladura reduciendo el consumo de San G con air deck Cartuflex en Cia. Minera Coimolache – U.P. Tantahuatay.

1.3.2. Objetivos específicos

- Realizar una comparación de costos con los taladros cargados con air deck y sin air deck en la Cia, Minera Coimolache - UP. Tantahuatay.
- Aplicar un nuevo diseño de carga utilizando el air deck Cartuflex con el diseño de malla establecido.
- Analizar la fragmentación de la roca evaluando el P80, en un terreno de dureza media a dura.

1.4. Hipótesis

Al utilizar el air deck Cartuflex en los taladros de producción se logrará disminuir entre 20 a 30 Kg. de San G por cada taladro a volar, obteniendo un ahorro aproximado de 57000 dólares americanos por año. Un taladro con air deck tendrá un costo que variará entre 100 a 105 dólares americanos y el costo sin air deck oscilará entre 105 a 110 dólares americanos. Donde, al utilizar el air deck de 0.5 metros solo se utiliza 5 metros de carga de San G por taladro y sin air deck se utiliza 5.50 metros; del mismo modo, este nos ayudará en la mejora de la fragmentación, según el tipo de terreno; para un terreno de dureza media con air deck obtendremos un P80 aproximado de 4” a 4.5”, y sin air deck un P80 aproximado de 4.5” a 5”; para un terreno duro se obtendrá un P80 con air deck obtendremos un P80 aproximado de 4.5” a 5”, y sin air deck un P80 aproximado de 5” a 6”.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Población y muestra

Población

Proyectos de Voladuras con San G en la U.P Tantauatay de la Cia. Minera Coimolache S.A durante el año 2017.

Muestra

Se analizó 19 proyectos de voladura, entre los meses de enero a marzo del 2017, de cada proyecto solo se consideró los taladros de producción, según el tipo de dureza de la roca. Dividiendo cada muestra en taladros con air deck Cartuflex y sin air deck.

Tabla 1

Descripción de los proyectos analizados.

ID	FECHA	TAJO	BANCO	Py.	TIPO DE ROCA	N° TAL. DE PRODUCCIÓN		
						Con Air Deck	Sin Air Deck	TOTAL
1	09/01/2017	TTHY	3916	32	Media	61	24	85
2	13/01/2017	TTHY	3908	10	Media	78	81	159
3	16/01/2017	TTHY	3908	11	Media	56	18	74
4	18/01/2017	TTHY	3908	13	Media	90	29	119
5	20/01/2017	TTHY	3908	12	Media	61	96	157
6	21/01/2017	TTHY	3900	29	Media	96	49	145
7	24/01/2017	TTHY	3908	14	Media	44	52	96
8	27/01/2017	TTHY	3908	15	Media	37	39	76
9	30/01/2017	TTHY	3900	30	Media	65	31	96
10	05/02/2017	TTHY	3940	46	Media	74	57	131
11	07/02/2017	TTHY	3900	31	Media	75	25	100
12	11/02/2017	TTHY	3940	47	Media	81	12	93
13	19/02/2017	TTHY	3924	24	Dura	111	48	159
14	21/02/2017	TTHY	3900	33	Media	83	28	111
15	25/02/2017	TTHY	3900	34	Media	94	67	161
16	27/02/2017	TTHY	3924	25	Dura	70	45	115
17	03/03/2017	TTHY	3900	35	Media	42	35	77
18	06/03/2017	TTHY	3900	36	Media	46	19	65
19	10/03/2017	TTHY	3892	18	Media	45	30	75

Fuente: Elaboración propia

2.2. Materiales, instrumentos y métodos.

Materiales en Gabinete

- Autocad 2017,
- Software Split Desktop 3.1,
- Paquete de Microsoft Office 2017.

Materiales en Campo

- Air deck Cartuflex,
- Booster,
- Fanel,
- Enaex,
- San G,
- Flexómetro,
- Cámara fotográfica,
- Libreta de apuntes,
- Lapiceros.

Instrumentos

- Plano de zonificación - factor de roca del tajo Tantahuatay II,
(Ver ANEXO n.º 6),
- Formato de reporte de perforación, (Ver ANEXO n.º 8)
- Planos de diseño de malla,
- Diseño de carga de cada proyecto analizado, con air deck y sin air deck,
- Formato de reporte de carguío de camión fabrica con San G,
(Ver ANEXO n.º 8),
- Formato de reporte de voladura.

Método

El método de investigación utilizado para este proyecto es el experimental puro, teniendo como técnica la observación sistemática en cada proyecto de voladura analizada; esta técnica nos permitió obtener datos de la cantidad de explosivo que se emplea en los taladros cargados con air deck y sin air deck, con el fin de adquirir información y obtener resultados.

2.3. Procedimiento.

- Para la obtención de la información, se solicitó la zonificación según el factor de roca del tajo Tantahuatay; esta información fue brindada por el área de geología mina. (Ver ANEXO n.º 6),
- Se realizó el monitoreo de los parámetros de perforación con los reportes diarios, con el fin de validar los datos de velocidad de penetración; contrastando esta información con el plano de zonificación,
- Se realizó un nuevo diseño de carga para los taladros de producción con air deck y sin air deck,
- Luego, se seleccionó los taladros de producción donde se aplicará el uso de air deck y sin air deck según el diseño de amarre.
- En campo, se realizó la verificación y cumplimiento a detalle del nuevo diseño de carga a implementar, registrando cuidadosamente los Kg. de San G cargados en cada taladro de producción con y sin air deck.
- Finalizada la voladura, se procedió a tomar las fotografías del proyecto volado, de las zonas que se cargó con air deck y sin air deck, para poder analizarlas en el Software Split Desktop 3.1.

- Posteriormente, en gabinete se realizó el plano detallando del total de taladros volados; tanto ayudas, buffer, producción con air deck y sin air deck; según corresponda con el Autocad 2017.
- Se analizó cada fotografía tomada en campo de los taladros de producción con en el Software Split Desktop 3.1, para determinar el tamaño de la roca en pulgadas, producto de la voladura.
- Finalmente, se evaluó a detalle los Kg de San G que se cargaron en los taladros de producción con air deck y sin air, realizando la comparación de costos y los resultados finales.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LOS PROYECTOS DE VOLADURA.

- **Bco. 3916 - Proyecto 032**

Se realizó el disparo de este proyecto el día 09 de enero del 2017 en el banco 3916. Con las siguientes características:

Tabla 2

Descripción del Py. 032-3916.

Descripción del Py. 032-3916	
Ubicación	Tajo Tantahuatay lado oeste
Fecha	09/01/2017
Núm. de taladros	136 taladros
Diámetro	7 7/8”
Longitud	8.8 m
Malla	5.3 x 6.1 m
P80 esperado	4.3”
Explosivo	San G
Tipo de voladura	Electrónica.
Tipo de roca	Media
Densidad de la roca (gr/cc)	2.53

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3

N° Total de taladros del Py. 032-3916.

N° Total de taladros del Py. 032-3916	
Ubicación	Tajo Tantahuatay lado oeste
N° total de taladros	136 taladros
Tal. Ayuda	22 taladros
Tal. Buffer 1ra fila	17 taladros
Tal. Buffer 2da fila	13 taladros
Tal. Producción con Air Deck	59 taladros
Tal. Producción sin Air Deck	24 taladros

Fuente: Elaboración propia

Figura 1. Hoja de Diseño de Carga con Airdeck – Py. 032-3916.

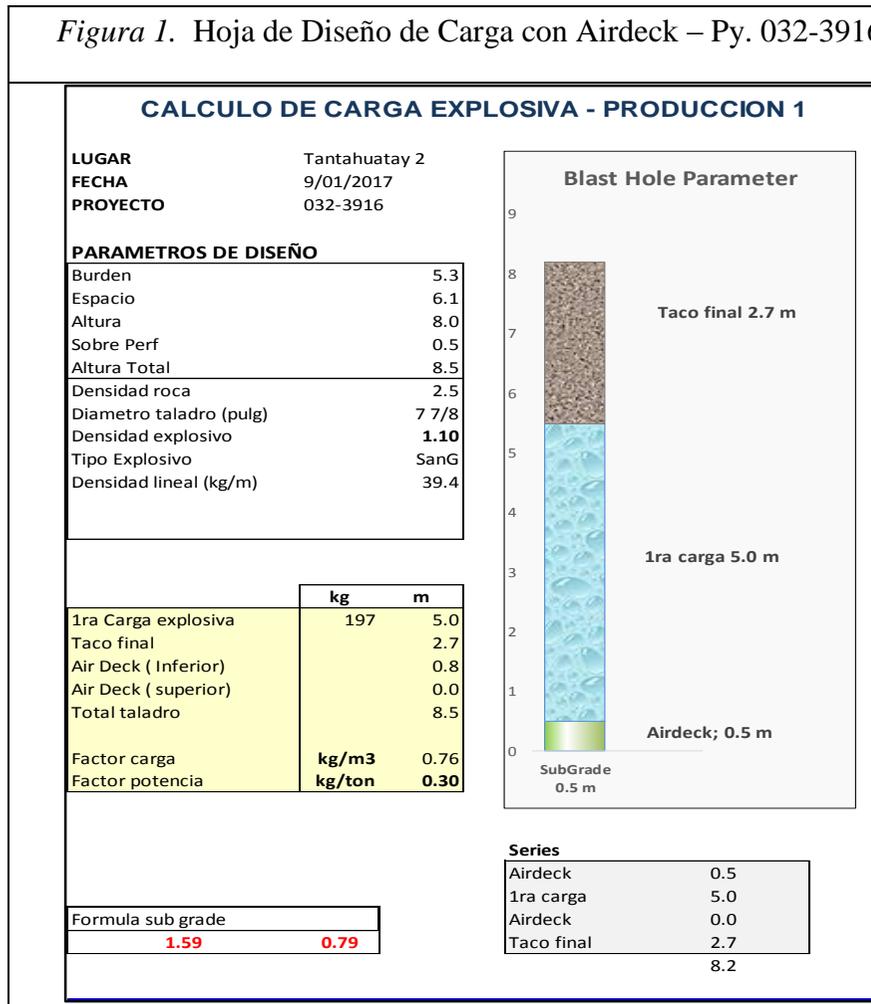
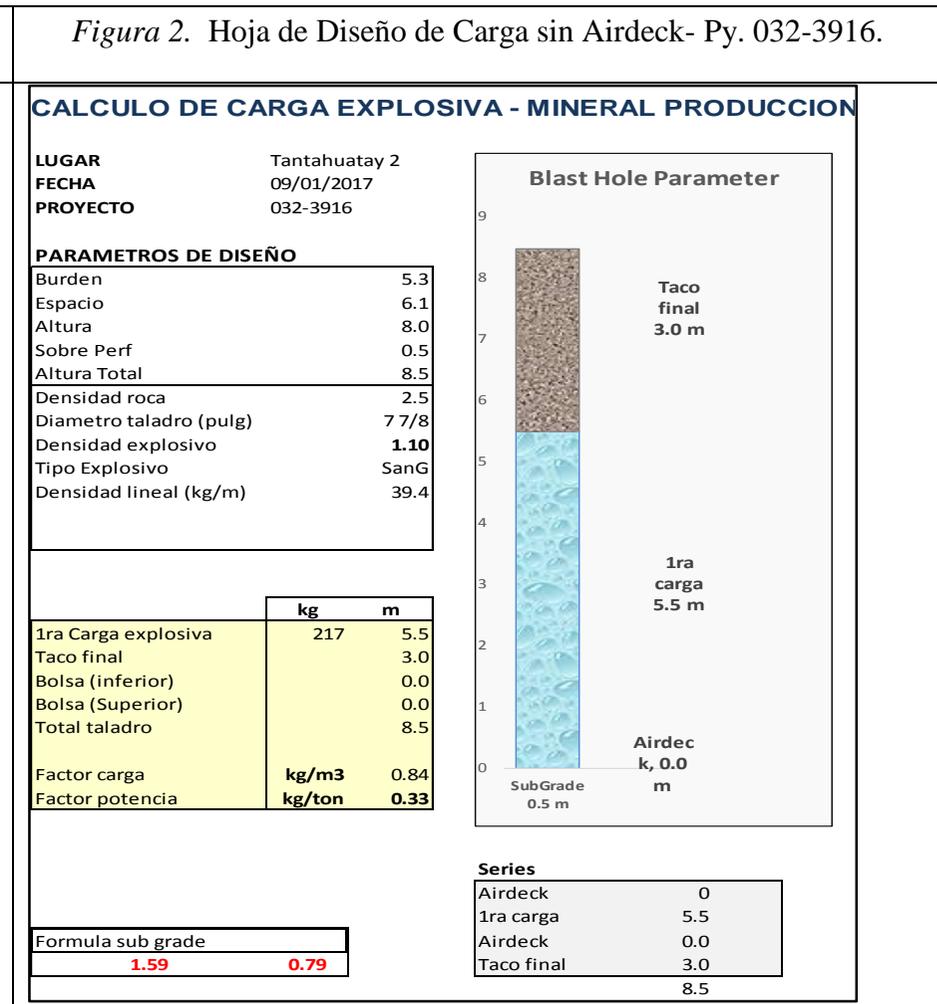


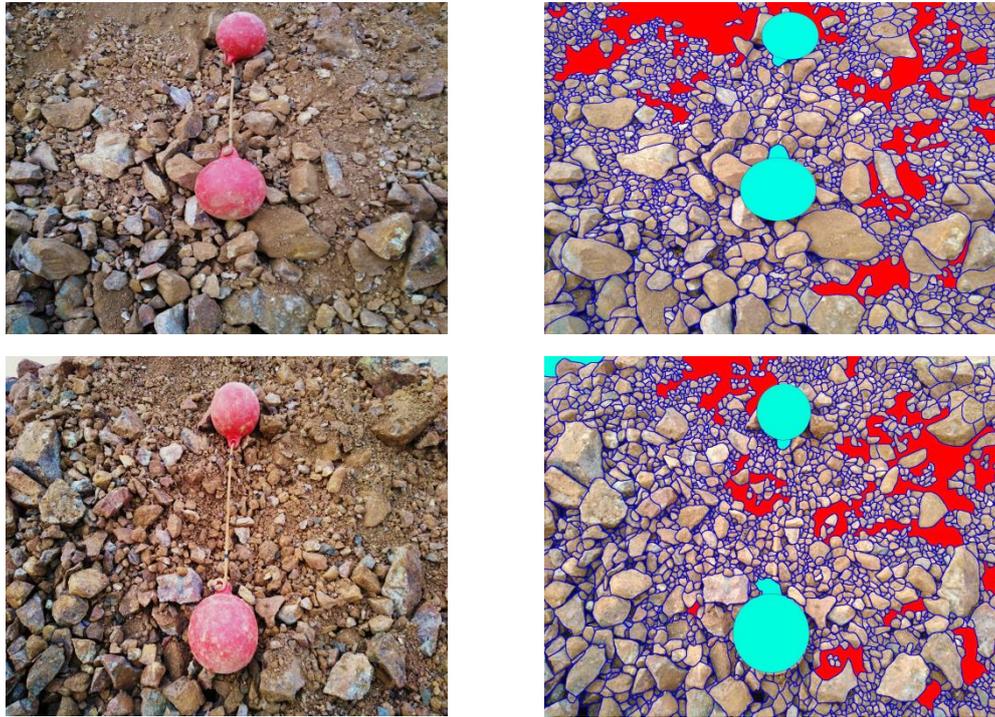
Figura 2. Hoja de Diseño de Carga sin Airdeck- Py. 032-3916.



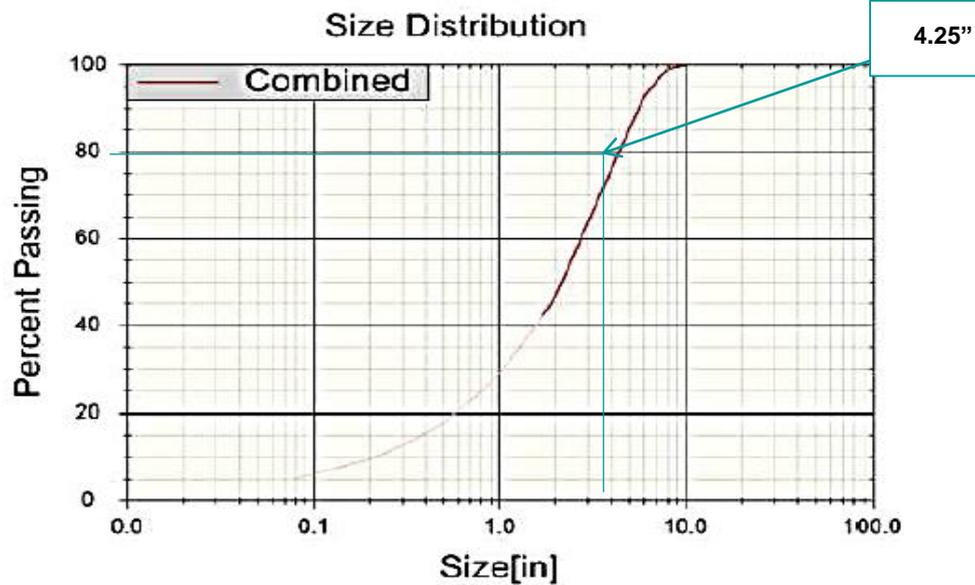
Fuente: Elaboración propia

Figura 3. Análisis de fragmentación Post Voladura con air deck Cartuflex del Py. 032-3916.

ANÁLISIS DE FRAGMENTACIÓN CON AIR DECK CON EL SOFTWARE SPLIT DEL Py. 032-3916

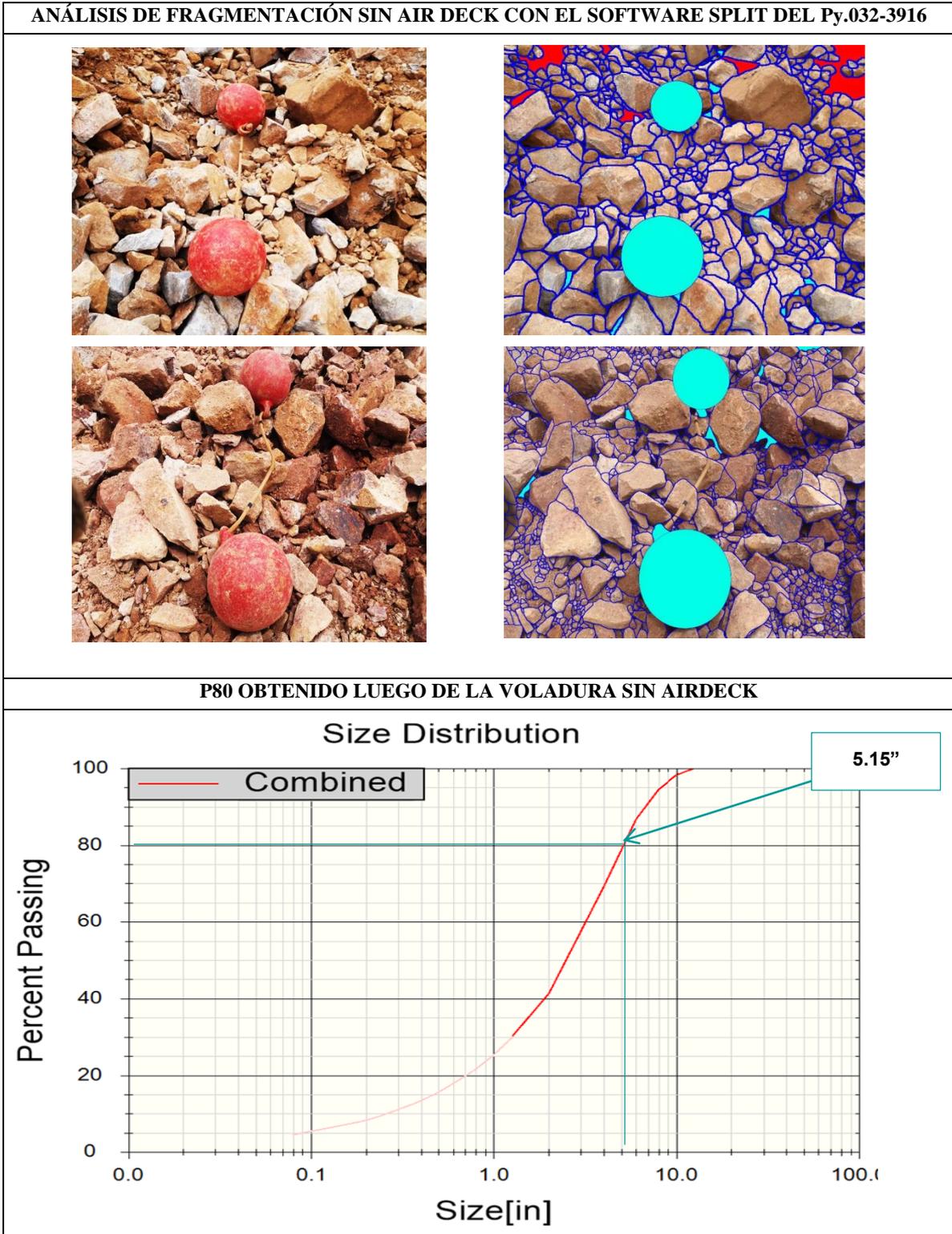


P80 OBTENIDO LUEGO DE LA VOLADURA CON AIRDECK



Fuente: Elaboración propia

Figura 4. Análisis de fragmentación Post Voladura sin air deck Cartuflex del Py. 032-3916.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4

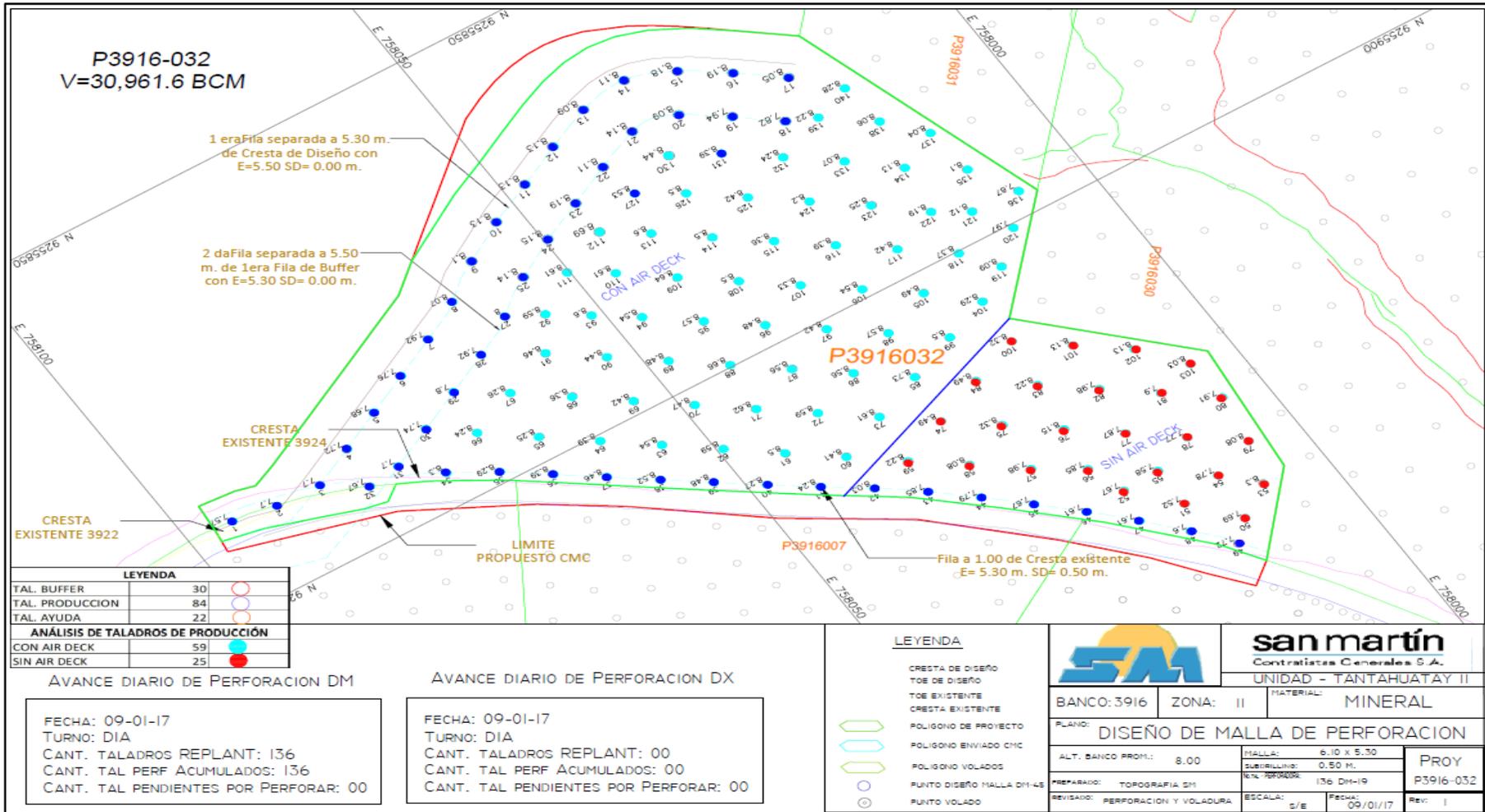
Determinación de P80 del Py. 032-3916.

Fuente: Elaboración propia.

ANÁLISIS DE FRAGMENTACIÓN - TAJO TANTAHUATAY PY. 32-3916.						
Fecha de toma	Hora de toma	Air Deck	Fotos procesadas	Material	P80 esperado (pulg)	P80 real promedio (pulg)
09-ene	12:35 a.m.	SI	2	Mineral	4.3	4.25
09-ene	12:35 a.m.	NO	2	Mineral	4.8	5.15

De las muestras obtenidas en campo, se analizó las fotografías en el software Split Desktop. Como resultado obtuvimos, que los taladros de producción en los que se usó air deck genera un P80 promedio de 4.25” y en los taladros que se cargaron sin air deck se obtuvo un P80 de 5.15, con una malla de 5.3 x 6.1 m, para una roca media.

Plano N° 1. Diseño de plano final con los taladros analizados del Py. 032-3916.



Fuente: Área de Topografía - San Martín Contratistas Generales S.A.

- **Bco. 3908 – Proyecto 010**

Se realizó el disparo de este proyecto el día 13 de enero del 2017 en el banco 3908.

Con las siguientes características

Tabla 5

Descripción del Py. 010-3908

Descripción del Py. 010-3908	
Ubicación	Tajo Tantahuatay lado oeste
Fecha	13/01/2017
Núm. de taladros	173 taladros
Diámetro	7 7/8”
Longitud	8.8 m
Malla	5.1 x 5.9 m
P80 esperado	4”
Explosivo	San G
Tipo de voladura	Electrónica.
Tipo de roca	Media
Densidad de la roca (gr/cc)	2.53

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6

N° Total de taladros del Py. 010-3908.

N° Total de taladros del Py. 010-3916	
Ubicación	Tajo Tantahuatay lado oeste
N° total de taladros	136 taladros
Tal. Ayuda	22 taladros
Tal. Buffer 1ra fila	17 taladros
Tal. Buffer 2da fila	13 taladros
Tal. Producción con Air Deck	59 taladros
Tal. Producción sin Air Deck	24 taladros

Fuente: Elaboración propia

Figura 5. Hoja de Diseño de Carga con Airdeck – Py. 010-3908.

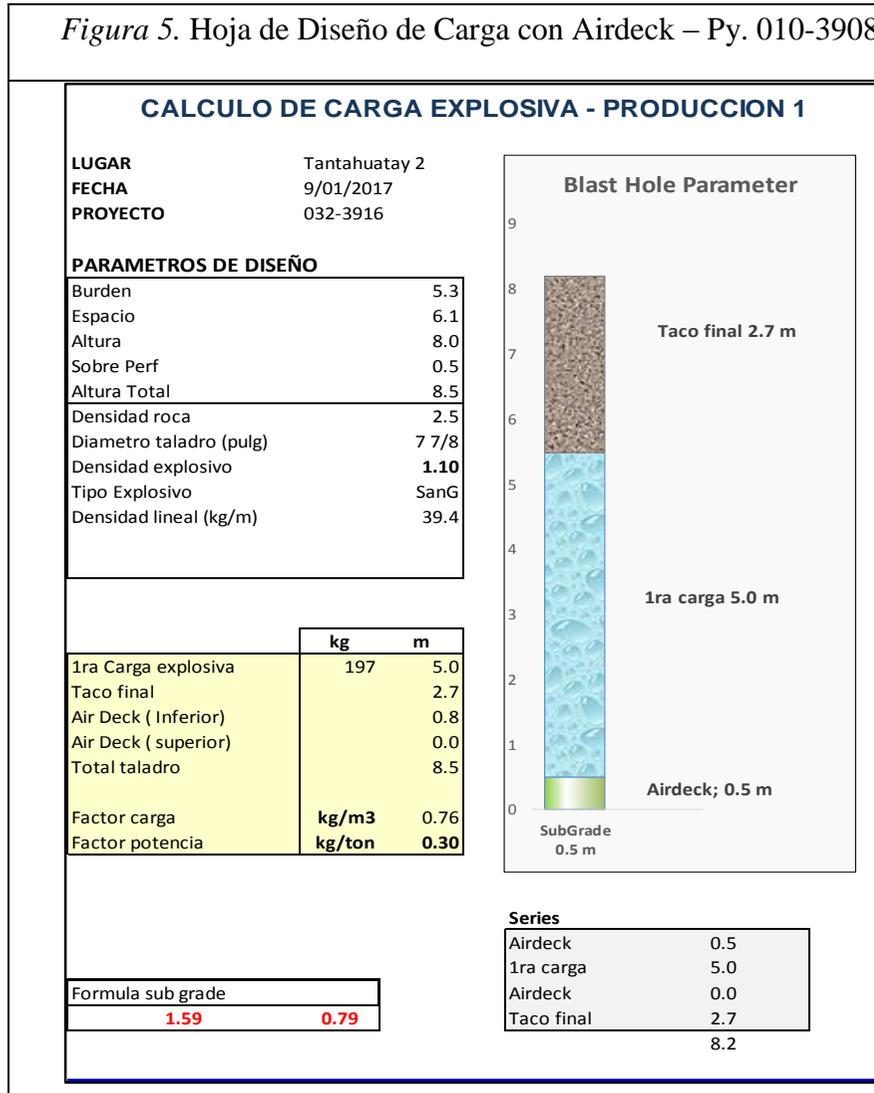
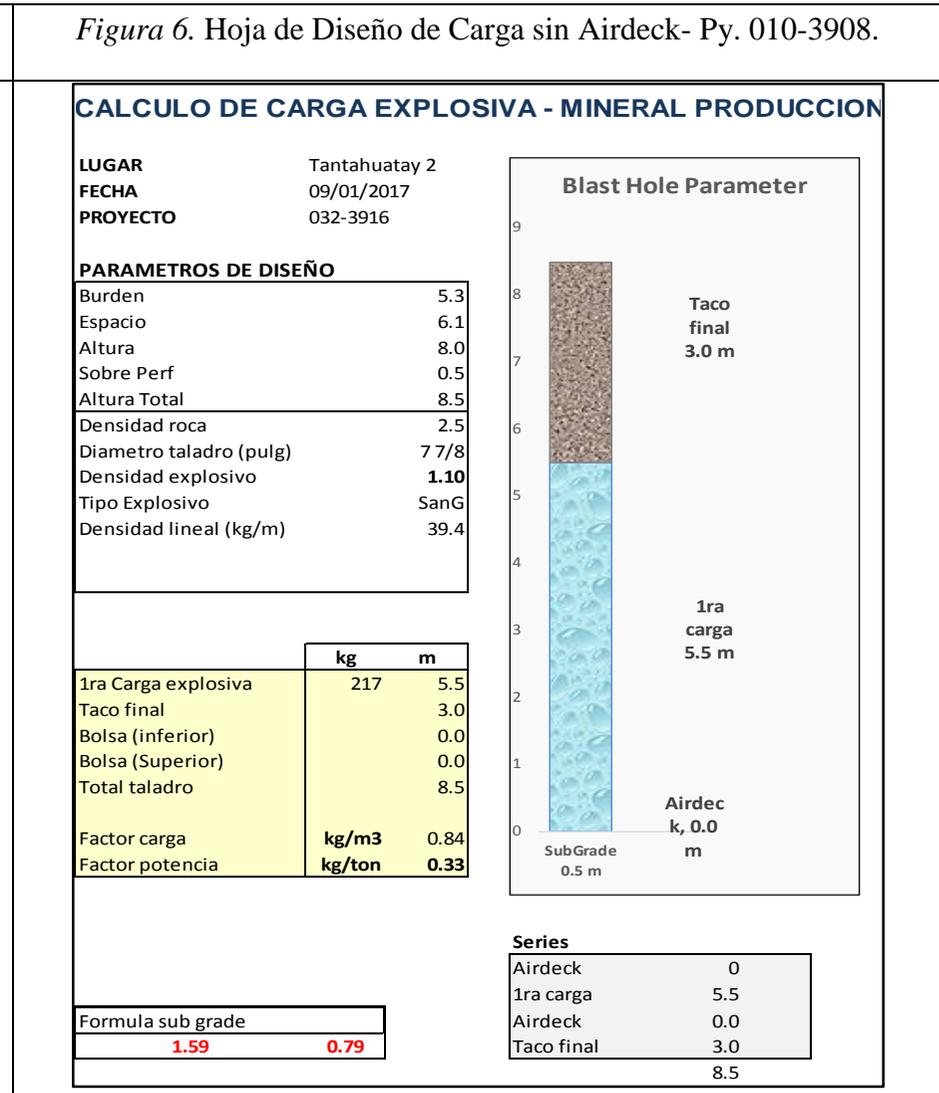
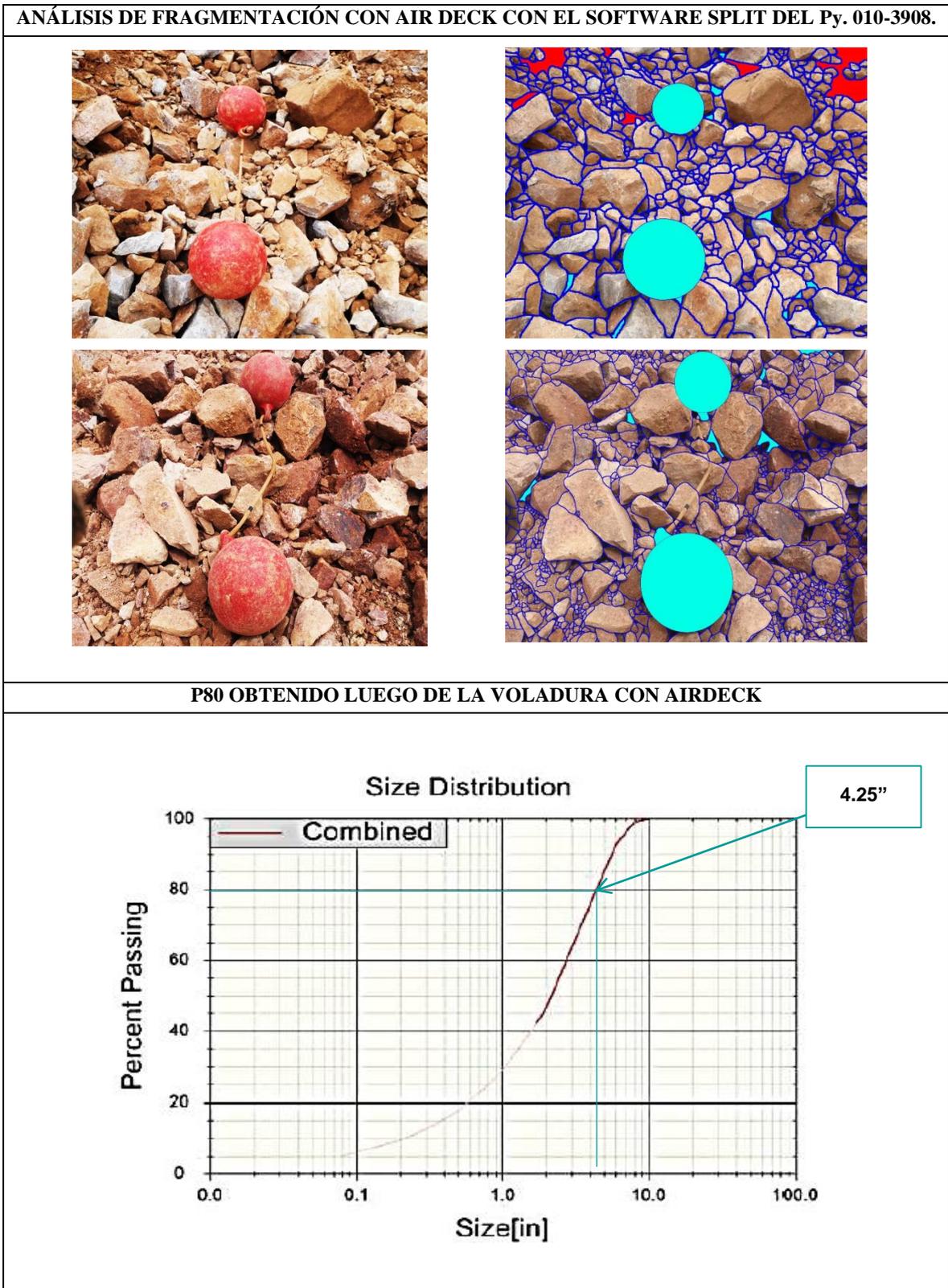


Figura 6. Hoja de Diseño de Carga sin Airdeck- Py. 010-3908.



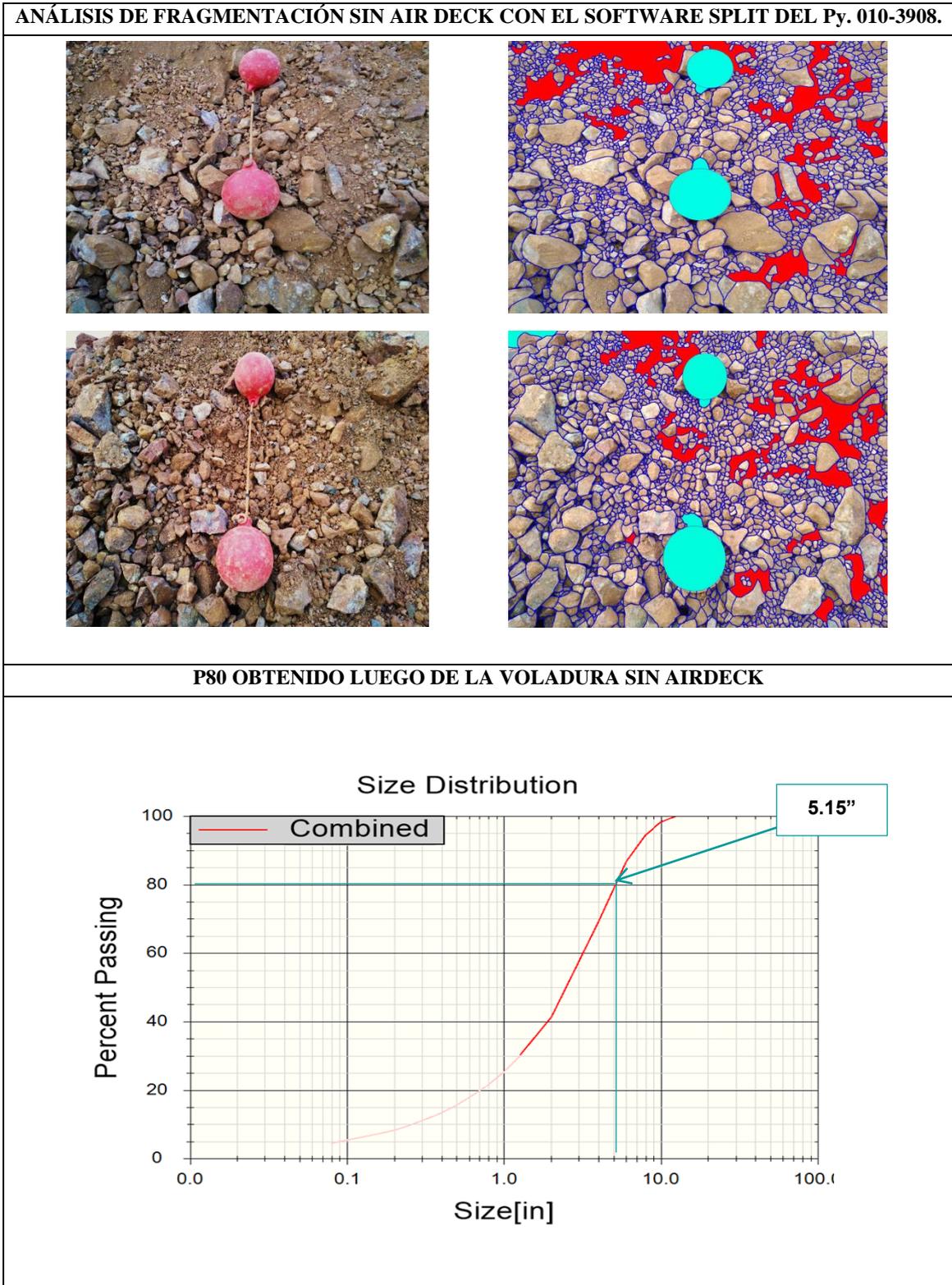
Fuente: Elaboración propia

Figura 7. Análisis de fragmentación Post Voladura con air deck Cartuflex del Py. 010-3908.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 8. Análisis de fragmentación Post Voladura sin air deck Cartuflex del Py. 010-3908.



Fuente: Elaboración propia

Tabla 7

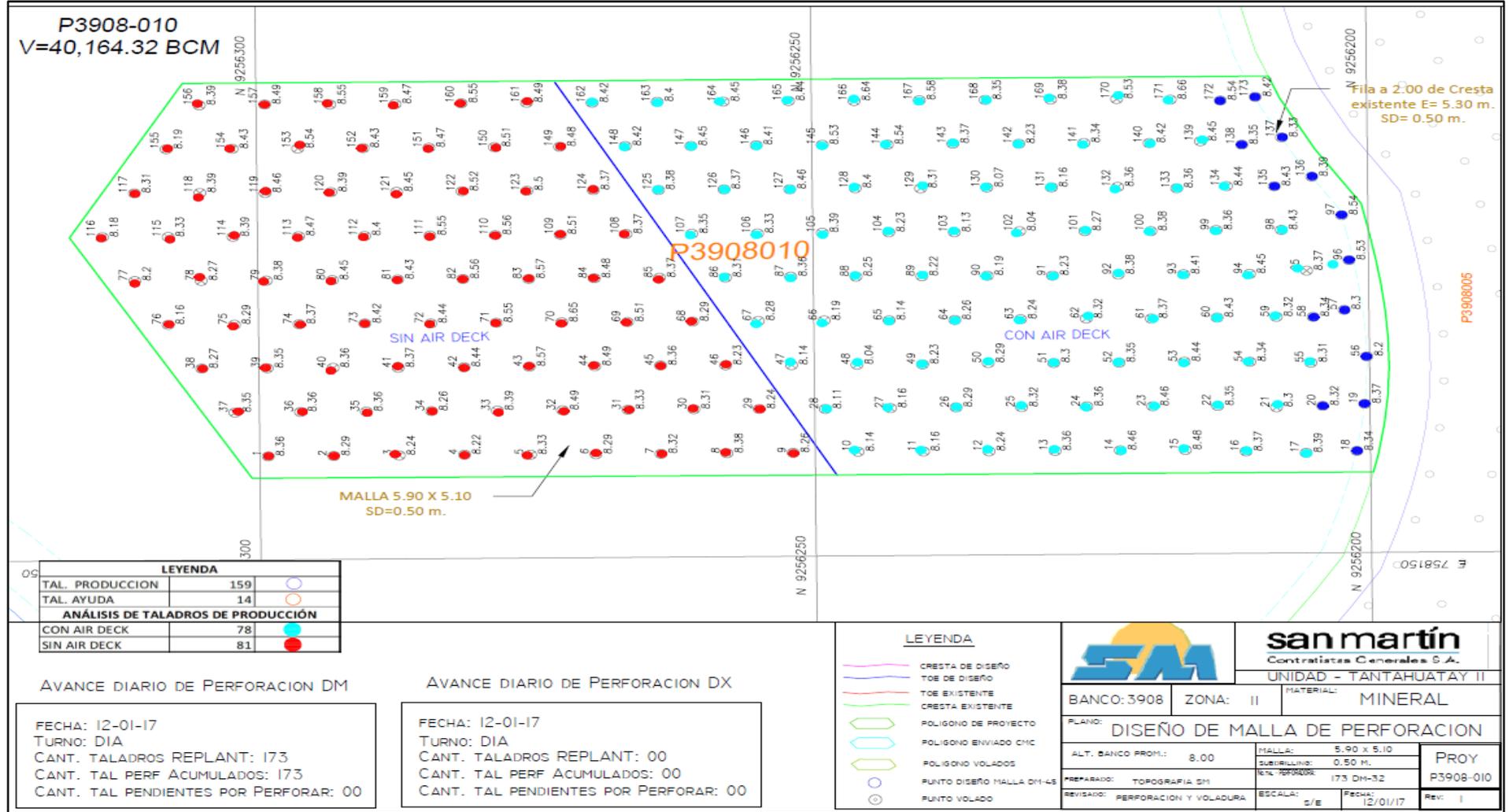
Determinación de P80 del Py. 010-3908.

ANÁLISIS DE FRAGMENTACIÓN - TAJO TANTAHUATAY Py. 010-3908.						
Fecha de toma	Hora de toma	AIR DECK	Fotos procesadas	Material	P80 esperado (pulg)	P80 real Promedio (pulg)
13-ene	12:15 a.m.	SI	2	Mineral	4.3	4.25
13-ene	12:15 a.m.	NO	2	Mineral	4.8	5.15

Fuente: Elaboración propia.

De las muestras obtenidas en campo, se analizó las fotografías en el software Split Desktop. Como resultado obtuvimos, que los taladros de producción en los que se usó air deck genera un P80 promedio de 4.25” y en los taladros que se cargaron sin air deck se obtuvo un P80 de 5.15, con una malla de 5.3 x 6.1 m, para una roca media.

Plano N° 2. Diseño de plano final con los taladros analizados del Py. 010-3908.



Fuente: Área de Topografía - San Martín Contratistas Generales S. A.

- **Bco. 3908 - Proyecto 011**

Se realizó el disparo de este proyecto el día 16 de enero del 2017 en el banco 3908. Con las siguientes características:

Tabla 8

Descripción del Py. 011-3908.

Descripción del Py. 011-3908.	
Ubicación	Tajo Tantahuatay lado oeste
Fecha	16/01/2017
Núm. de taladros	148 taladros
Diámetro	7 7/8”
Longitud	8.8 m
Malla	5.1 x 5.9 m
P80 esperado	4”
Explosivo	San G
Tipo de voladura	Electrónica.
Tipo de roca	Media
Densidad de la roca (gr/cc)	2.53

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9

Número Total de taladros del Py. 011-3908

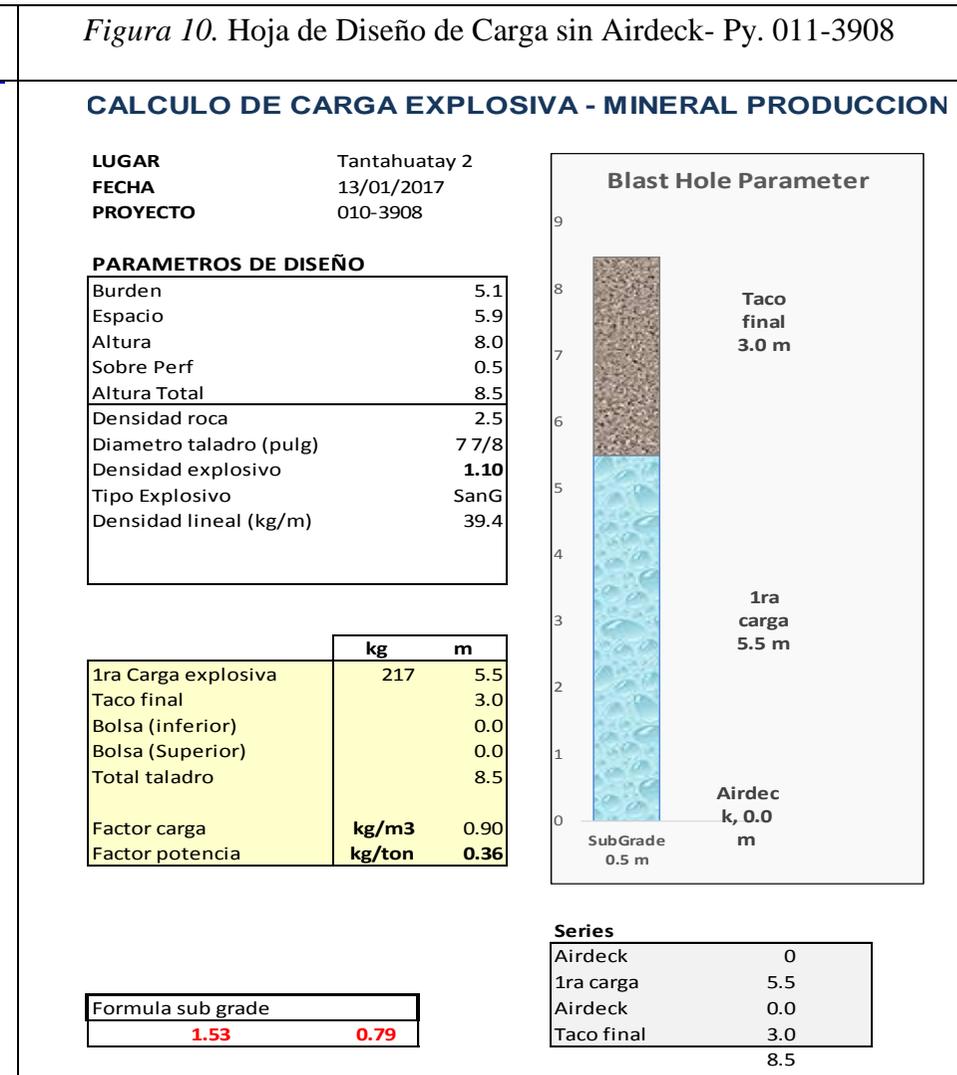
Nº Total de taladros del Py. 011-3908	
Ubicación	Py. 011-3908.
Nº total de taladros	Tajo Tantahuatay lado oeste
Tal. Ayuda	148 taladros
Tal. Buffer 1ra fila	19 taladros
Tal. Buffer 2da fila	28 taladros
Tal. Producción con Air Deck	27 taladros
Tal. Producción sin Air Deck	56 taladros

Fuente: Elaboración propia

Figura 9. Hoja de Diseño de Carga con Airdeck – Py. 011-3908.

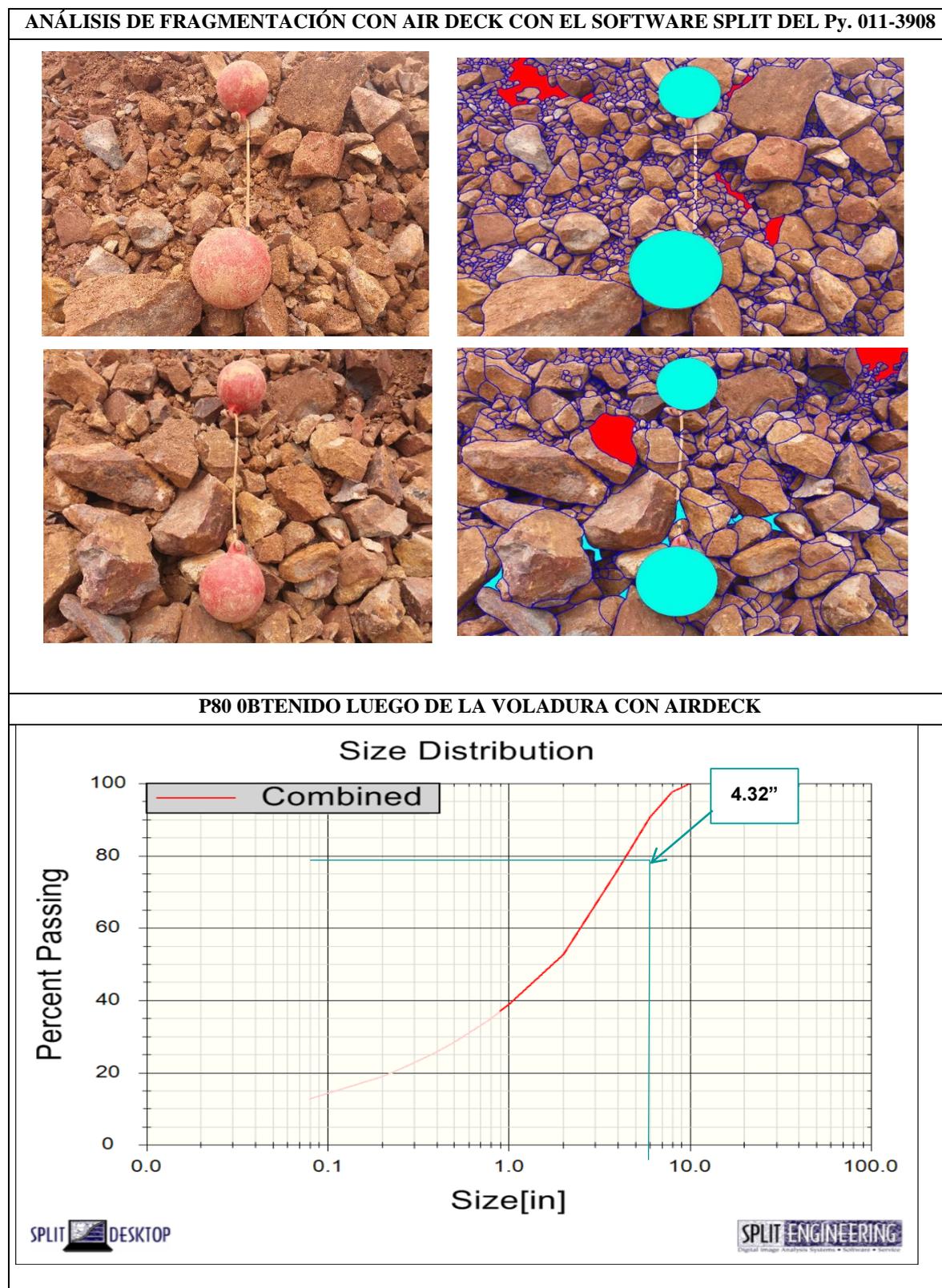


Figura 10. Hoja de Diseño de Carga sin Airdeck- Py. 011-3908



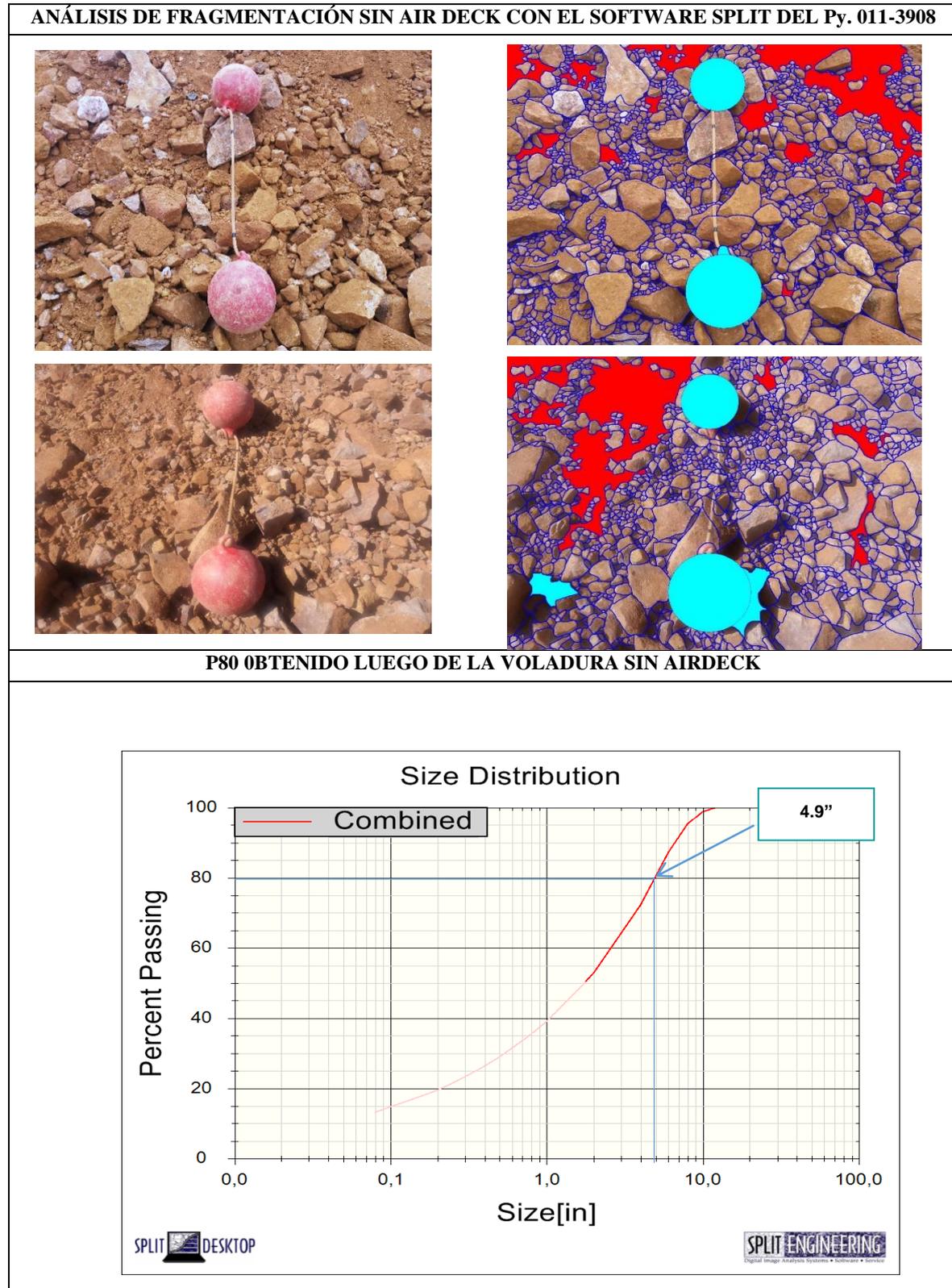
Fuente: Elaboración propia

Figura 11. Análisis de fragmentación Post Voladura con air deck Cartuflex del Py. 011-3908



Fuente: Elaboración propia

Figura 12. Análisis de fragmentación Post Voladura sin air deck Cartuflex del Py.011-3908



Fuente: Elaboración propia

Tabla 10

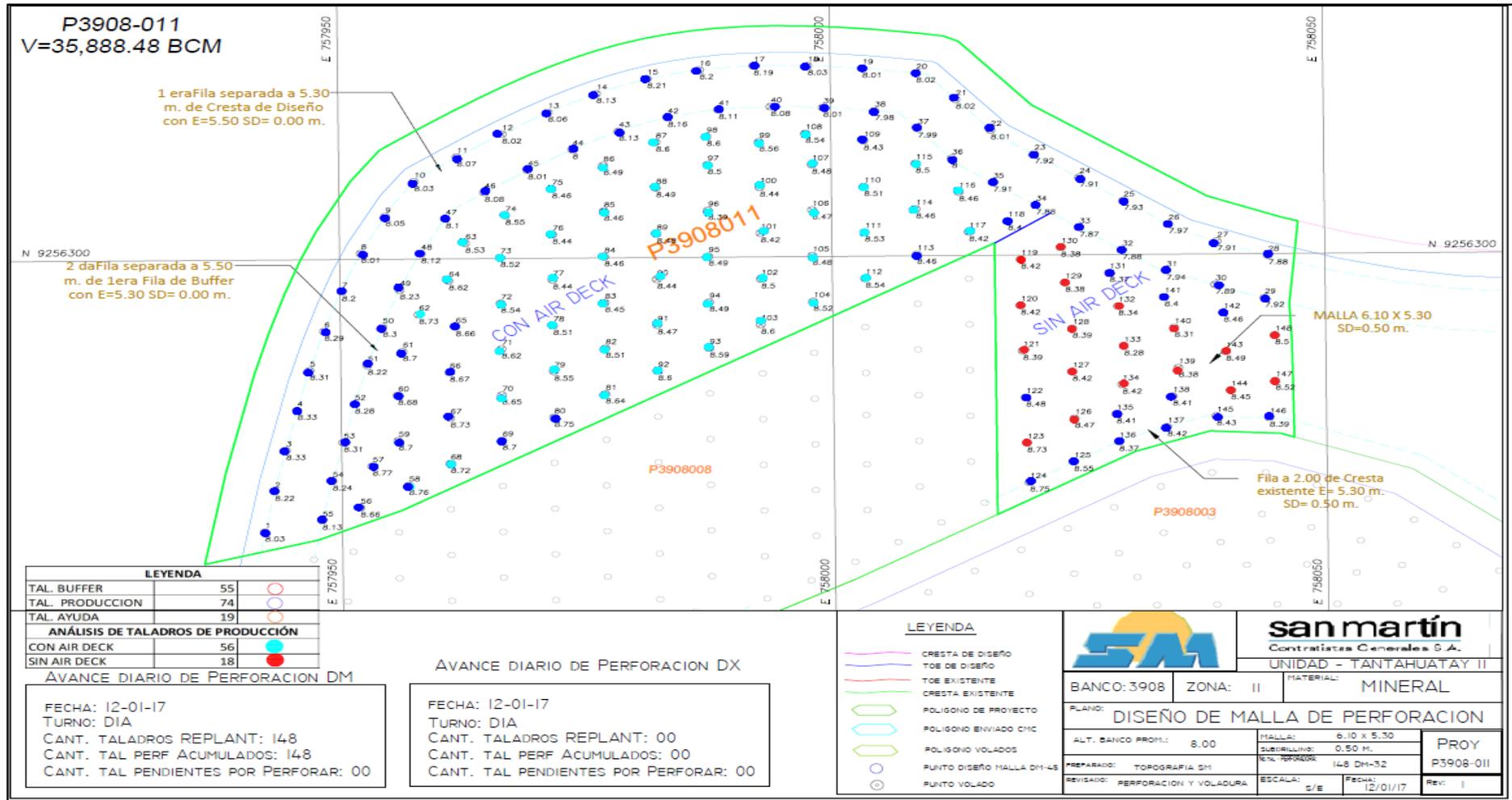
Determinación de P80 del Py. 011-3908

ANÁLISIS DE FRAGMENTACIÓN - TAJO TANTAHUATAY PY. 011-3908					
Fecha de toma	Air Deck	Fotos procesadas	Material	P80 esperado (pulg)	P80 real Promedio (pulg)
16-ene	12:30 a.m.	SI	2	Mineral	4.32
16-ene	12:30 a.m.	NO	2	Mineral	4.9

Fuente: Elaboración propia.

De las muestras obtenidas en campo, se analizó las fotografías en el software Split Desktop. Como resultado obtuvimos, que los taladros de producción en los que se usó air deck genera un P80 promedio de 4.32” y en los taladros que se cargaron sin air deck se obtuvo un P80 de 4.90, con una malla de 5.3 x 6.1 m, para una roca media.

Plano N° 3. Diseño de plano final con los taladros analizados del Py. 011-3908.



Fuente: Área de Topografía - San Martín Contratistas Generales S.A

- **Bco. 3908 – Proyecto 013**

Se realizó el disparo de este proyecto el día 18 de enero del 2017 en el banco 3908.

Con las siguientes características:

Tabla 11

Descripción del Py. 013-3908.

Descripción del Py. 013-3908.	
Ubicación	Tajo Tantahuatay lado oeste
Fecha	18/01/2017
Núm. de taladros	110 taladros
Diámetro	7 7/8”
Longitud	8.8 m
Malla	5.3 x 6.1 m
P80 esperado	4.3”
Explosivo	San G
Tipo de voladura	Electrónica.
Tipo de roca	Media
Densidad de la roca (gr/cc)	2.53

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12

Número Total de taladros del Py. 013-3908.

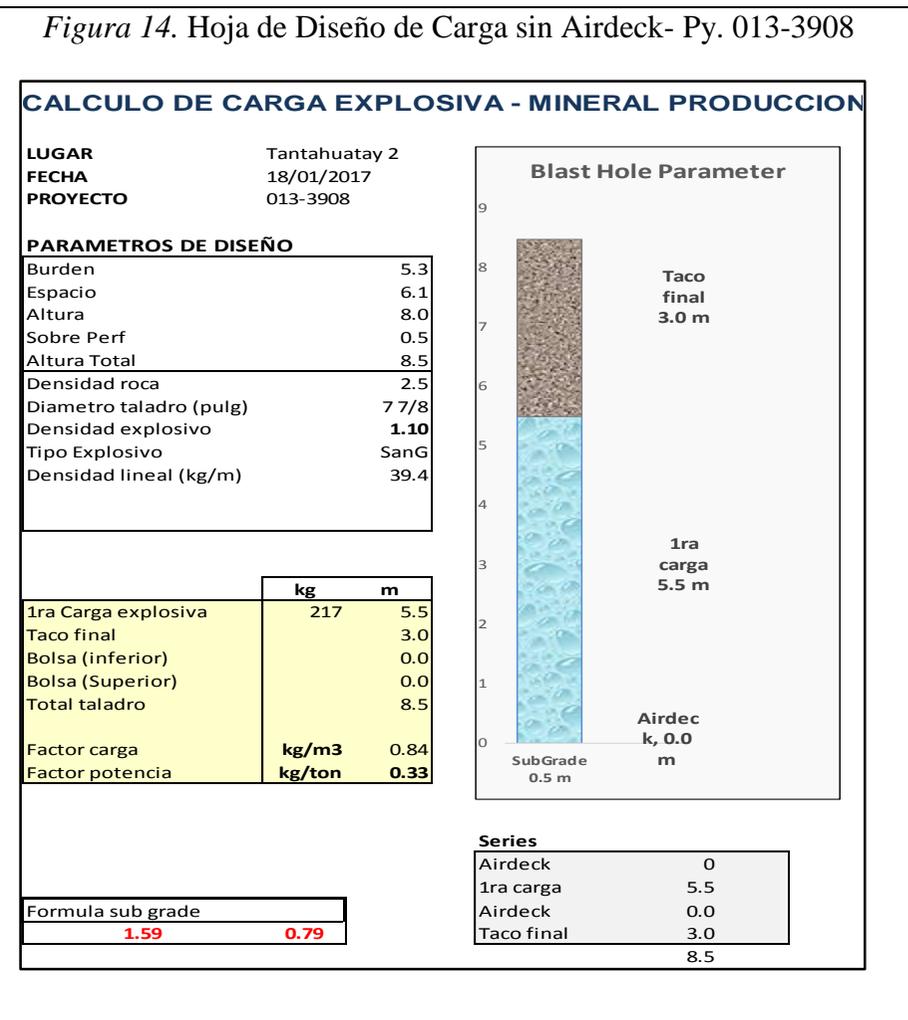
N° Total de taladros del Py. 013-3908	
Ubicación	Tajo Tantahuatay lado oeste
N° total de taladros:	110 taladros
Tal. Ayuda :	20 taladros
Tal. Producción con Air Deck :	61 taladros
Tal. Producción sin Air Deck :	19 taladros
N° total de taladros:	110 taladros

Fuente: Elaboración propia

Figura 13. Hoja de Diseño de Carga con Airdeck – Py. 013-3908.



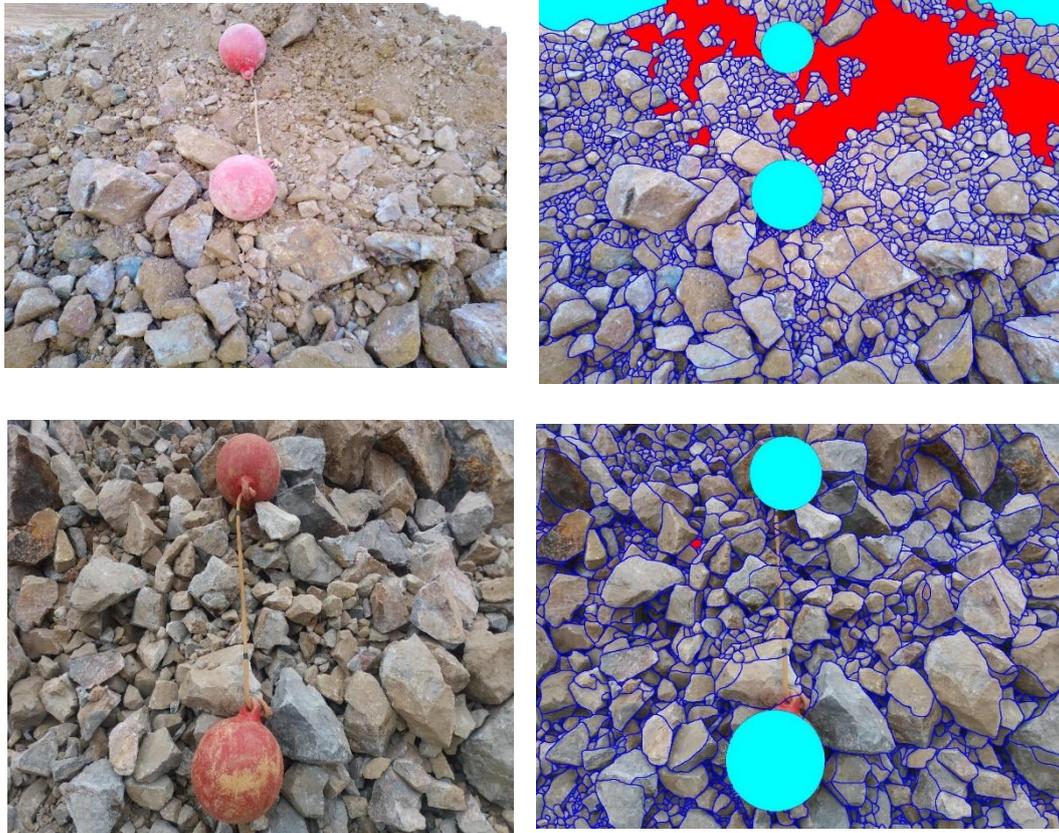
Figura 14. Hoja de Diseño de Carga sin Airdeck- Py. 013-3908



Fuente: Elaboración propia

Figura 15. Análisis de fragmentación Post Voladura con air deck Cartuflex del Py. 013-3908

ANÁLISIS DE FRAGMENTACIÓN CON AIR DECK CON EL SOFTWARE SPLIT DEL Py. 013-3908

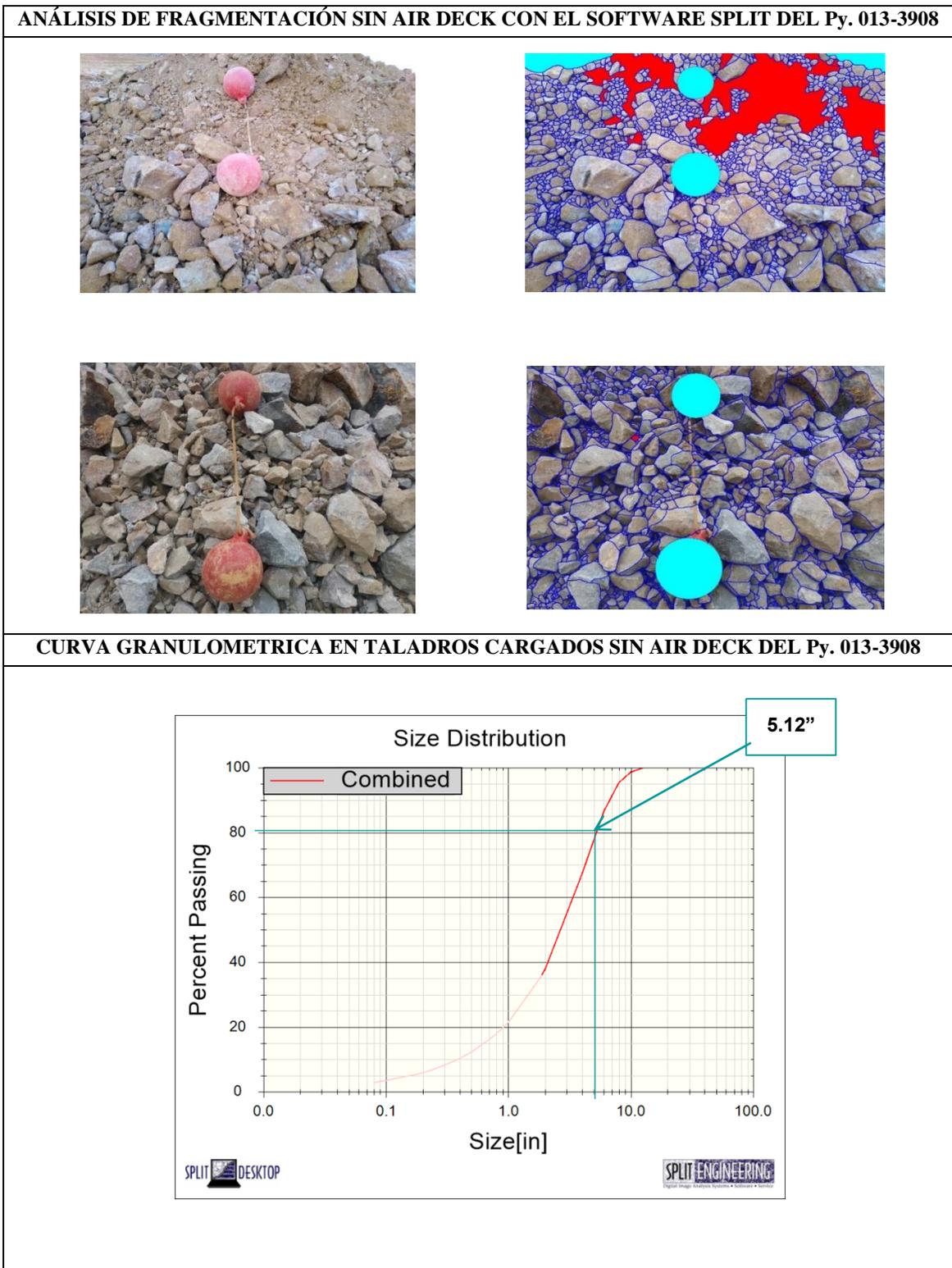


P80 OBTENIDO LUEGO DE LA VOLADURA CON AIRDECK



Fuente: Elaboración propia

Figura 16. Análisis de fragmentación Post Voladura sin air deck Cartuflex del Py. 013-3908



Fuente: Elaboración propia

Tabla 13

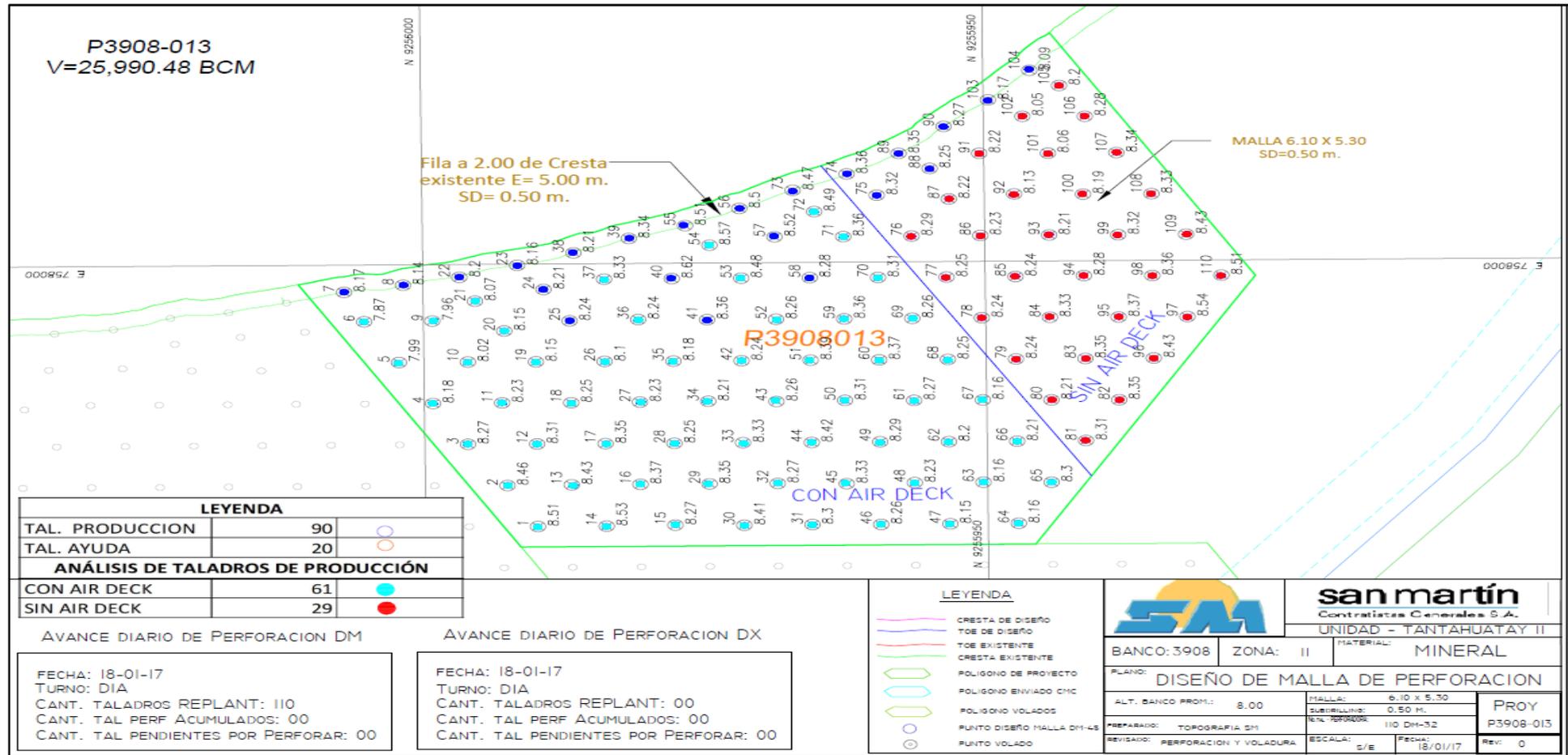
Determinación de P80 del Py. 013-3908

ANÁLISIS DE FRAGMENTACIÓN - TAJO TANTAHUATAY Py. 013-3908						
Fecha de toma	Hora de toma	AIR DECK	Fotos procesadas	Material	P80 esperado (pulg)	P80 real Promedio (pulg)
18-ene	01:00 p.m.	SI	2	Mineral	4	4.24
18-ene	01:00 p.m.	NO	2	Mineral	4.5	5.12

Fuente: Elaboración propia.

De las muestras obtenidas en campo, se analizó las fotografías en el software Split Desktop. Como resultado obtuvimos, que los taladros de producción en los que se usó air deck genera un P80 promedio de 4.24” y en los taladros que se cargaron sin air deck se obtuvo un P80 de 5.12, con una malla de 5.3 x 6.1 m, para una roca media.

Plano N° 4. Diseño de plano final con los taladros analizados del Py. 013-3908.



Fuente: Área de Topografía - San Martín Contratistas Generales S.

- **Bco. 3908 – Proyecto 012**

Se realizó el disparo de este proyecto el día 20 de enero del 2017 en el banco 3908.

Con las siguientes características:

Tabla 14

Descripción del Py. 012-3908.

Descripción del Py. 012-3908.	
Ubicación	Tajo Tantahuatay lado oeste
Fecha	20/01/2017
Núm. de taladros	216 taladros
Diámetro	7 7/8”
Longitud	8.8 m
Malla	5.3 x 6.1 m
P80 esperado	4.3”
Explosivo	San G
Tipo de voladura	Electrónica.
Tipo de roca	Media
Densidad de la roca (gr/cc)	2.53

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15

Nº Total de taladros del Py. 012-3908.

Nº Total de taladros del Py. 012-3908	
Ubicación	Tajo Tantahuatay lado oeste
Nº total de taladros:	216 taladros
Tal. Ayuda :	39 taladros
Tal. Buffer :	20 taladros
Tal. Producción con Air Deck :	71 taladros
Tal. Producción sin Air Deck :	86 taladros

Fuente: Elaboración propia

Figura 17. Hoja de Diseño de Carga con Airdeck – Py. 012-3908.

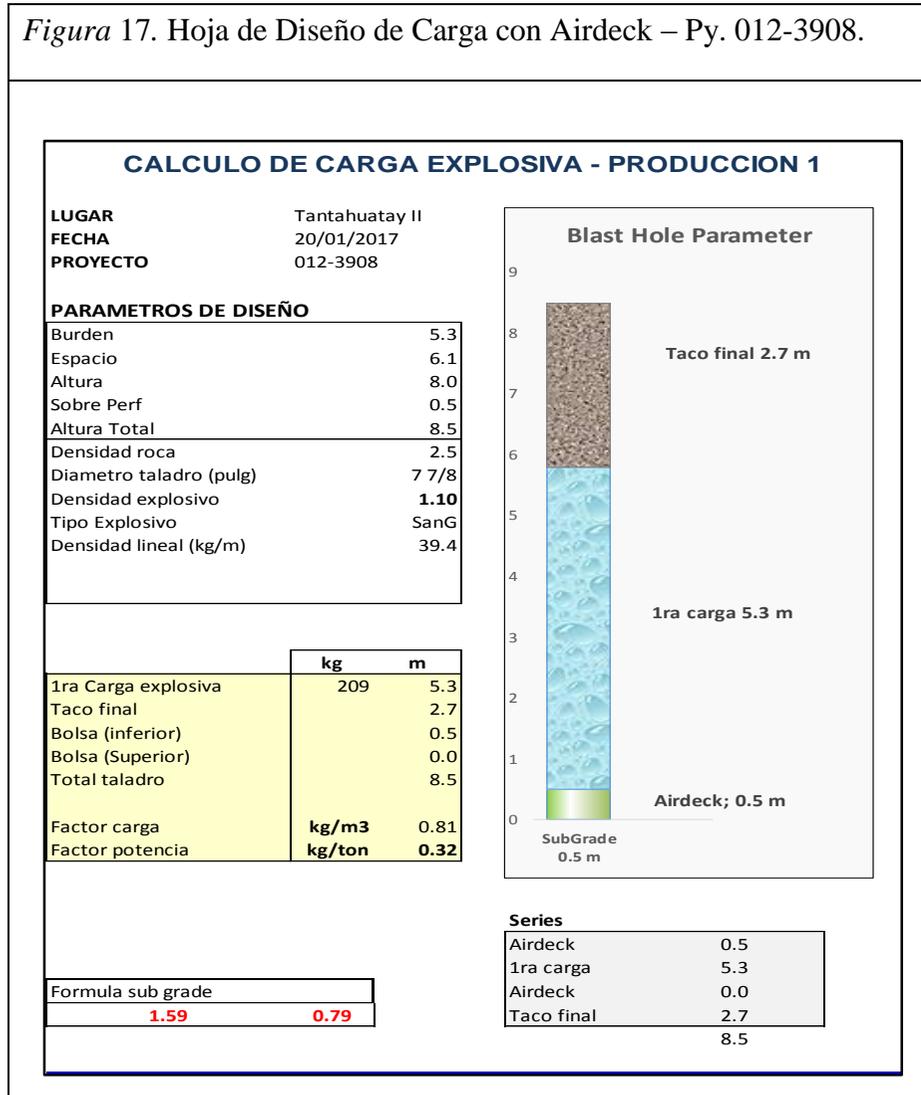
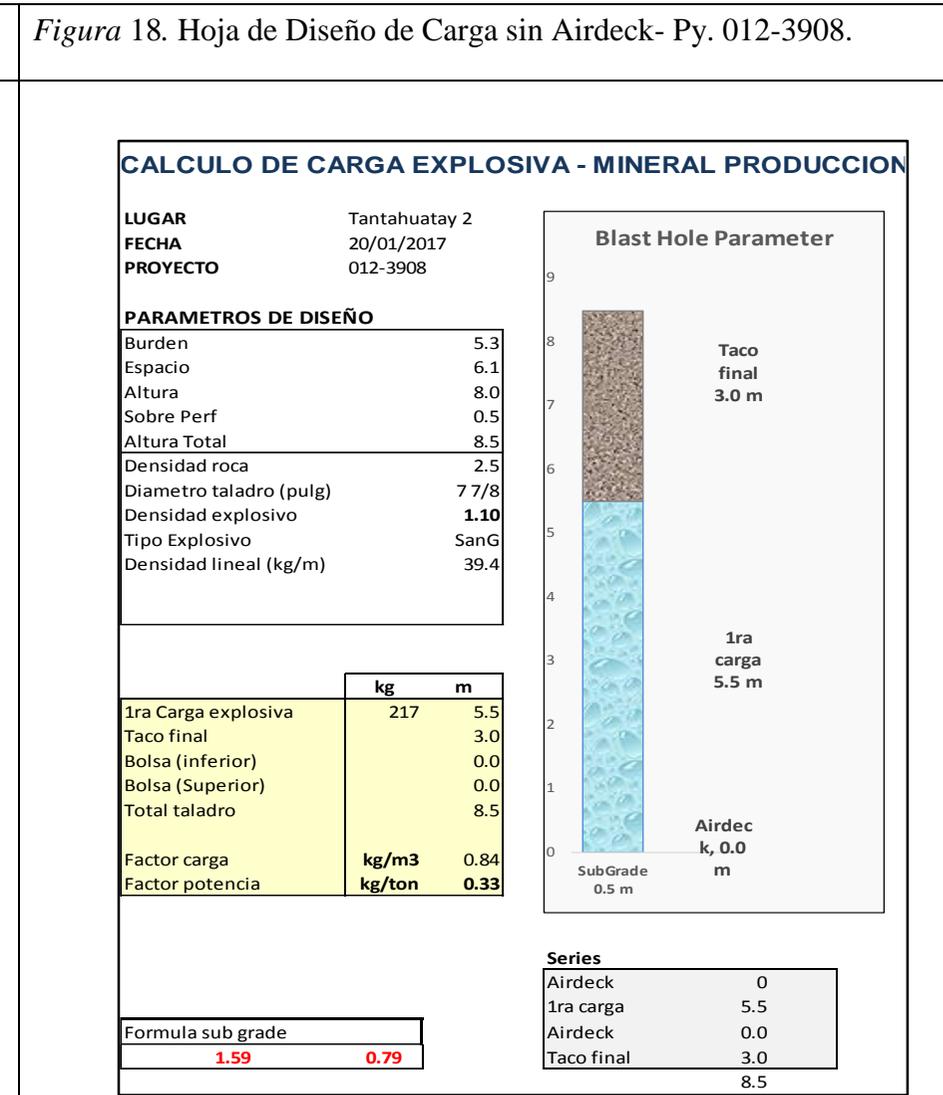
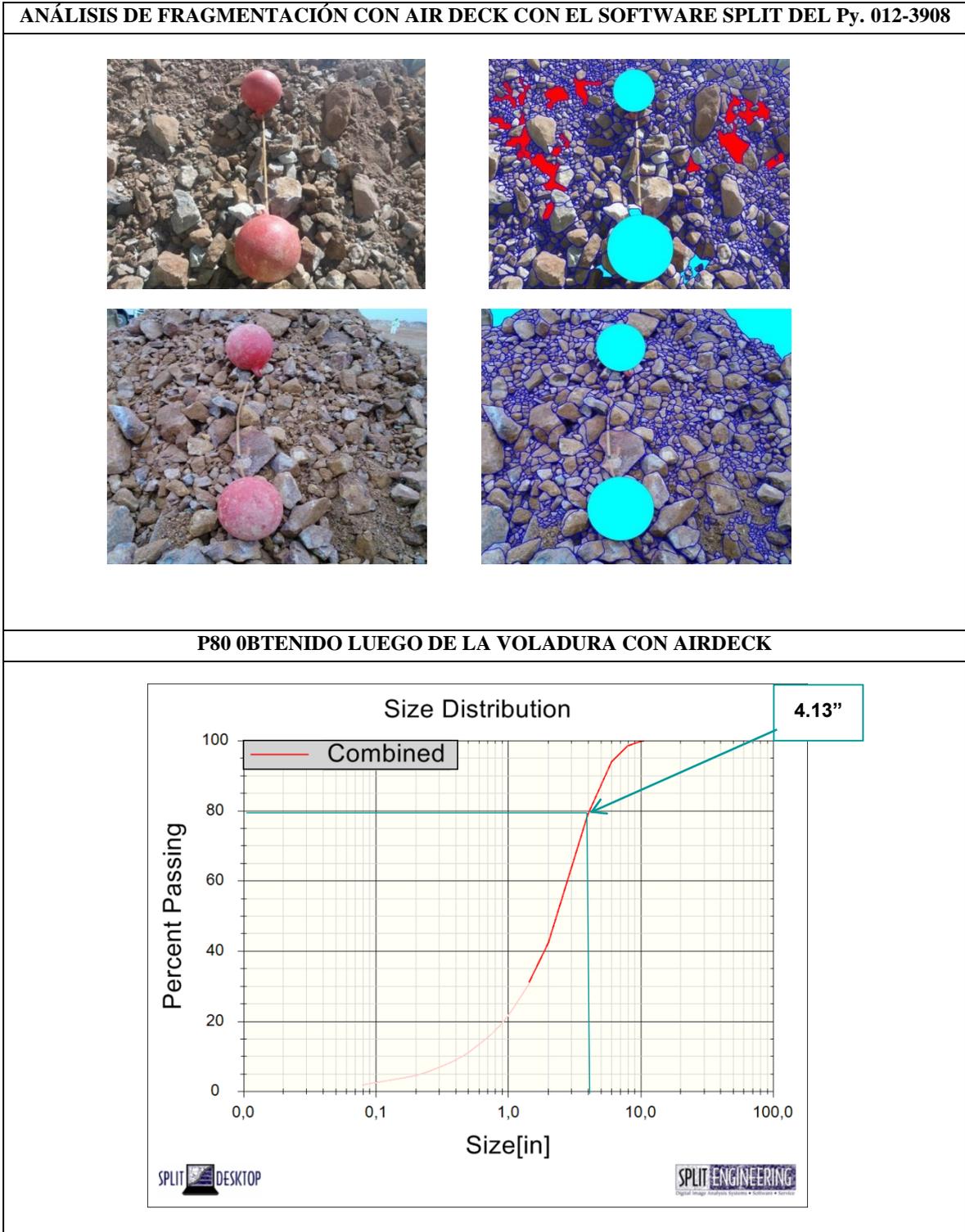


Figura 18. Hoja de Diseño de Carga sin Airdeck- Py. 012-3908.



Fuente: Elaboración propia

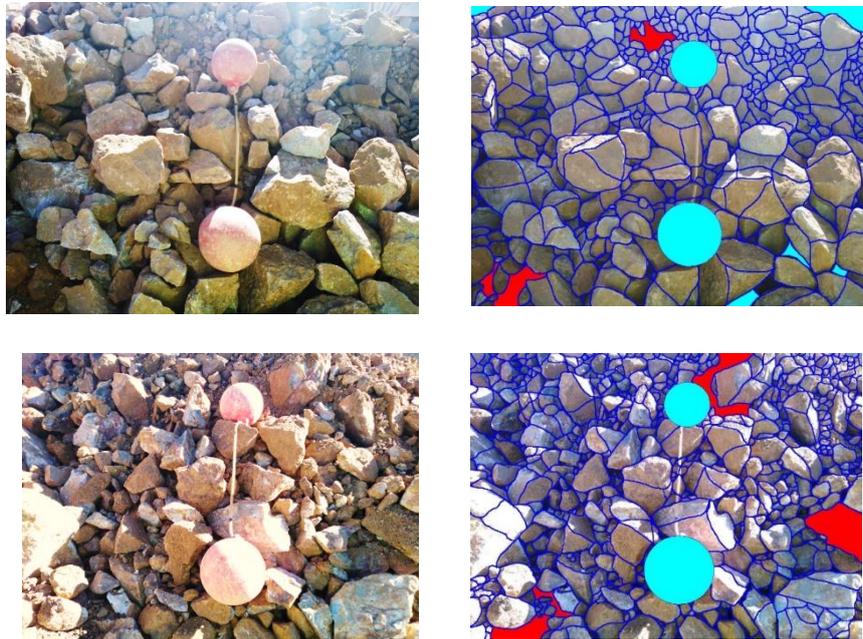
Figura 19. Análisis de fragmentación Post Voladura con air deck Cartuflex del Py. 012-3908



Fuente: Elaboración propia

Figura 20. Análisis de fragmentación Post Voladura sin air deck Cartuflex del Py. 012-3908

ANÁLISIS DE FRAGMENTACIÓN SIN AIR DECK CON EL SOFTWARE SPLIT DEL Py. 012-3908



CURVA GRANULOMETRICA EN TALADROS CARGADOS SIN AIR DECK DEL Py. 012-3908



Fuente: Elaboración propia

Tabla 16

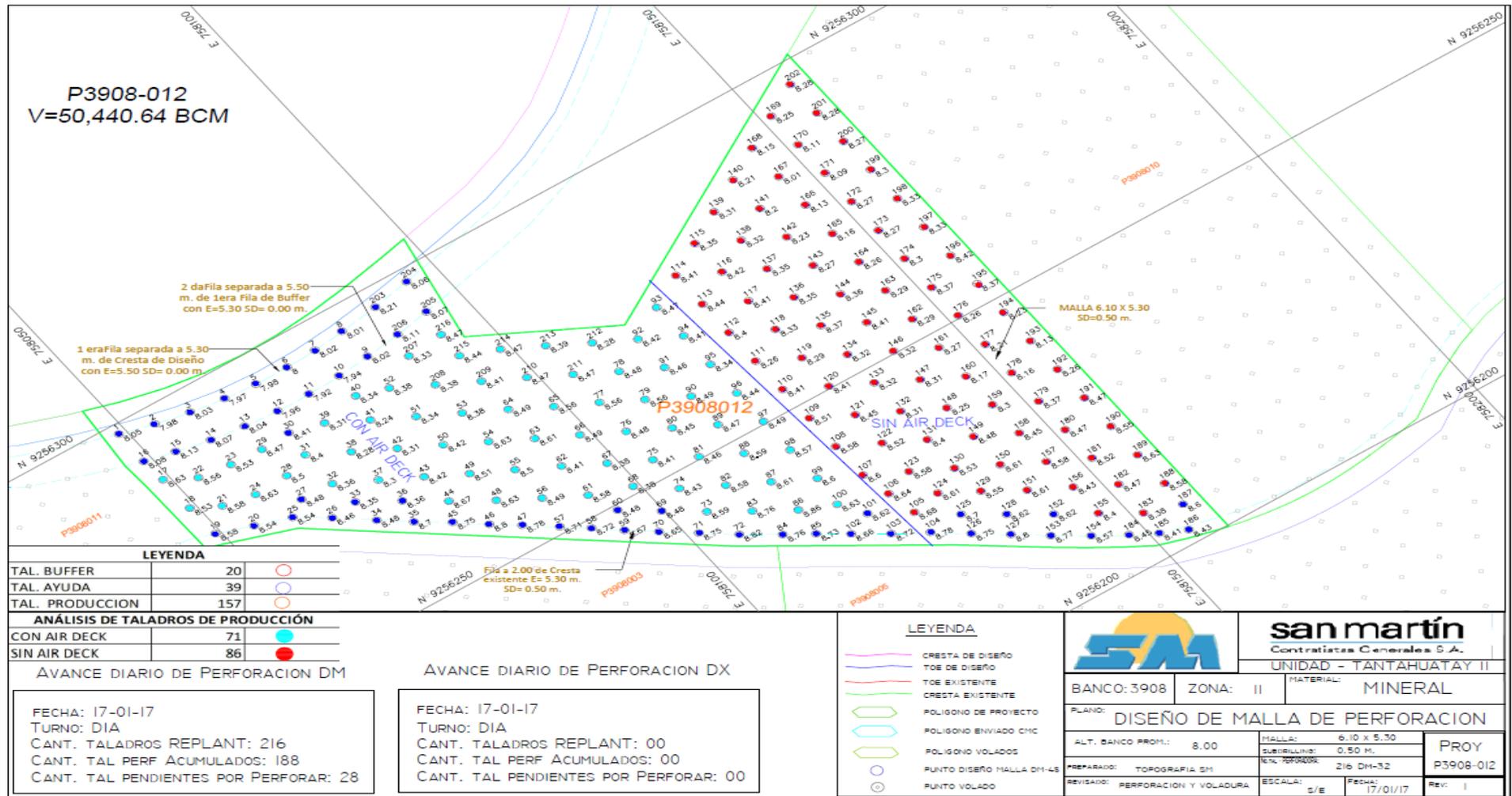
Determinación de P80 del Py. 012-3908

ANÁLISIS DE FRAGMENTACIÓN - TAJO TANTAHUATAY Py. 012-3908						
Fecha de toma	Hora de toma	AIR DECK	Fotos procesadas	Material	P80 esperado (pulg)	P80 real Promedio (pulg)
20-ene	01:00 p.m.	SI	2	Mineral	4.3	4.13
20-ene	01:00 p.m.	NO	2	Mineral	4.8	5.02

Fuente: *Elaboración propia.*

De las muestras obtenidas en campo, se analizó las fotografías en el software Split. Los resultados obtenidos fueron; al usar air deck se logró un P80 de 4.13” y en los taladros que se cargaron sin air deck se obtuvo un P80 de 5.02”, con una malla de 5.1 x 5.9 m, para una roca de dureza media.

Plano N° 5. Diseño de plano final con los taladros analizados del Py. 012-3908.



Fuente: Área de Topografía - San Martín Contratistas Generales S.A

- **Bco. 3900 - Proyecto 029**

Se realizó el disparo de este proyecto el día 21 de enero del 2017 en el banco 3900. Con las siguientes características:

Tabla 17

Descripción del Py. 029-3900.

Descripción del Py. 029-3900	
Ubicación	Tajo Tantahuatay lado oeste
Fecha	21/01/2017
Núm. de taladros	196 taladros
Diámetro	7 7/8"
Longitud	8.5 m
Malla	5.3 x 6.1 m
P80 esperado	4.3"
Explosivo	San G
Tipo de voladura	Electrónica.
Tipo de roca	Media
Densidad de la roca (gr/cc)	2.53

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18

Nº Total de taladros del Py. 029-3900

Nº Total de taladros del Py. 029-3900	
Ubicación :	Tajo Tantahuatay lado oeste
Nº total de taladros:	181 taladros
Tal. Ayuda :	36 taladros
Tal. Producción con Air Deck :	96 taladros
Tal. Producción sin Air Deck :	49 taladros
Ubicación :	Tajo Tantahuatay lado oeste
Nº total de taladros:	181 taladros

Fuente: Elaboración propia

Figura 21. Hoja de Diseño de Carga con Airdeck – Py. 029-3900.

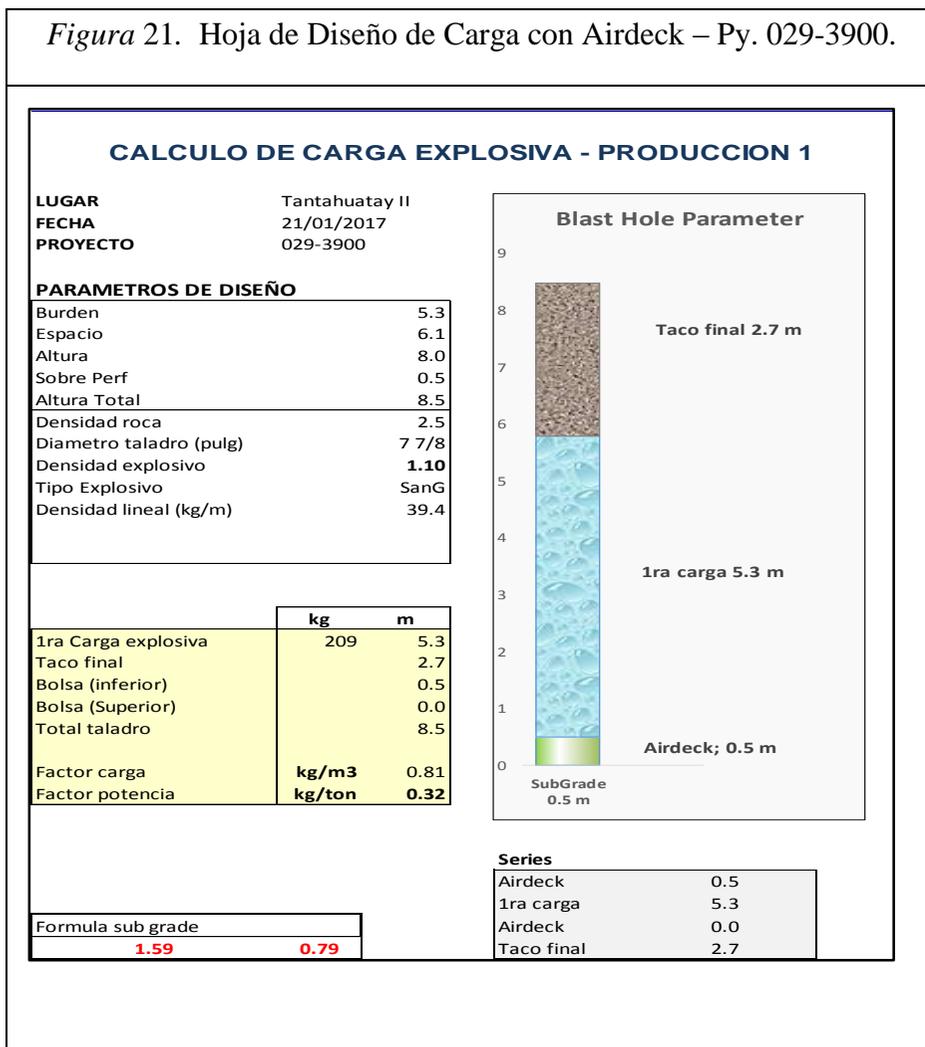
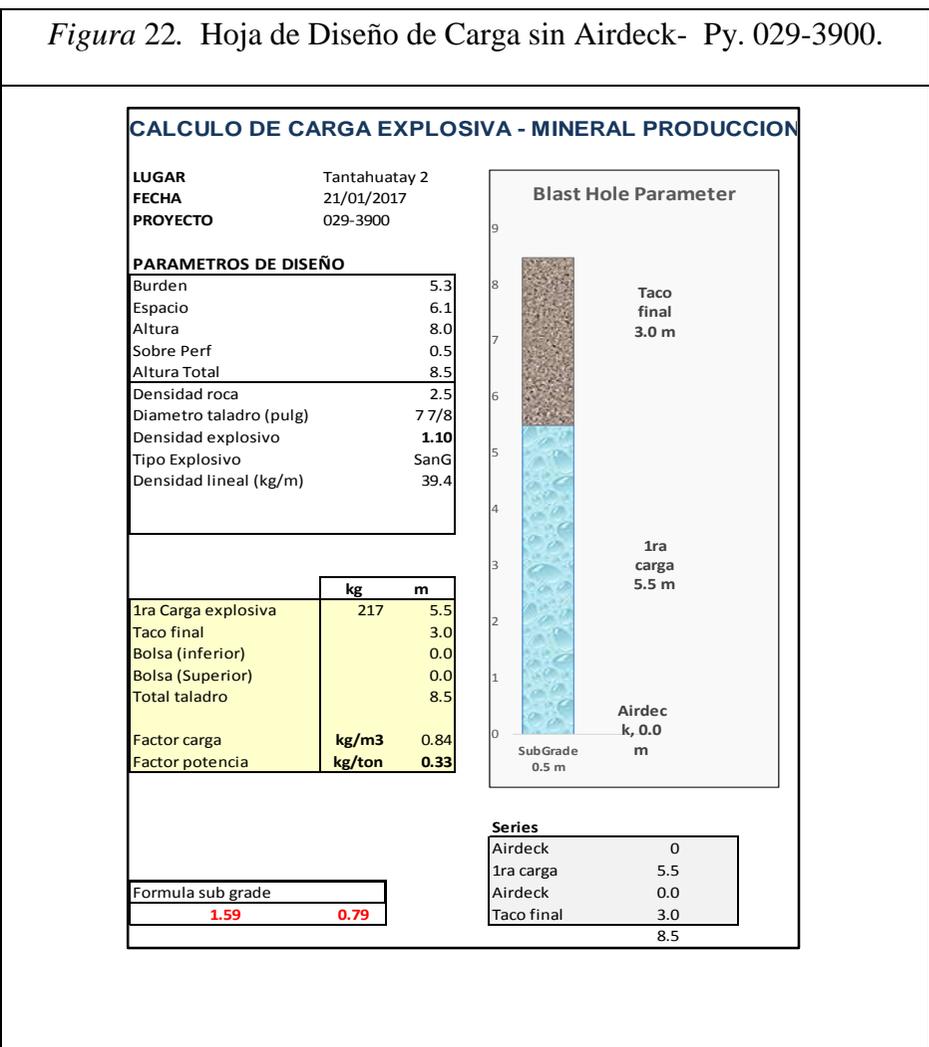
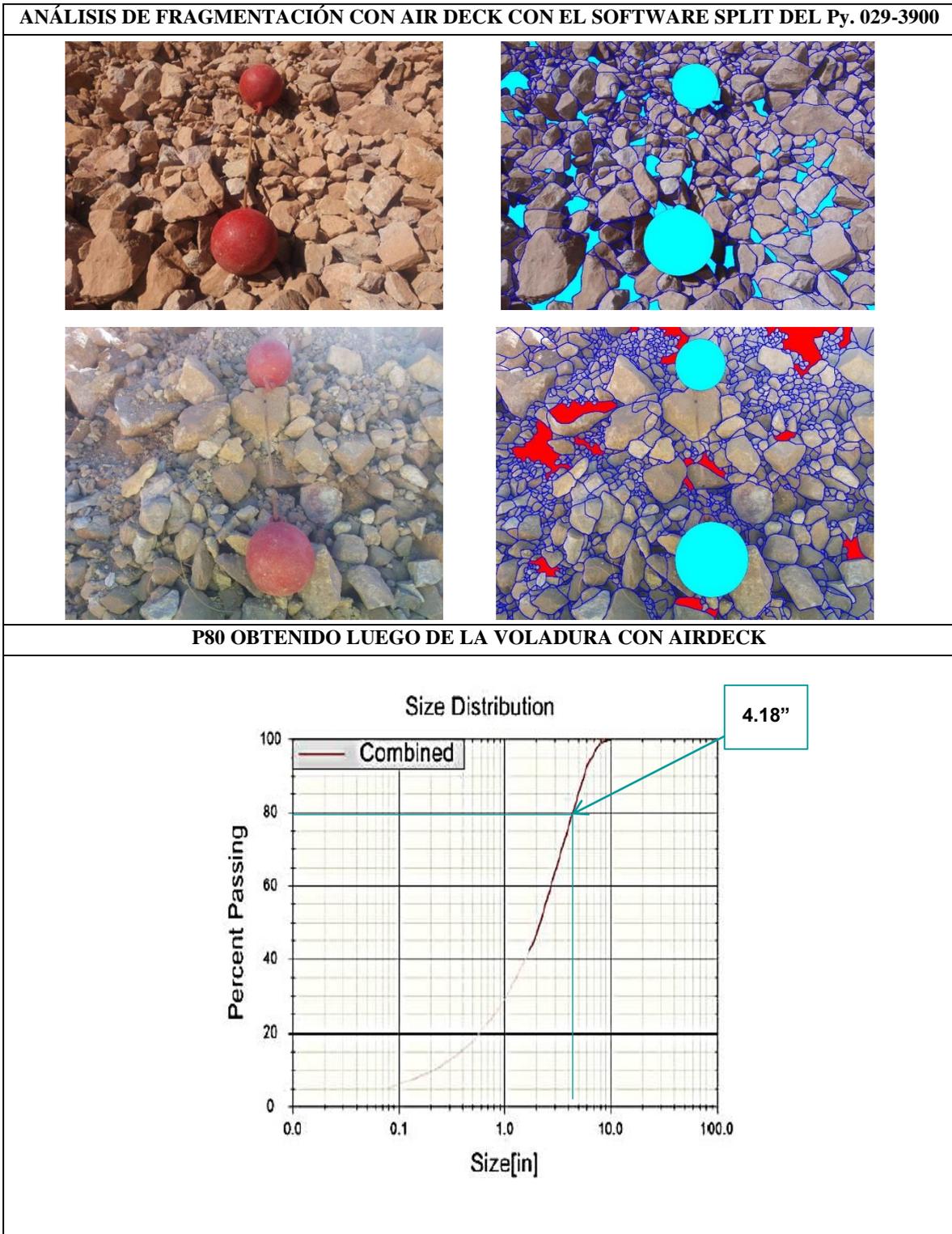


Figura 22. Hoja de Diseño de Carga sin Airdeck- Py. 029-3900.



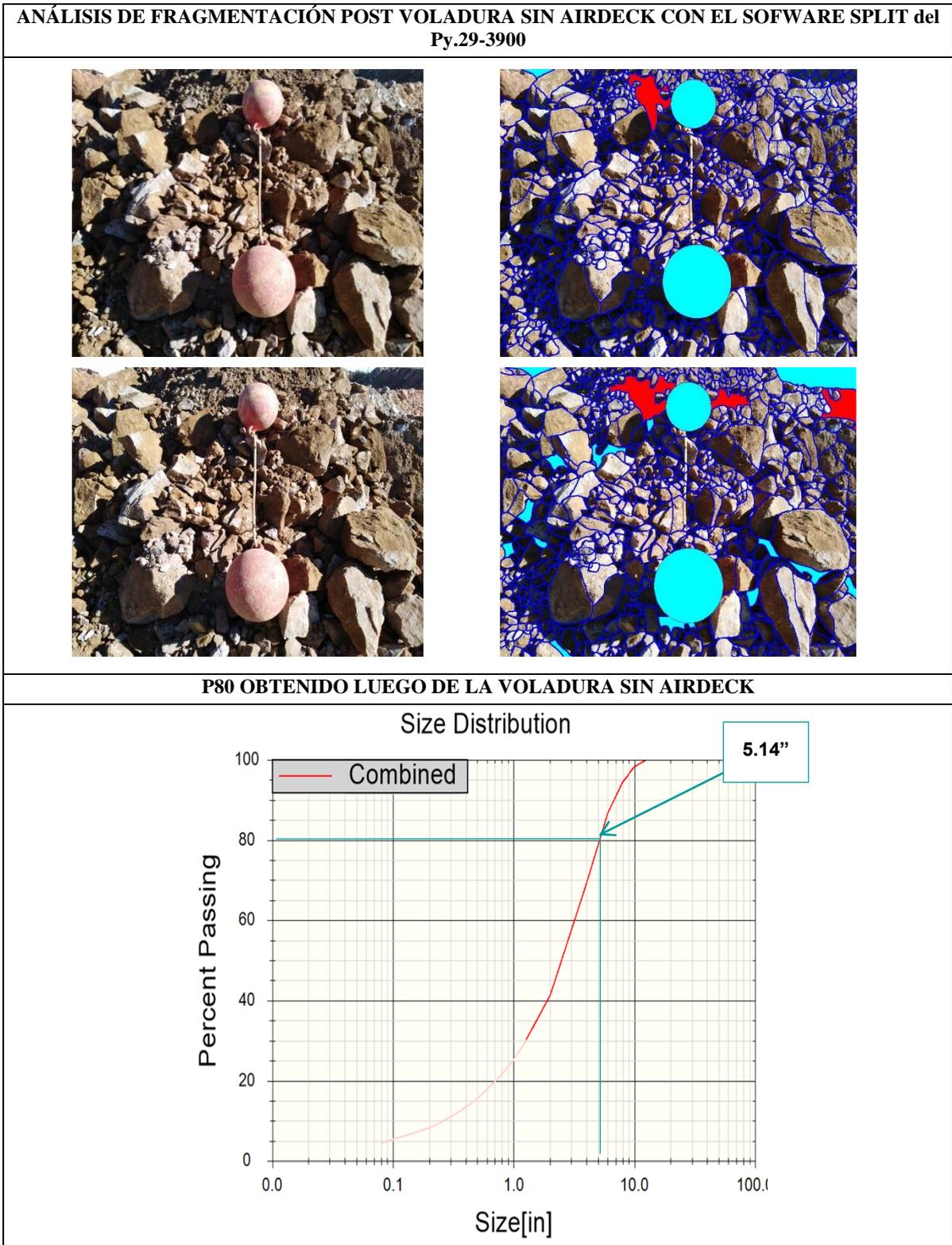
Fuente: Elaboración propia

Figura 23. Análisis de fragmentación Post Voladura con air deck Cartuflex del Py. 029-3900



Fuente: Elaboración propia

Figura 24 Análisis de fragmentación Post Voladura sin air deck Cartuflex del Py. 029-3900



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 19

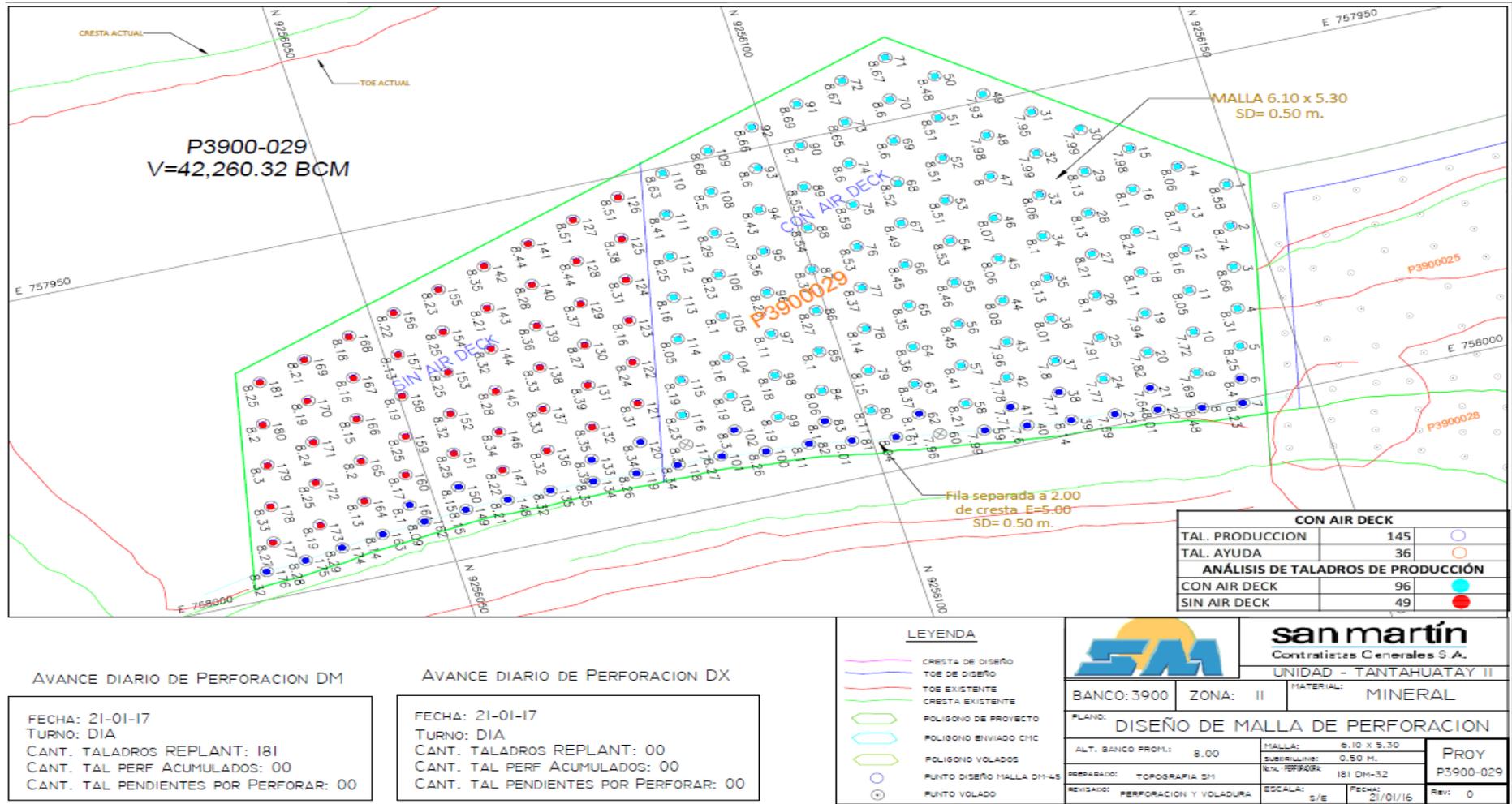
Determinación de P80 del Py. 029-3900

ANÁLISIS DE FRAGMENTACIÓN - TAJO TANTAHUATAY PY. 29-3900						
Fecha de toma	Hora de toma	AIR DECK	Fotos procesadas	Material	P80 esperado (pulg)	P80 real (pulg)
21-ene	12:15 a.m.	SI	2	Mineral	4.3	4.18
21-ene	12:15 a.m.	NO	2	Mineral	4.8	5.14

Fuente: Elaboración propia.

De las muestras obtenidas en campo, se analizó las fotografías en el software Split Desktop. Como resultado obtuvimos que en los taladros de producción en los que se usó air deck genera un P80 de 4.18” y en los taladros que se cargaron sin air deck se obtuvo un P80 de 5.14”, con una malla de 5.3 x 6.1m, para una roca de dureza media.

Plano N° 6. Diseño de plano final con los taladros analizados del Py. 029-3900.



Fuente: Área de Topografía - San Martín Contratistas Generales S.A

- **Bco. 3908 - Proyecto 014**

Se realizó el disparo de este proyecto el día 24 de enero del 2017 en el banco 3908. Con las siguientes características:

Tabla 20

Descripción del Py. 014-3908.

Descripción del Py. 014-3908	
Ubicación	Tajo Tantahuatay lado oeste
Fecha	24/01/2017
Núm. de taladros	185 taladros
Diámetro	7 7/8”
Longitud	8.5 m
Malla	5.3 x 6.1 m
P80 esperado	4.3”
Explosivo	San G
Tipo de voladura	Electrónica.
Tipo de roca	Media
Densidad de la roca (gr/cc)	2.53

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21

Nº Total de taladros del Py. 014-3908.

Nº Total de taladros del Py. 014-3908	
Ubicación :	Tajo Tantahuatay lado oeste
Nº total de taladros:	185 taladros
Tal. Ayuda :	29 taladros
Tal. Buffer :	60 taladros
Tal. Producción con Air Deck :	44 taladros
Tal. Producción sin Air Deck :	52 taladros
Nº total de taladros:	185 taladros

Fuente: Elaboración propia

Figura 25 Hoja de Diseño de Carga con Airdeck – Py. 014-3908.

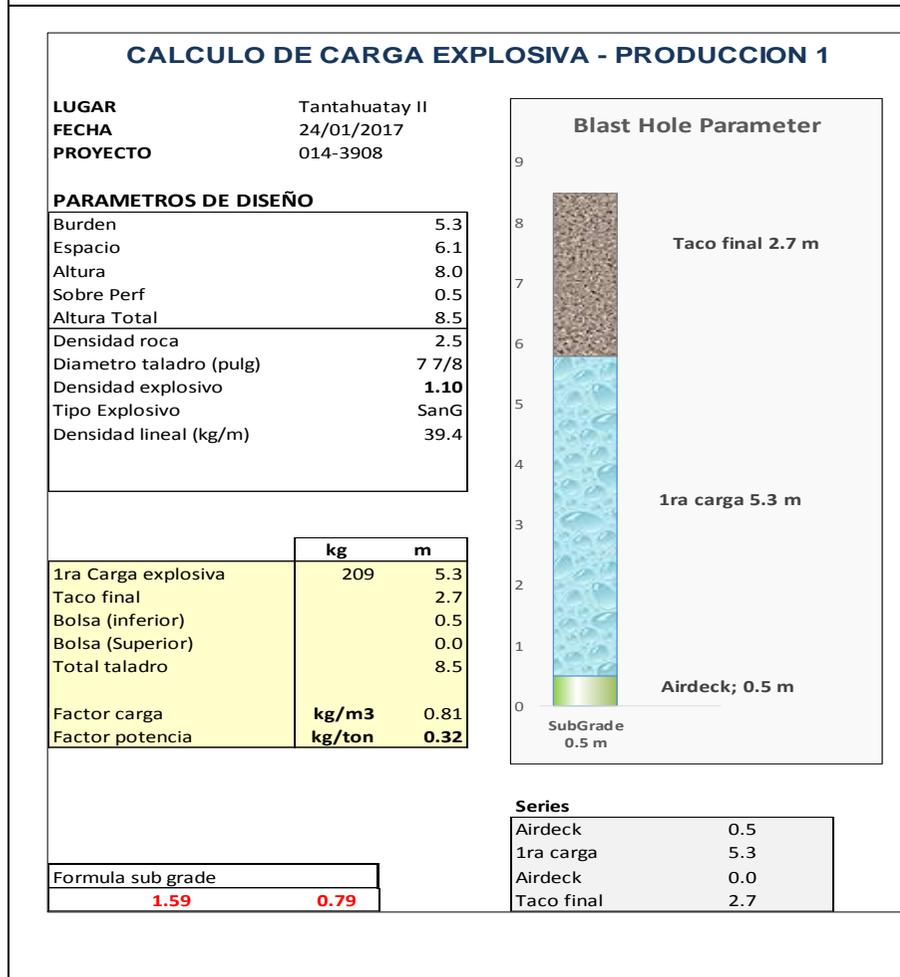
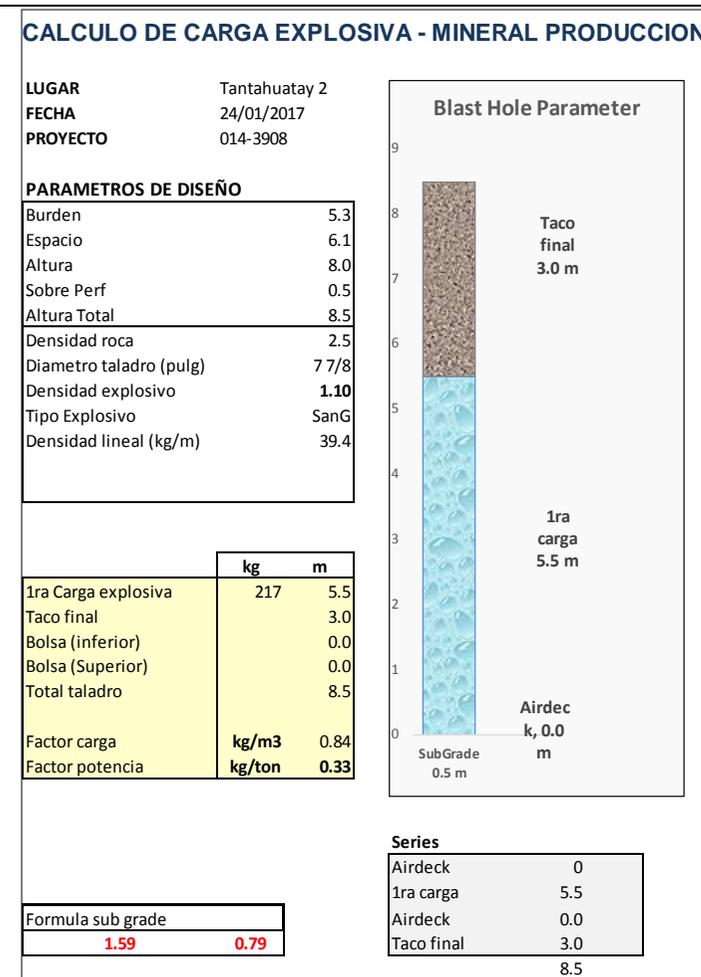
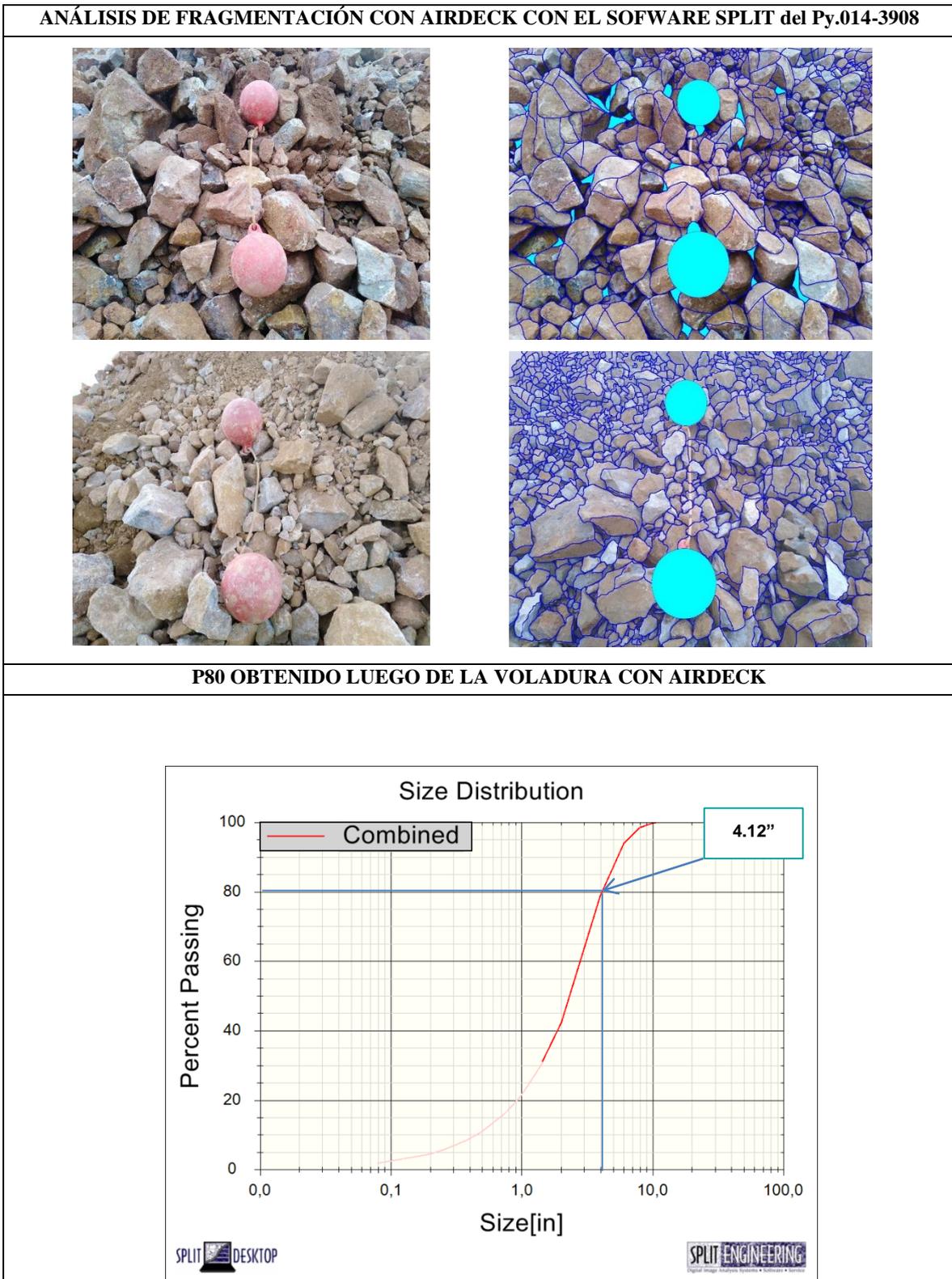


Figura 26 Hoja de Diseño de Carga sin Airdeck- Py. 014-3908.



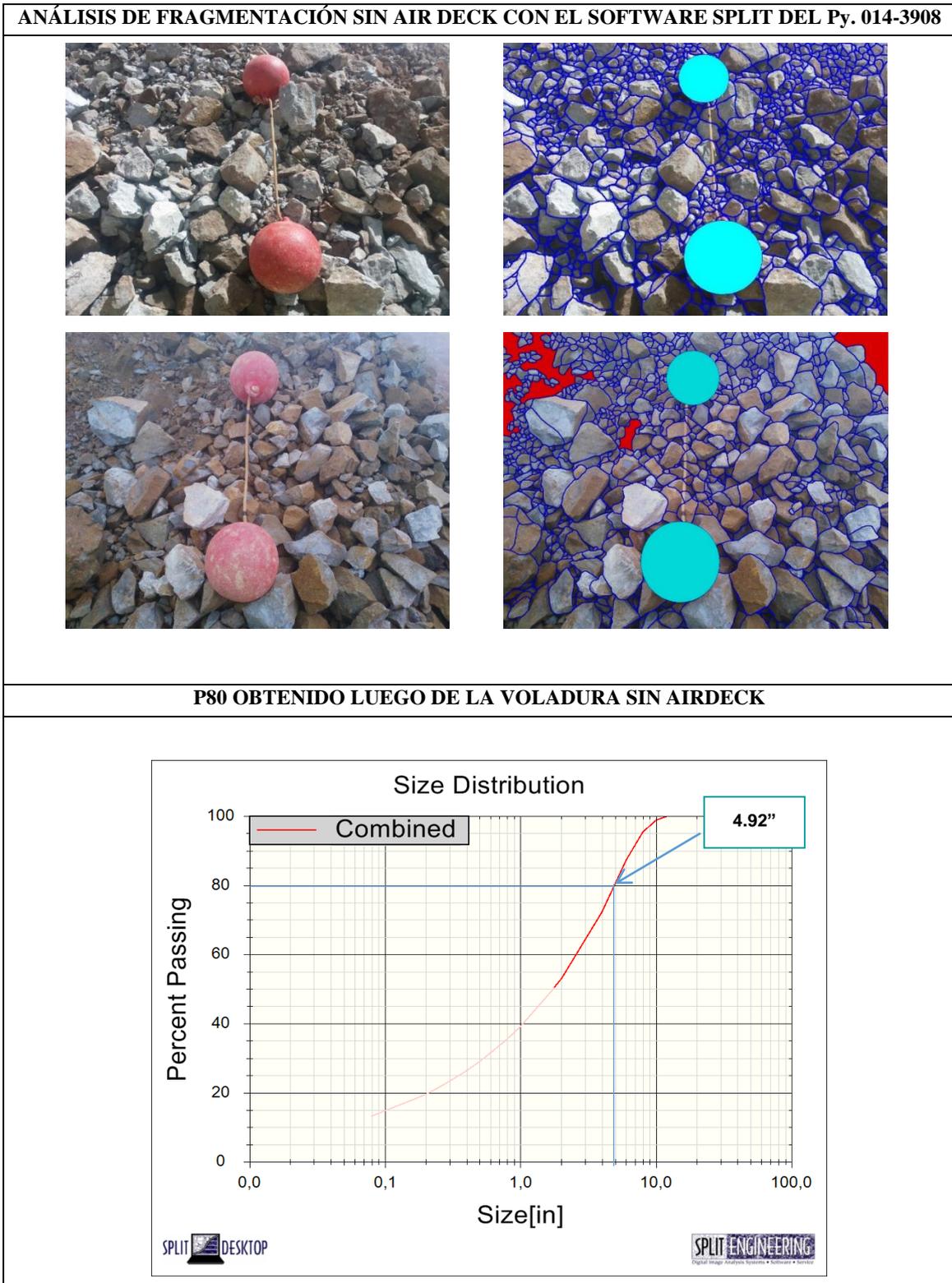
Fuente: Elaboración propia

Figura 27. Análisis de fragmentación Post Voladura con air deck Cartuflex del Py. 014-3908



Fuente: Elaboración propia

Figura 28. Análisis de fragmentación Post Voladura sin air deck Cartuflex del Py. 014-3908.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 22

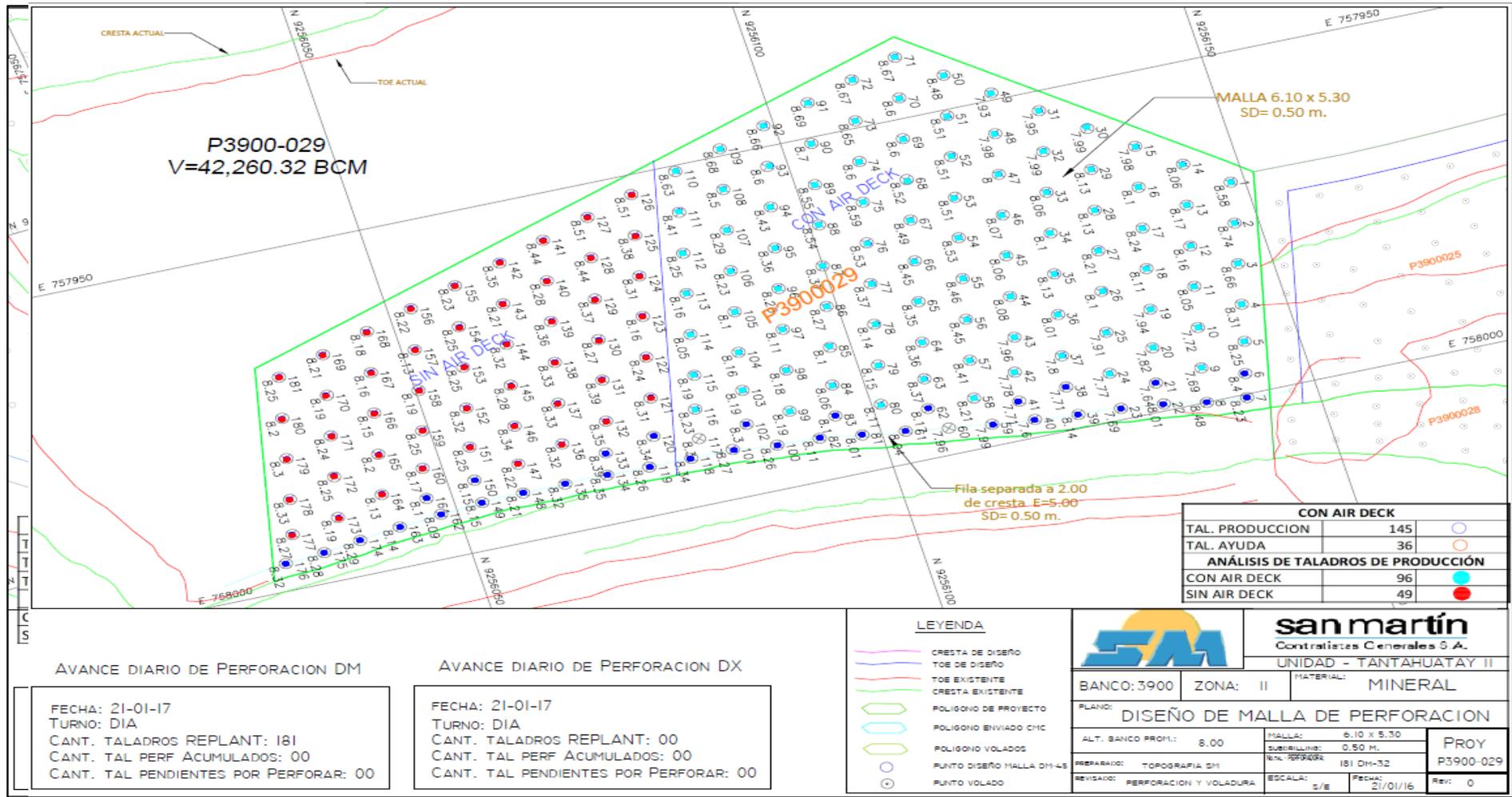
Determinación de P80 del Py. 014-3908

ANÁLISIS DE FRAGMENTACIÓN - TAJO TANTAHUATAY PY. 014-3908						
Fecha de toma	Hora de toma	AIR DECK	Fotos procesadas	Material	P80 esperado (pulg)	P80 real (pulg)
24-ene	12:15 a.m.	SI	2	Mineral	4.3	4.12
24-ene	12:15 a.m.	NO	2	Mineral	4.8	4.92

Fuente: Elaboración propia.

De las muestras obtenidas en campo, se analizó las fotografías en el software Split Desktop. Como resultado obtuvimos que en los taladros de producción en los que se usó air deck genera un P80 de 4.12” y en los taladros que se cargaron sin air deck se obtuvo un P80 de 4.92”, con una malla de 5.3 x 6.1m, para una roca de dureza media.

Plano N° 7. Diseño de plano final con los taladros analizados del Py. 029-3900.



Fuente: Área de Topografía - San Martín Contratistas Generales S.A

- **Bco. 3908 - Proyecto 015**

Se realizó el disparo de este proyecto el día 27 de enero del 2017 en el banco 3908. Con las siguientes características:

Tabla 23

Descripción del Py. 015-3908.

Descripción del Py. 015-3908	
Ubicación	Tajo Tantahuatay lado oeste
Fecha	27/01/2017
Núm. de taladros	118 taladros
Diámetro	7 7/8"
Longitud	8.5 m
Malla	5.3 x 6.1 m
P80 esperado	4.3"
Explosivo	San G
Tipo de voladura	Electrónica.
Tipo de roca	Media
Densidad de la roca (gr/cc)	2.53

Fuente: Elaboración propia

Tabla 24

Nº Total de taladros del Py. 015-3908.

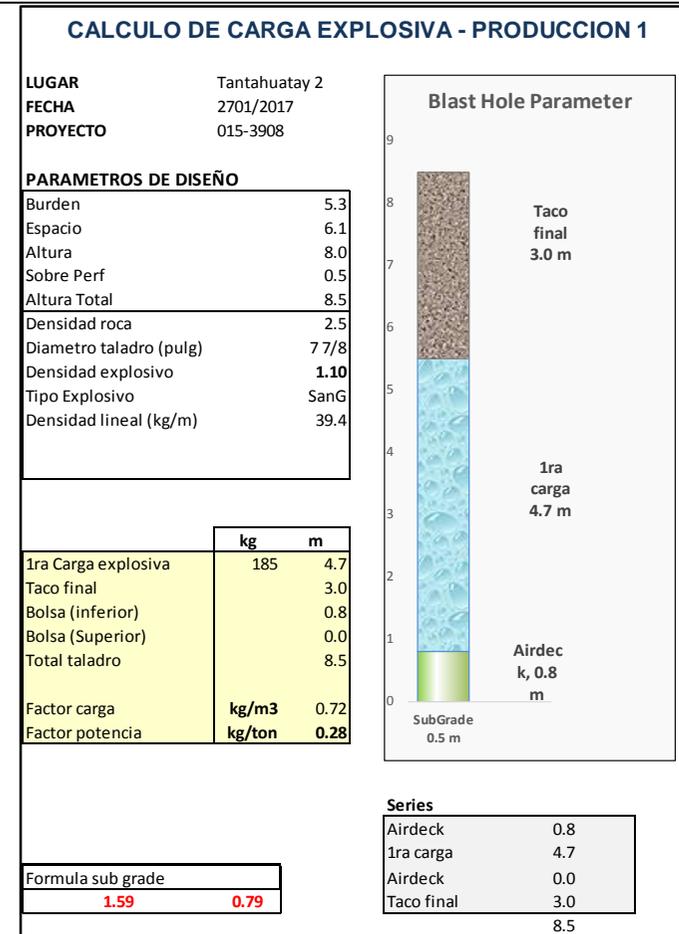
Nº Total de taladros del Py. 015-3908	
Ubicación :	Tajo Tantahuatay lado oeste
Nº total de taladros:	118 taladros
Tal. Ayuda :	06 taladros
Tal. Buffer :	36 taladros
Tal. Producción con Air Deck :	37 taladros
Tal. Producción sin Air Deck :	39 taladros
Nº total de taladros:	118 taladros

Fuente: Elaboración propia

Figura 29. Hoja de Diseño de Carga con Airdeck – Py. 015-3908.

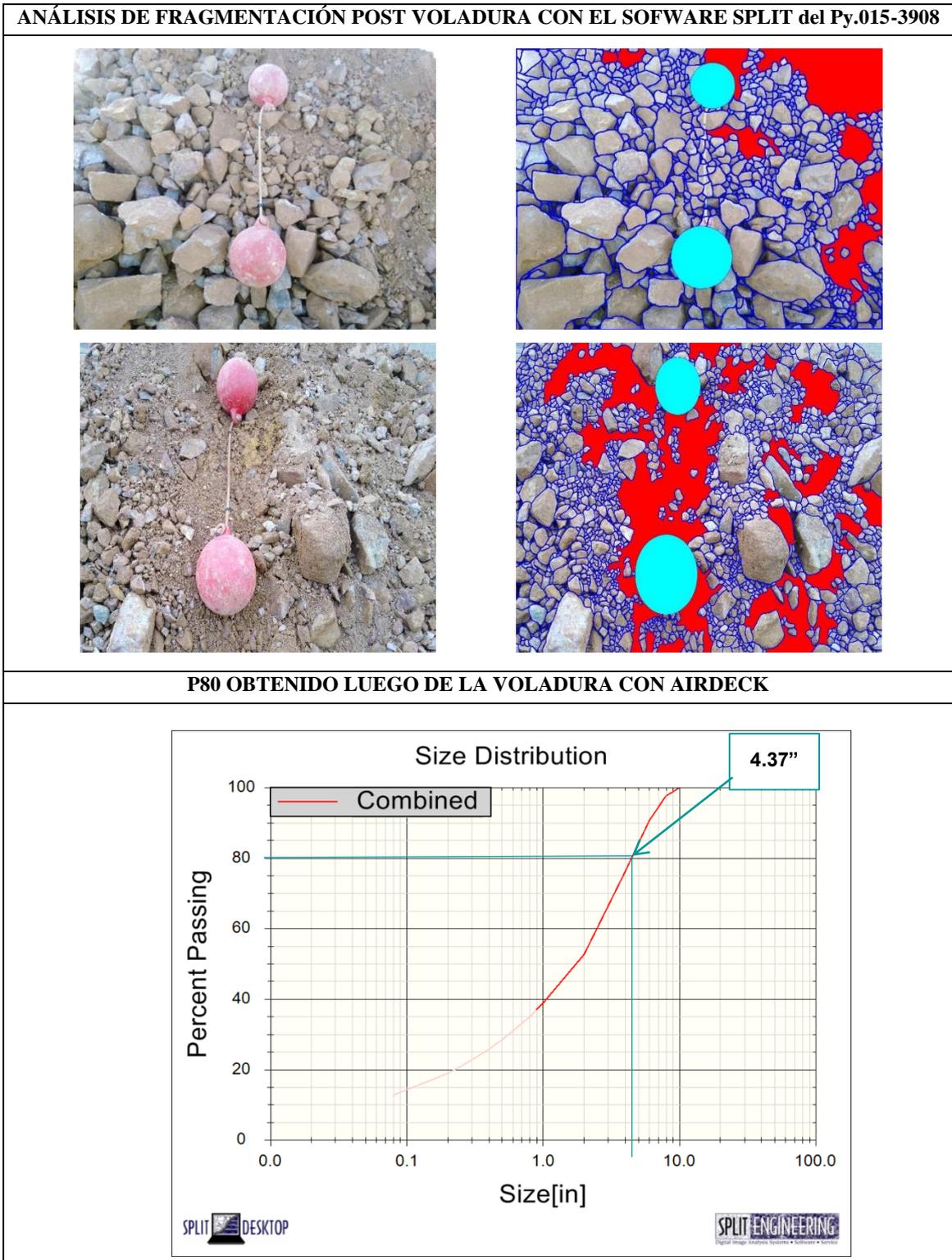


Figura 30. Hoja de Diseño de Carga sin Airdeck- Py. 015-3908.



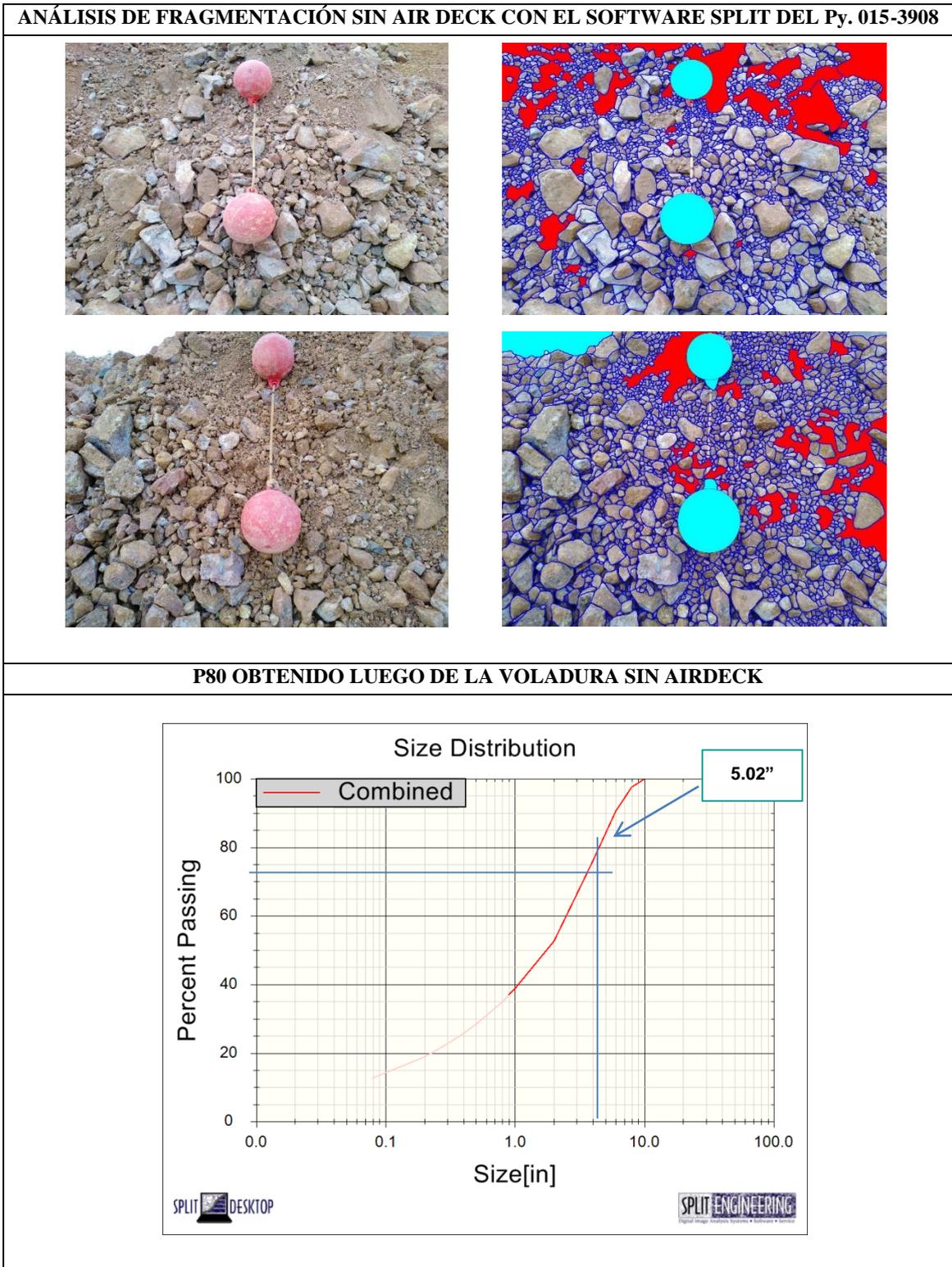
Fuente: Elaboración propia

Figura 31. Análisis de fragmentación Post Voladura con air deck Cartuflex del Py. 015-3908



Fuente: Elaboración propia

Figura 32. Análisis de fragmentación Post Voladura sin air deck Cartuflex del Py. 015-3908



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 25

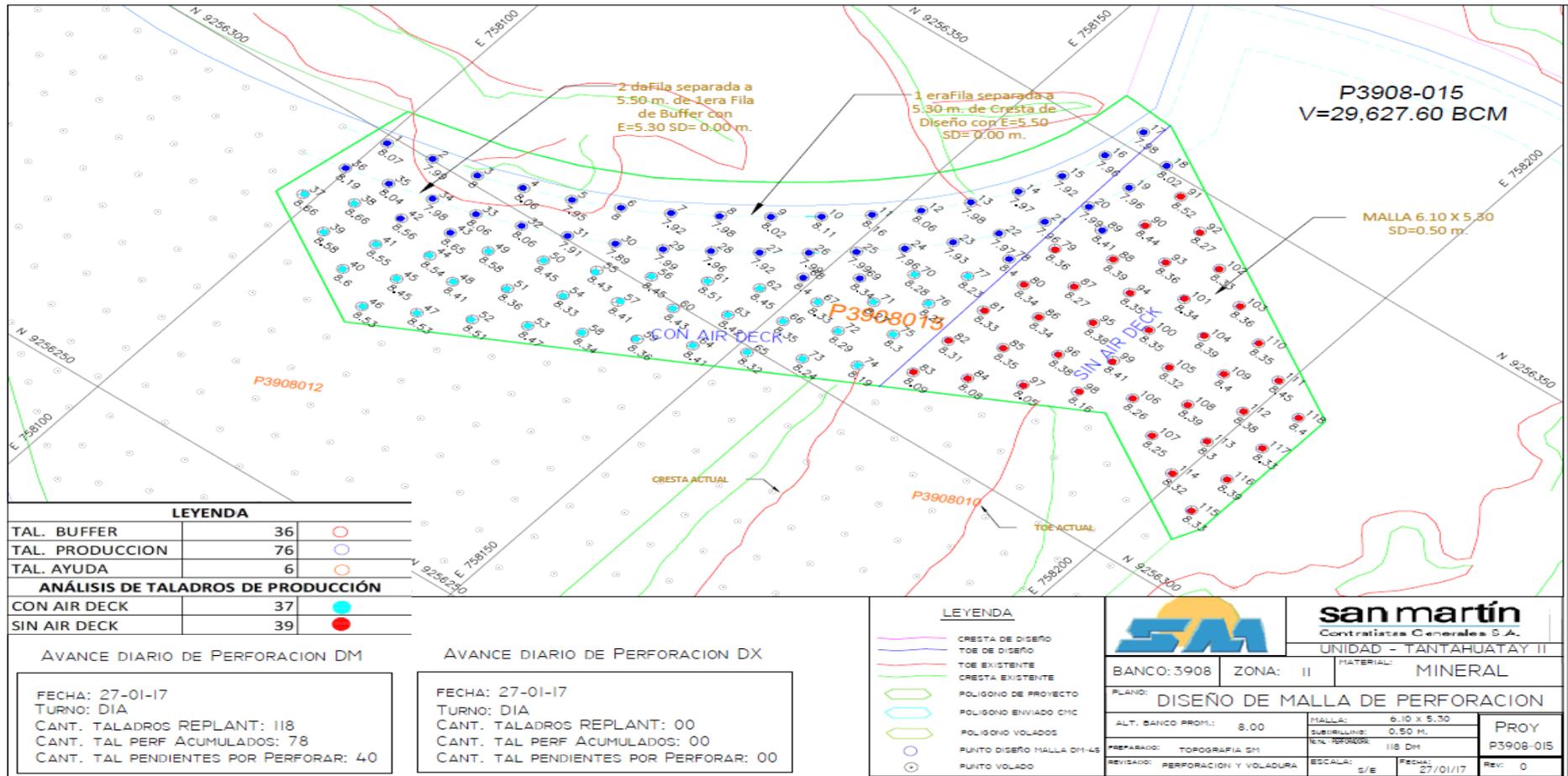
Determinación de P80 del Py. 015-3908

ANÁLISIS DE FRAGMENTACIÓN - TAJO TANTAHUATAY PY. 32-3916						
Fecha de toma	Hora de toma	AIR DECK	Fotos procesadas	Material	P80 esperado (pulg)	P80 real (pulg)
27-ene	12:15 a.m.	SI	2	Mineral	4.3	4.37
27-ene	12:15 a.m.	NO	2	Mineral	4.8	5.02

Fuente: Elaboración propia.

De las muestras obtenidas en campo, se analizó las fotografías en el software Split Desktop. Como resultado obtuvimos que en los taladros de producción en los que se usó air deck genera un P80 de 4.37” y en los taladros que se cargaron sin air deck se obtuvo un P80 de 5.02, con una malla de 5.3 x 6.1m, para una roca media.

Plano N° 8. Diseño de plano final con los taladros analizados del Py. 015-3908.



Fuente: Área de Topografía - San Martín Contratistas Generales S.A

- **Bco. 3924 – Proyecto 024**

Se realizó el disparo de este proyecto el día 19 de febrero del 2017 en el banco 3924.

Con las siguientes características:

Tabla 26

Descripción del Py. 024-3900.

Descripción del Py. 024-3924	
Ubicación	Tajo Tantahuatay lado oeste
Fecha	19/02/2017
Núm. de taladros	233 taladros
Diámetro	7 7/8”
Longitud	8.5 m
Malla	5.3 x 6.1 m
P80 esperado	4.3”
Explosivo	San G
Tipo de voladura	Electrónica.
Tipo de roca	Media
Densidad de la roca (gr/cc)	2.53

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27

Número Total de taladros del Py. 024-3924.

N° Total de taladros del Py. 024-3924.	
Ubicación	Tajo Tantahuatay lado oeste
N° total de taladros:	233 taladros
Tal. Ayuda :	15 taladros
Tal. Buffer :	58 taladros
Tal. Producción con Air Deck :	111 taladros
Tal. Producción sin Air Deck :	48 taladros

Fuente: Elaboración propia

Figura 33. Hoja de Diseño de Carga con Airdeck – Py. 024-3924.

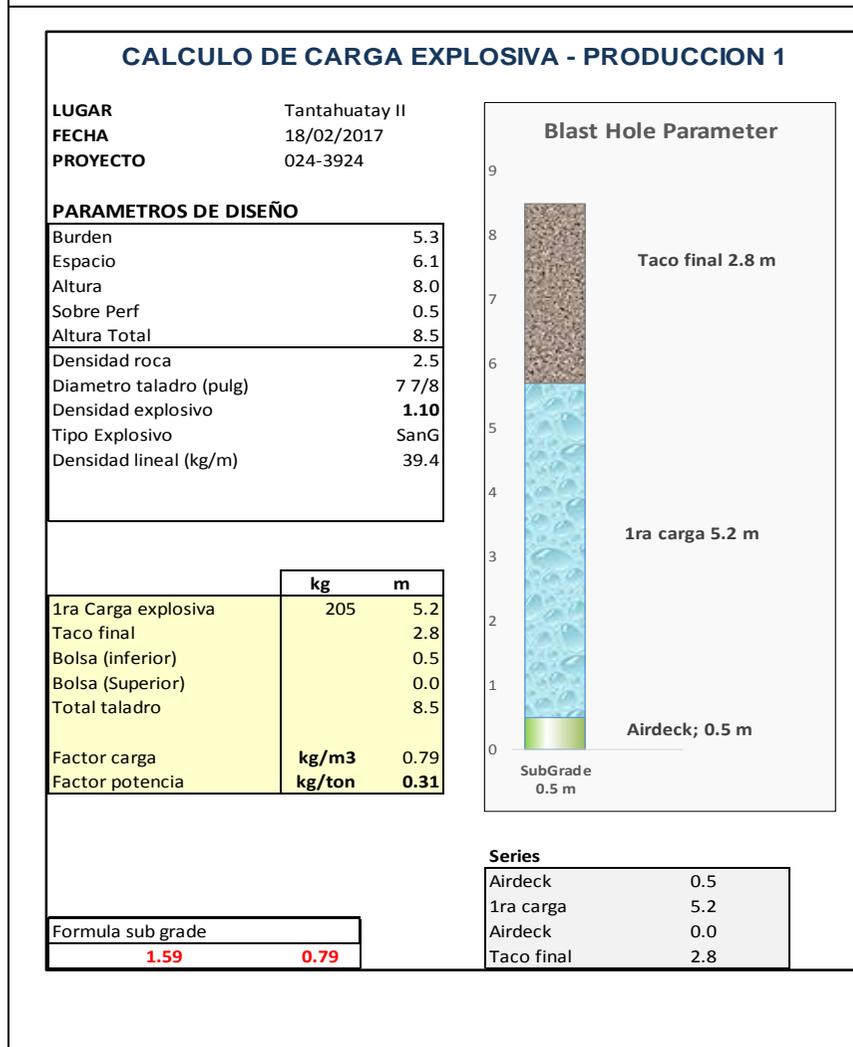
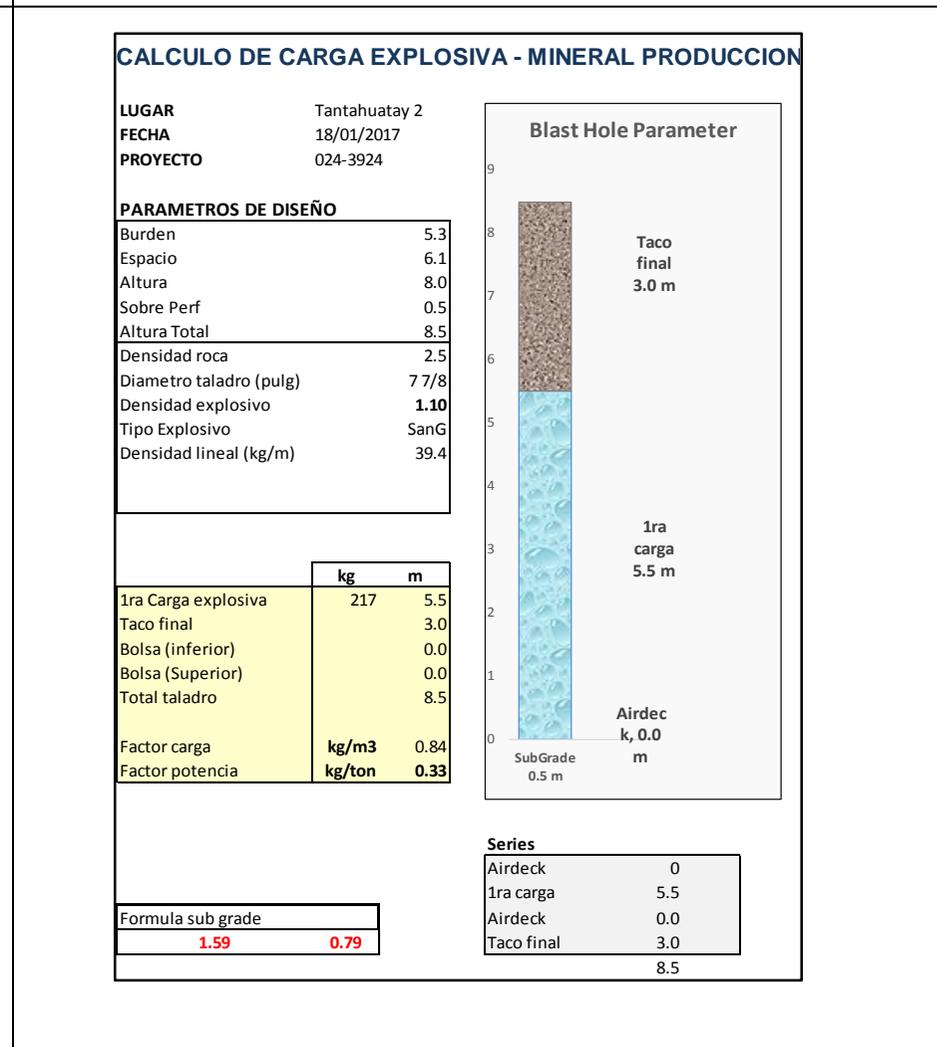
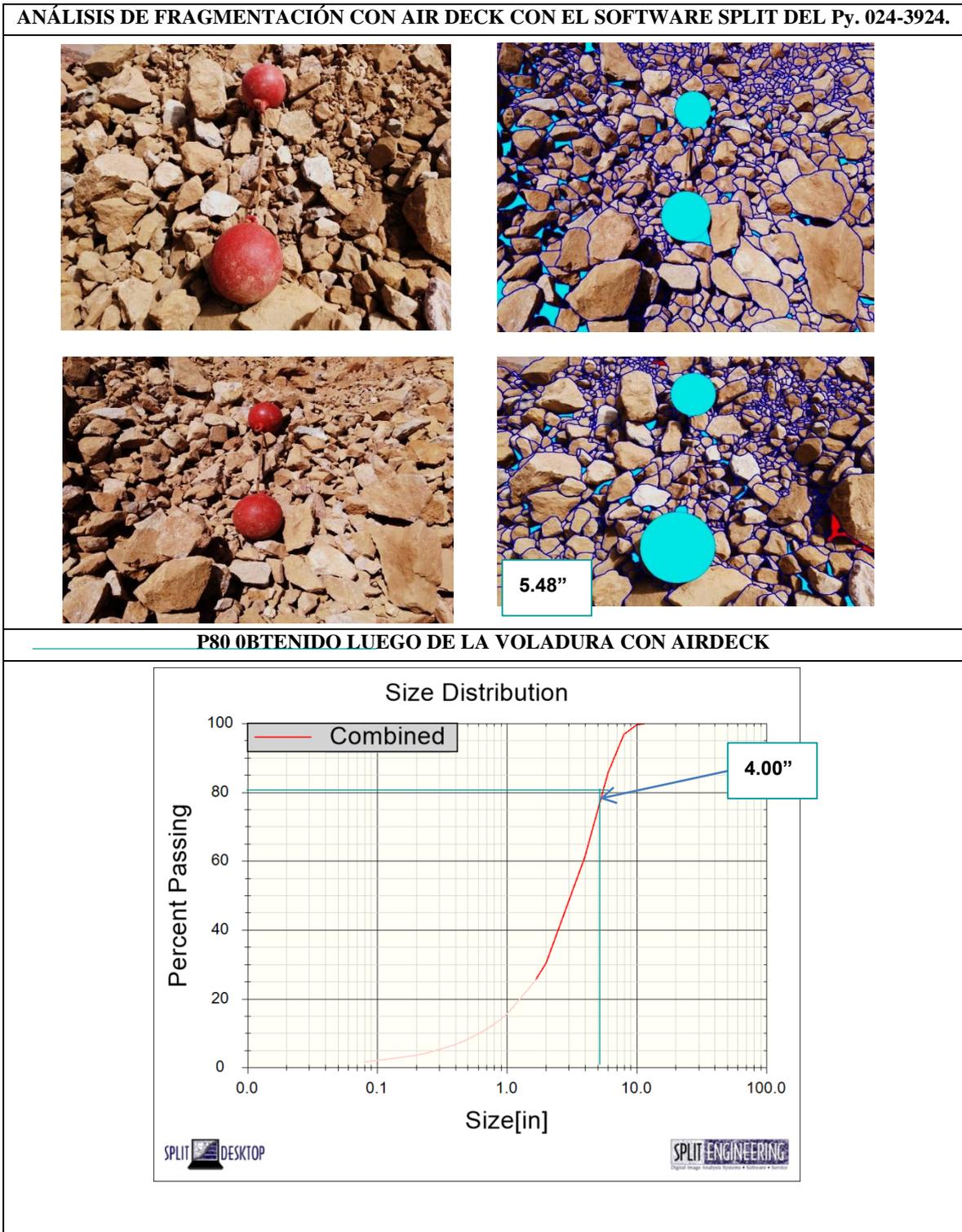


Figura 34. Hoja de Diseño de Carga sin Airdeck- Py.024-3924.



Fuente: Elaboración propia

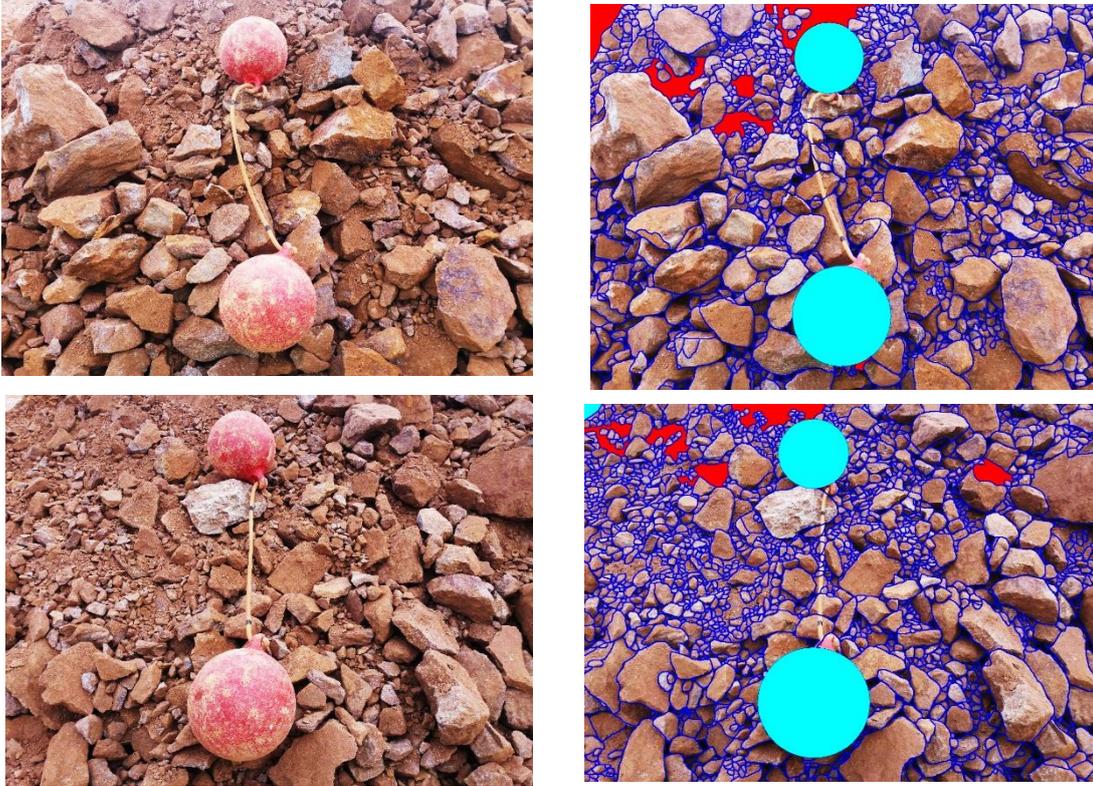
Figura 35 Análisis de fragmentación Post Voladura con air deck Cartuflex del Py. 024-3924.



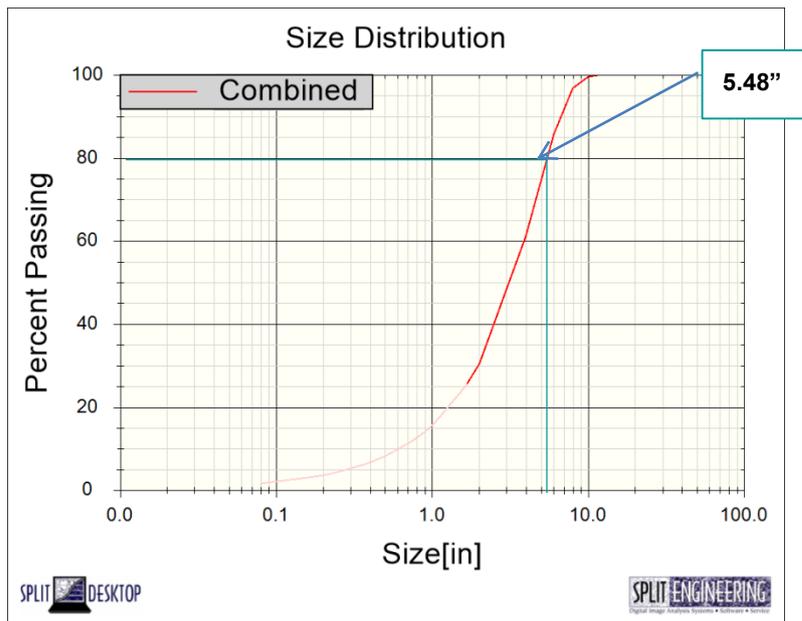
Fuente: Elaboración propia

Figura 36. Análisis de fragmentación Post Voladura sin air deck Cartuflex del Py. 024-3924.

ANÁLISIS DE FRAGMENTACIÓN SIN AIR DECK CON EL SOFTWARE SPLIT DEL Py. 024-3924.



P80 OBTENIDO LUEGO DE LA VOLADURA SIN AIRDECK



Fuente: Elaboración propia

Tabla 28

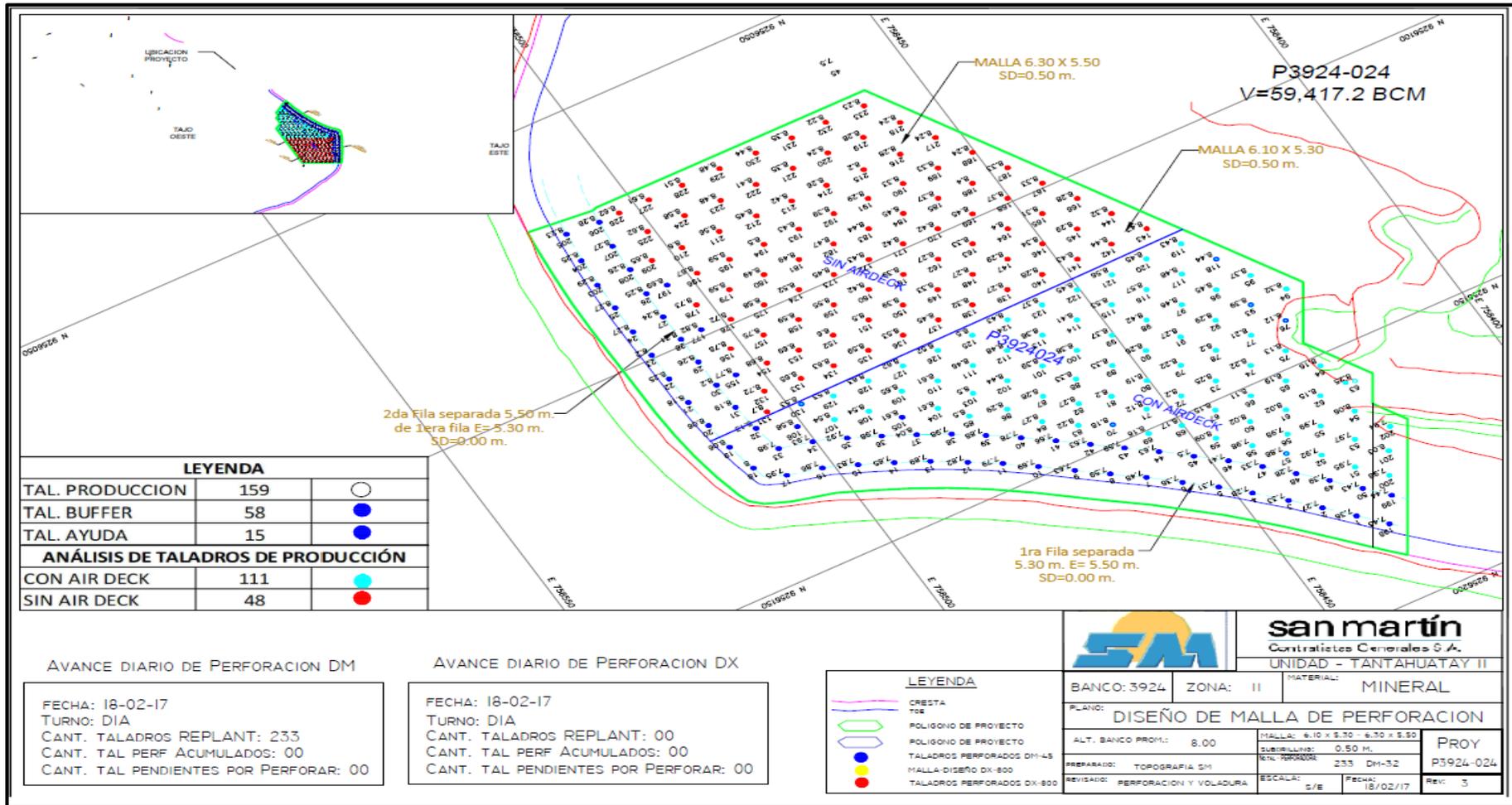
Determinación de P80 del Py. 024-3924

ANÁLISIS DE FRAGMENTACIÓN - TAJO TANTAHUATAY Py. 024-3924						
Fecha de toma	Hora de toma	AIR DECK	Fotos procesadas	Material	P80 esperado (pulg)	P80 real Promedio (pulg)
19-Feb	12:40 p.m.	SI	2	Mineral	4.2	4.00
19-Feb	12:40 p.m.	NO	2	Mineral	5	5.48

Fuente: Elaboración propia

De las muestras obtenidas en campo, se analizó las fotografías en el software Split. Los resultados obtenidos fueron; al usar air deck se logró un P80 de 4” y en los taladros que se cargaron sin air deck se obtuvo un P80 de 5.48”, con una malla de 5.1 x 5.9 m, para una roca media.

Plano N° 9. Diseño de plano final con los taladros analizados del Py. 024-3924.



Fuente: Área de Topografía - San Martín Contratistas Generales

- **Bco. 3900 - Proyecto 035**

Se realizó el disparo de este proyecto el día 03 de Marzo del 2017 en el banco 3900, con las siguientes características:

Tabla 29

Descripción del Py. 035-3900

Descripción del Py. 035-3900	
Ubicación	Tajo Tantahuatay lado oeste
Fecha	03/03/2017
Núm. de taladros	135 taladros
Diámetro	7 7/8”
Longitud	8.5 m
Malla	5.1 x 5.9 m
P80 esperado	4”
Explosivo	San G
Tipo de voladura	Electrónica.
Tipo de roca	Medio
Densidad de la roca (gr/cc)	2.53

Fuente: Elaboración propia

Tabla 30

Número Total de taladros del Py. 035-3900

N° Total de taladros del Py. 035-3900	
Ubicación	Tajo Tantahuatay lado oeste
N° total de taladros	135 taladros
Tal. Ayuda	05 taladros
Tal. Buffer	53 taladros
Tal. Producción con Air Deck	42 taladros
Tal. Producción sin Air Deck	35 taladros

Fuente: Elaboración propia

Figura 37. Hoja de Diseño de Carga con Airdeck – Py. 035-3900.

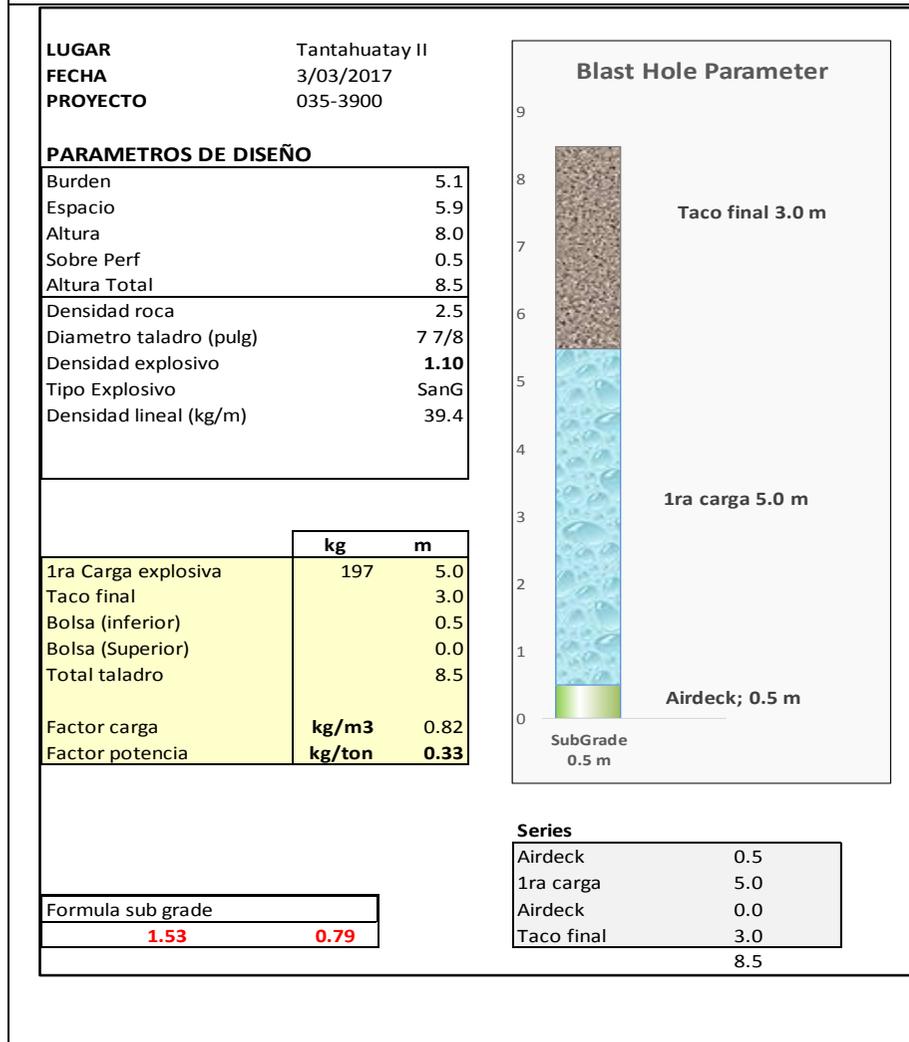
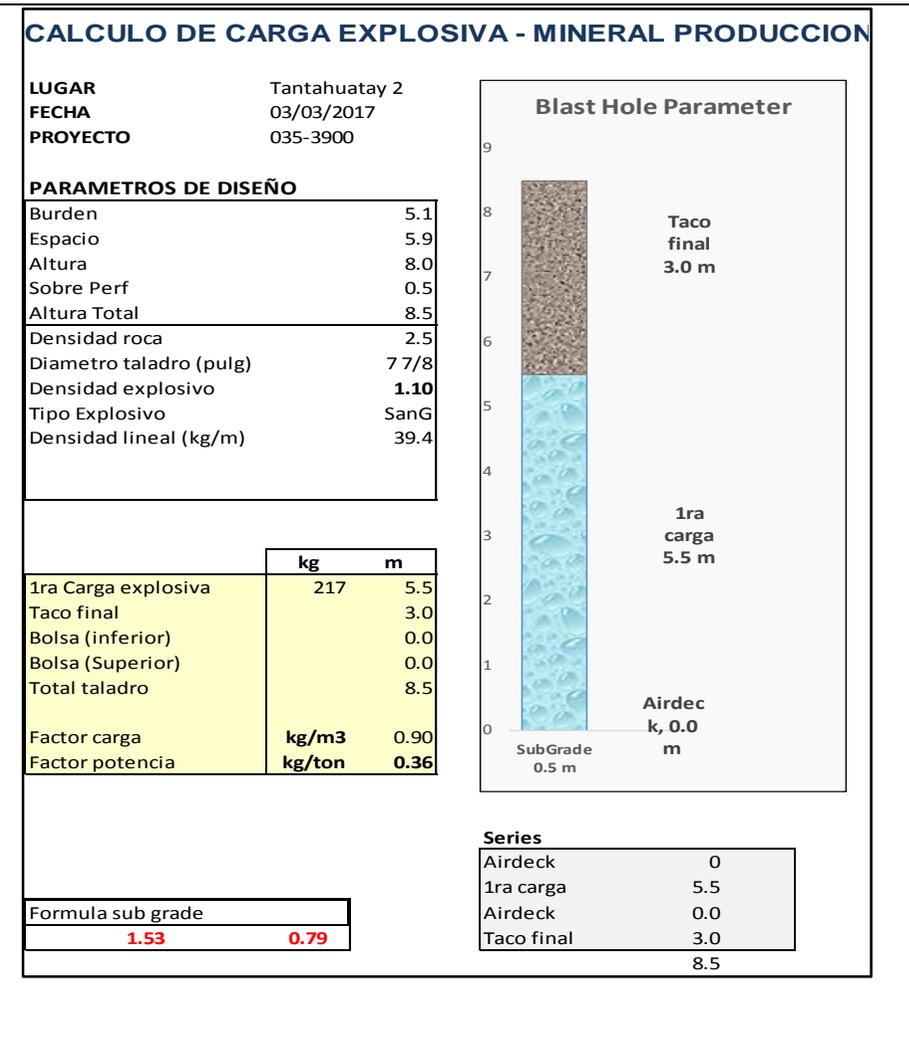
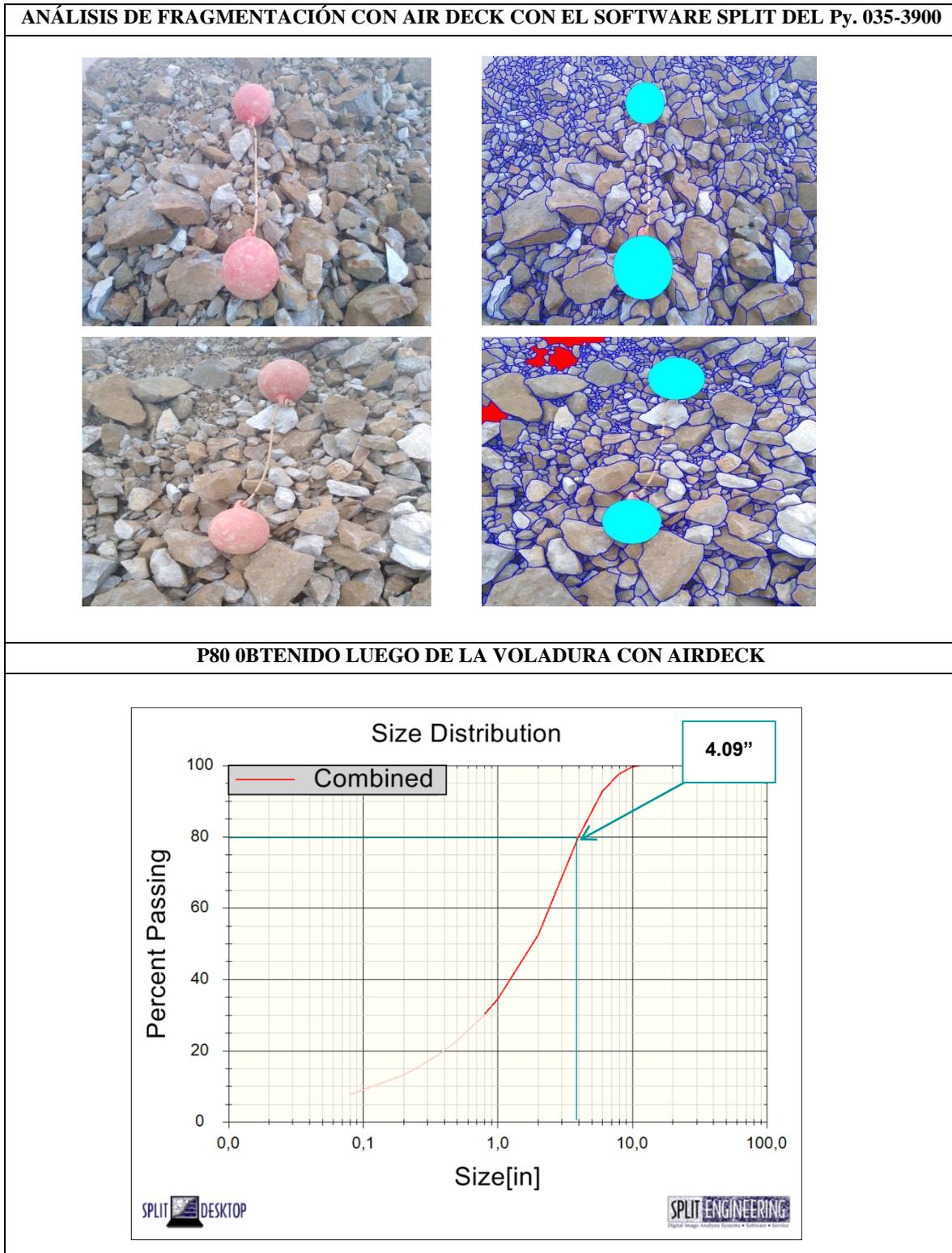


Figura 38. Hoja de Diseño de Carga sin Airdeck- Py. 035-3900



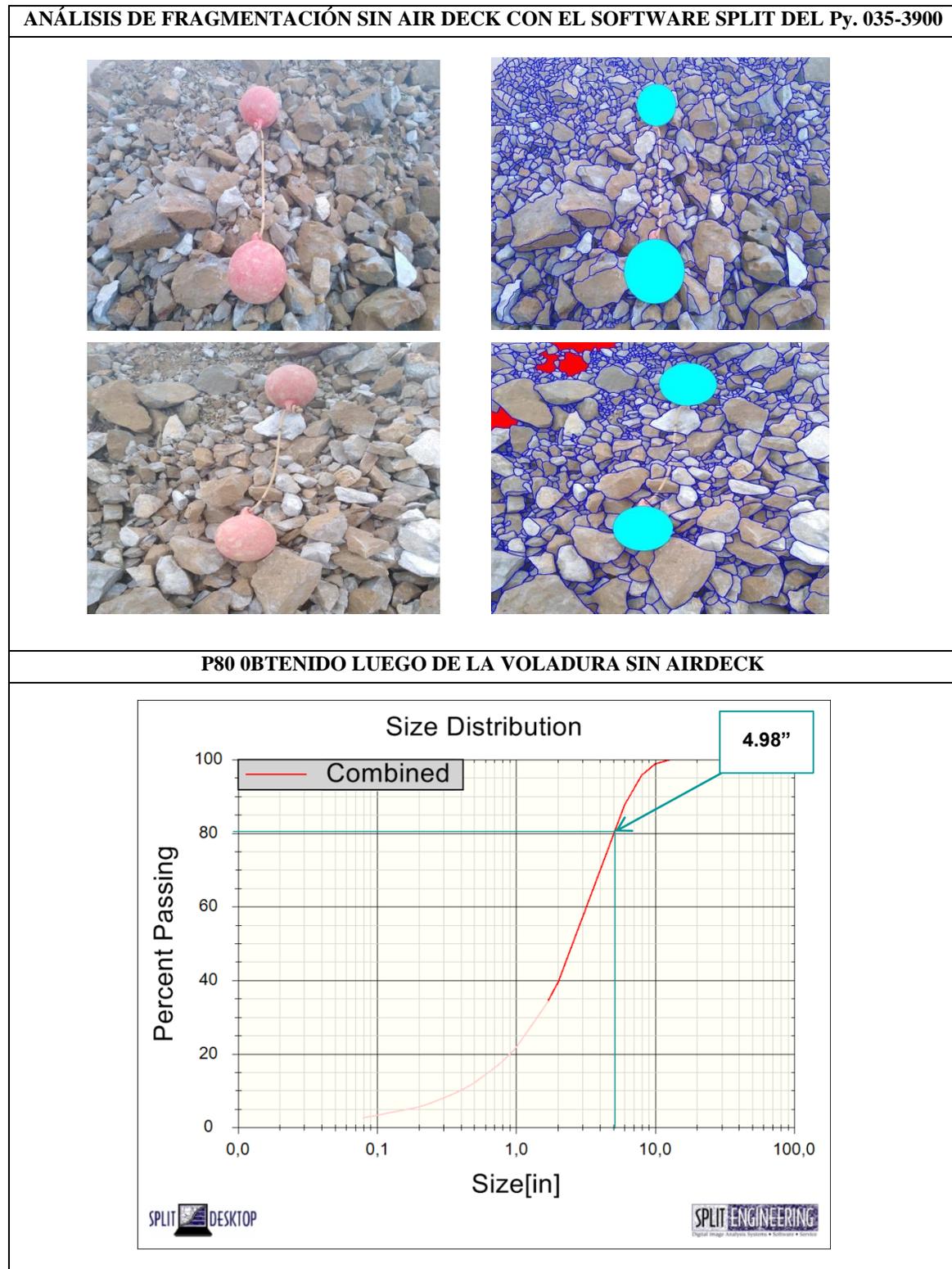
Fuente: Elaboración propia

Figura 39. Análisis de fragmentación Post Voladura con air deck Cartuflex del Py. 035-3900



Fuente: Elaboración propia

Figura 40. Análisis de fragmentación Post Voladura sin air deck Cartuflex del Py. 035-3900



Fuente: Elaboración propia

Tabla 31

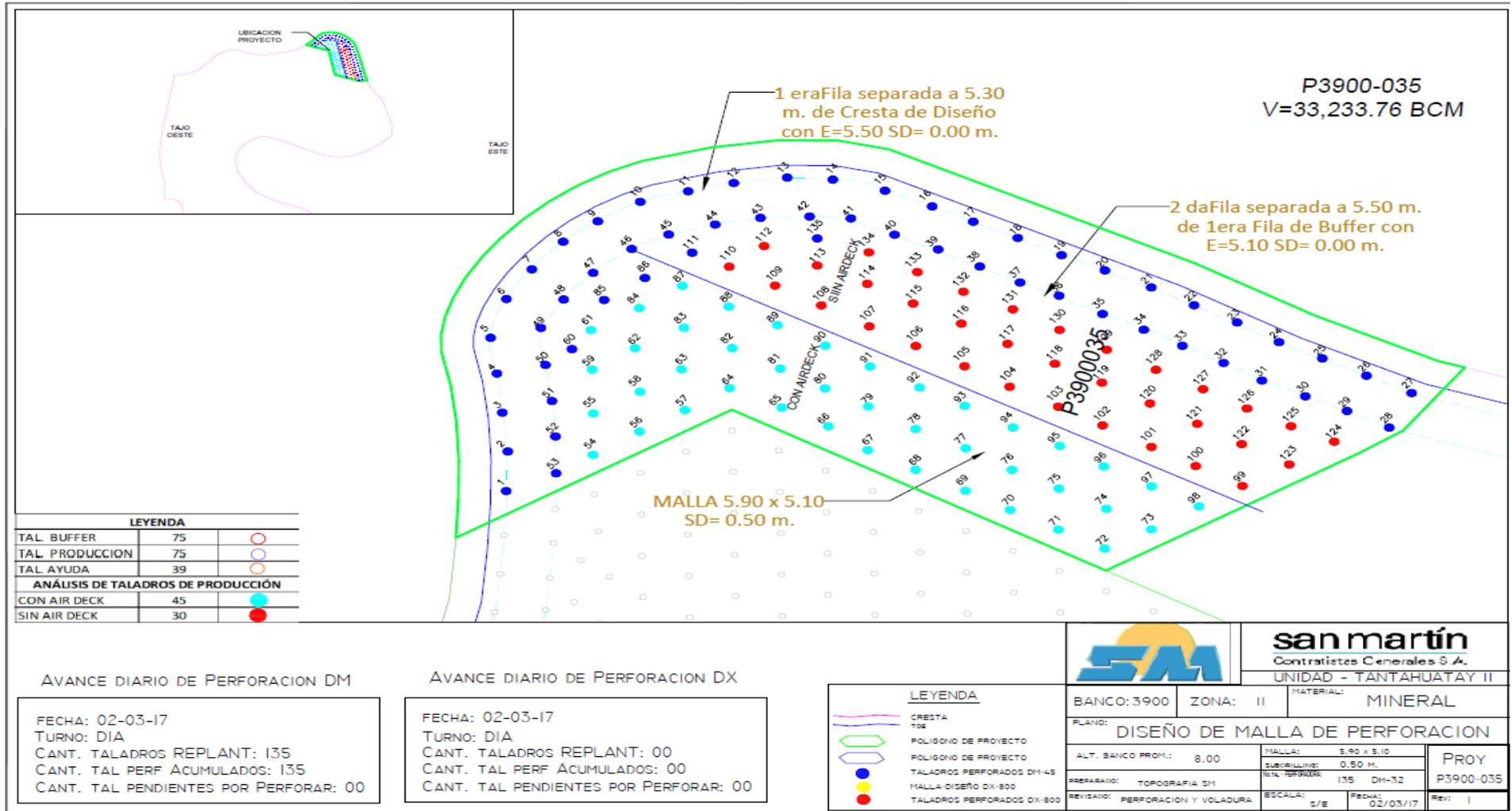
Determinación de P80 del Py. 035-3900.

ANÁLISIS DE FRAGMENTACIÓN - TAJO TANTAHUATAY PY. 035-3900						
Fecha de toma	Hora de toma	AIR DECK	Fotos procesadas	Material	P80 esperado (pulg)	P80 real (pulg)
03-mar	12:45 a.m.	SI	2	Mineral	4	4.09
03-mar	12:45 a.m.	NO	2	Mineral	4.5	4.98

Fuente: Elaboración propia.

De las muestras obtenidas en campo, se analizó las fotografías en el software Split. Los resultados obtenidos fueron; al usar air deck se logró un P80 de 4.88m³ y en los taladros que se cargaron sin air deck se obtuvo un P80 de 4.98”, con una malla de 5.1 x 5.9 m, para una roca media.

Plano N° 10. Diseño de plano final con los taladros analizados del Py. 035-3900



Fuente: Área de Topografía - San Martín Contratistas Generales S.A

- **Bco. 3900 – Proyecto 033**

Se realizó el disparo de este proyecto el día 21 de febrero del 2017 en el banco 3900.

Con las siguientes características:

Tabla 32

Descripción del Py. 033-3900..

Descripción del Py. 033-3900	
Ubicación	Tajo Tantahuatay lado oeste
Fecha	21/02/2017
Núm. de taladros	189 taladros
Diámetro	7 7/8”
Longitud	8.5 m
Malla	5.1 x 5.9 m
P80 esperado	4”
Explosivo	San G
Tipo de voladura	Electrónica.
Tipo de roca	Media
Densidad de la roca (gr/cc)	2.53

Fuente: Elaboración propia

Tabla 33

Número Total de taladros del Py. 033-3900..

N° Total de taladros del Py. 033-3900.	
Ubicación	Tajo Tantahuatay lado oeste
N° total de taladros:	189 taladros
Tal. Ayuda :	45 taladros
Tal. Buffer :	33 taladros
Tal. Producción con Air Deck :	83 taladros
Tal. Producción sin Air Deck :	28 taladros

Fuente: Elaboración propia

Figura 41. Hoja de Diseño de Carga con Airdeck – Py. 033-3900.

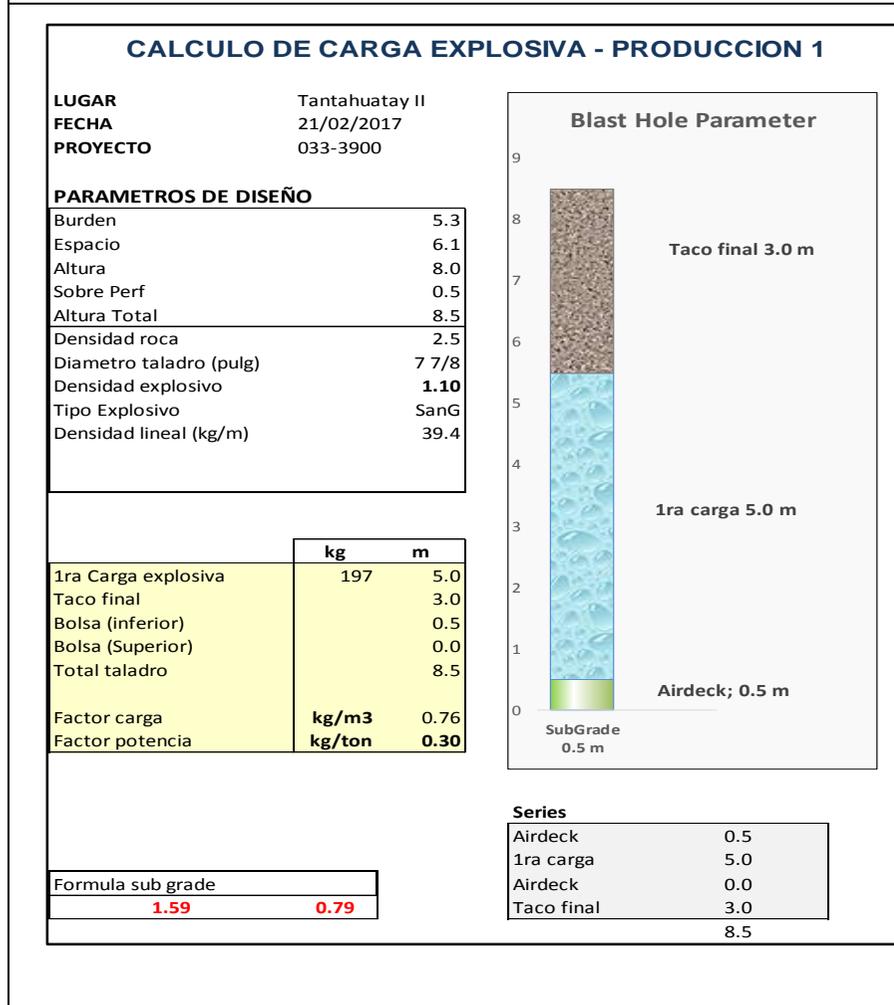
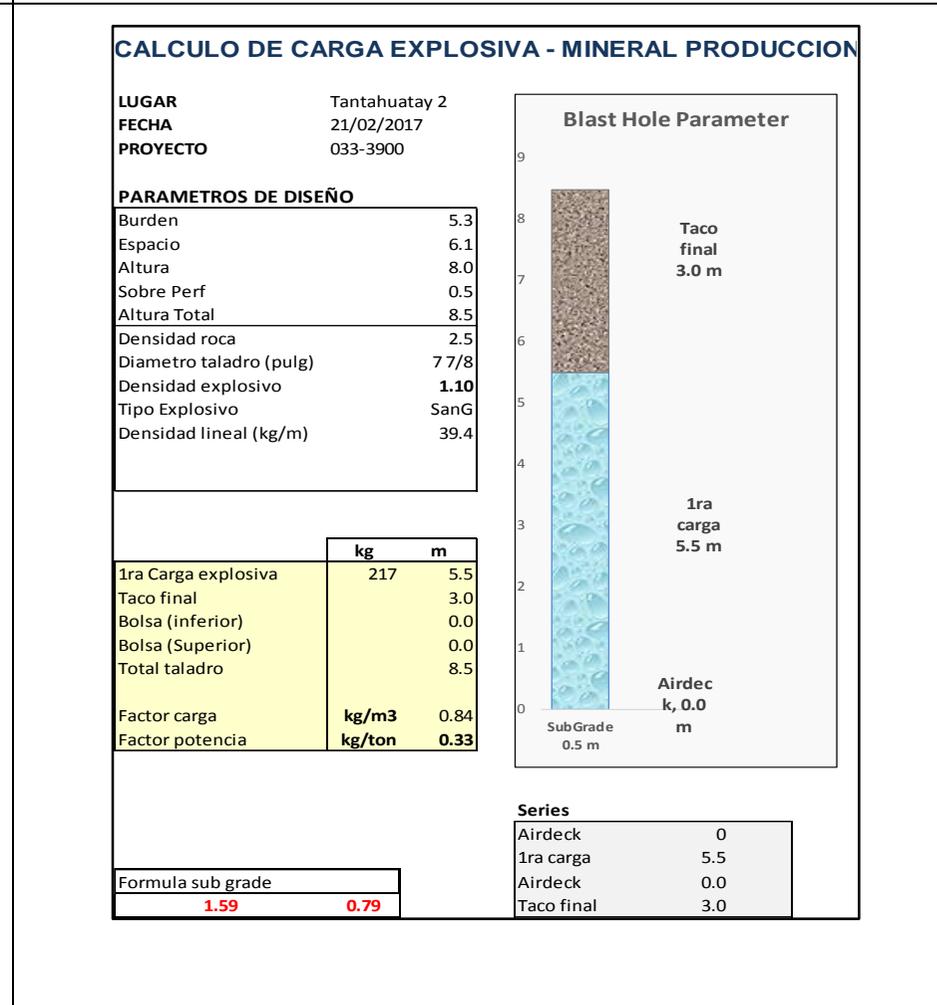
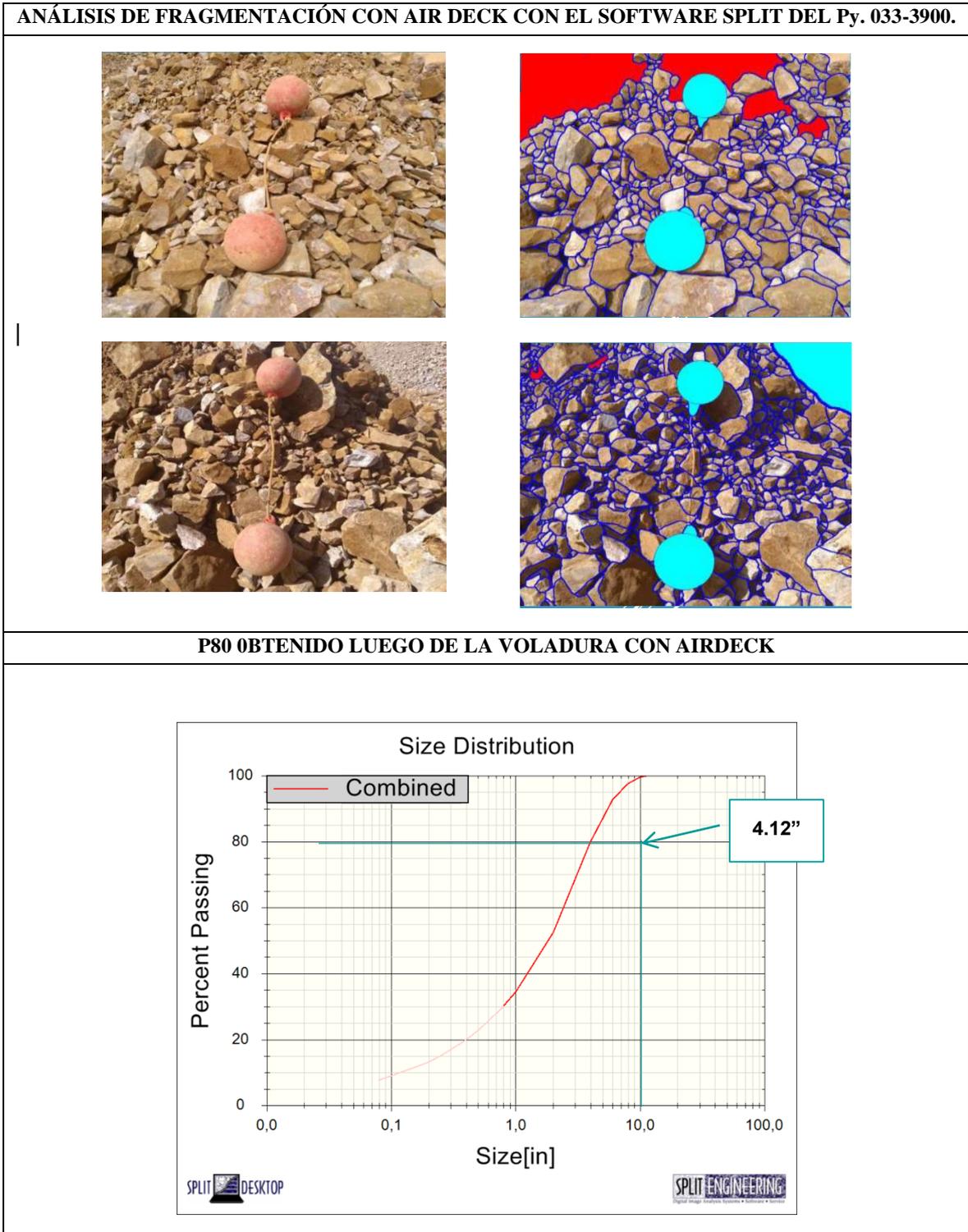


Figura 42. Hoja de Diseño de Carga sin Airdeck- Py. 033-3900.



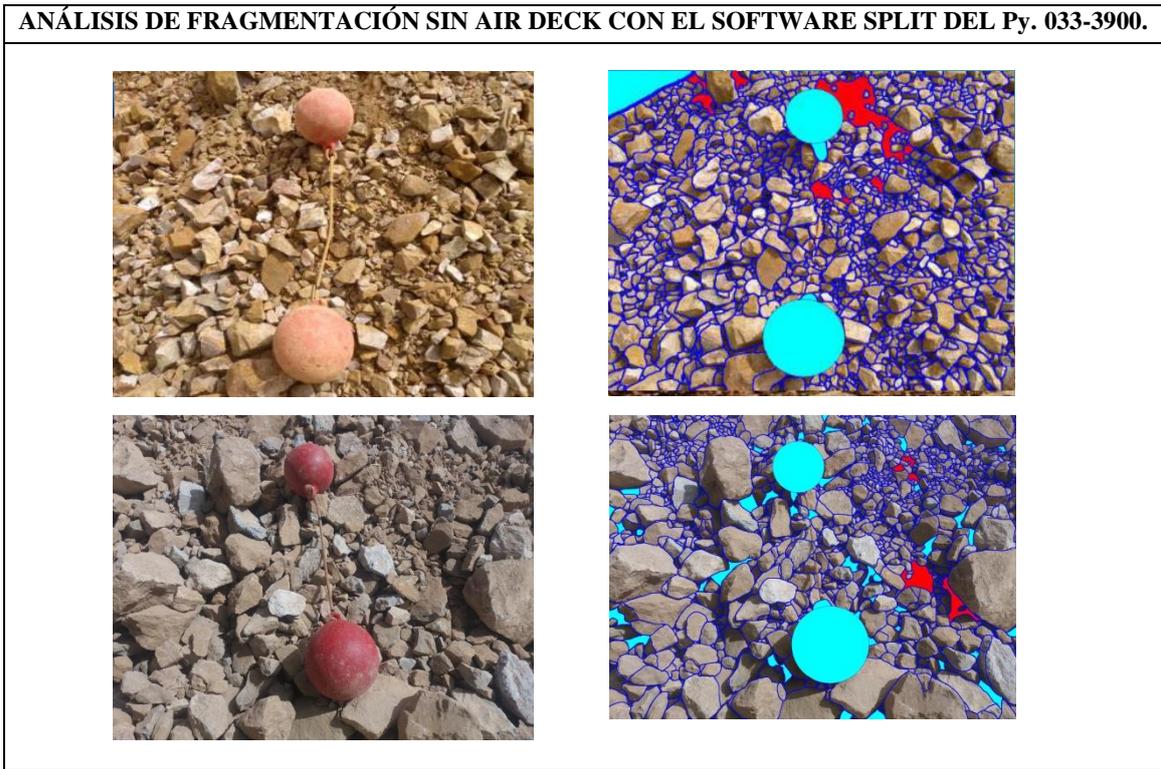
Fuente: Elaboración propia

Figura 43. Análisis de fragmentación Post Voladura con air deck Cartuflex del Py.033-3900.

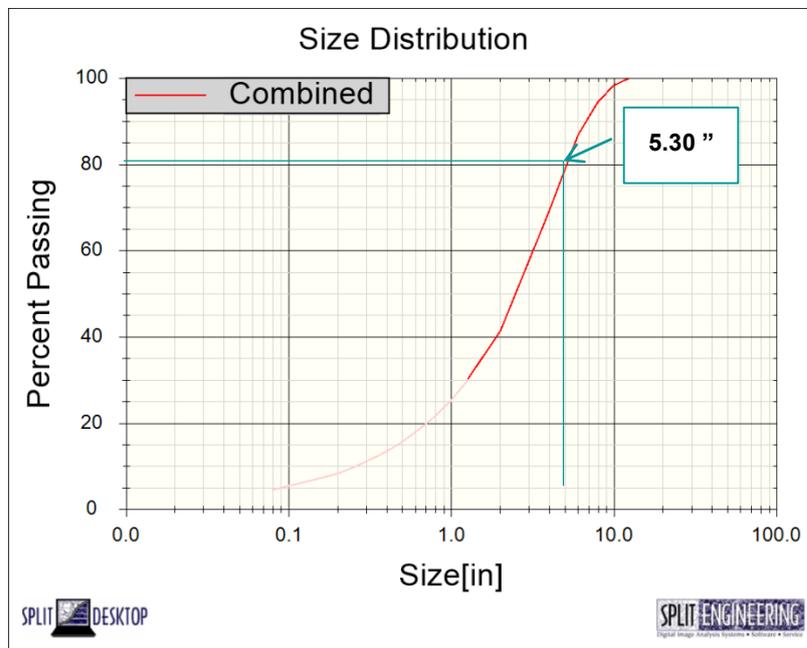


Fuente: Elaboración Propia

Figura 44. Análisis de fragmentación Post Voladura sin air deck Cartuflex del Py. 033-3900.



P80 OBTENIDO LUEGO DE LA VOLADURA SIN AIRDECK



Fuente: Elaboración propia

Tabla 34

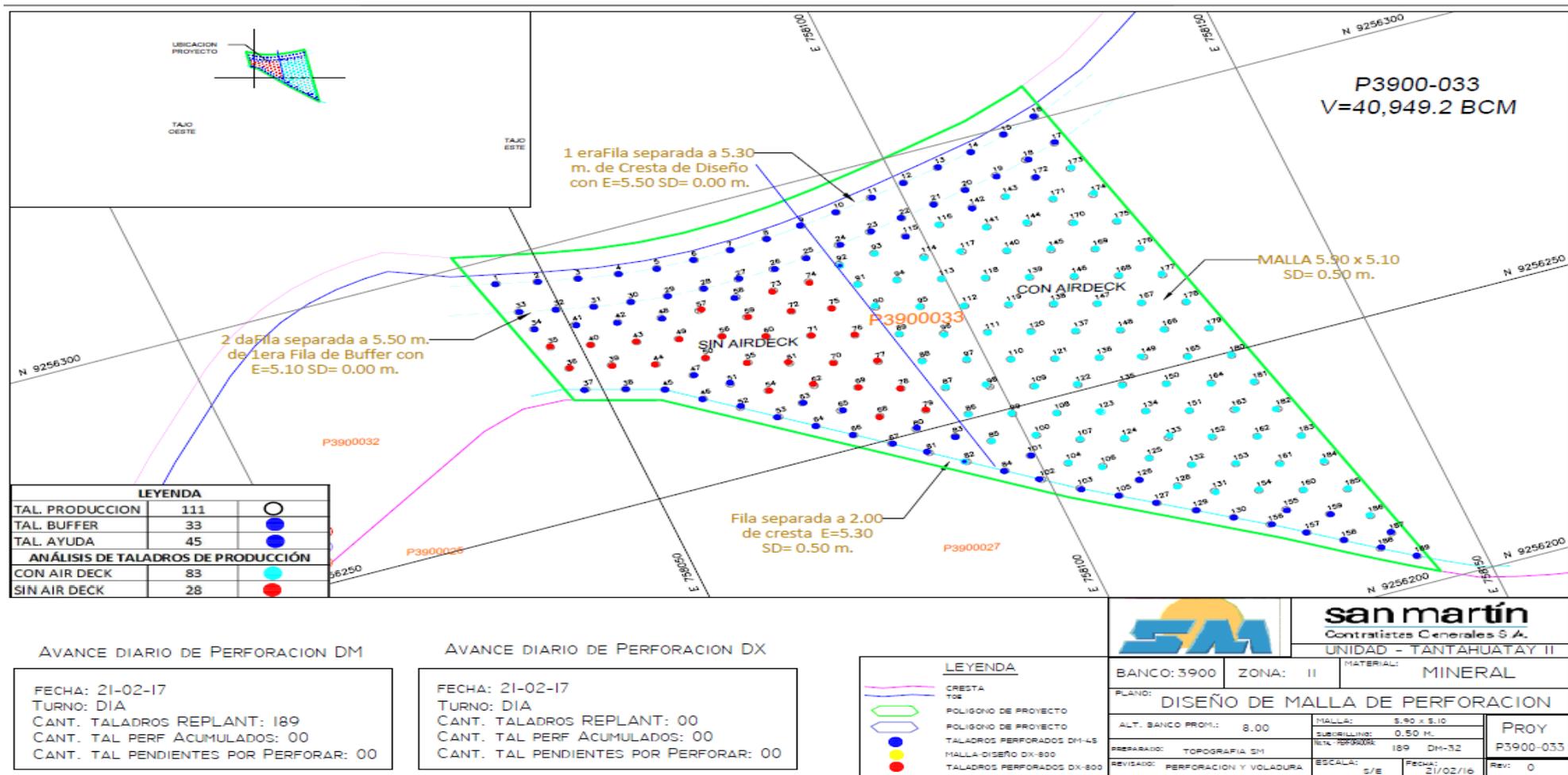
Determinación de P80 del Py. 033-3900.

ANÁLISIS DE FRAGMENTACIÓN - TAJO TANTAHUATAY Py. 033-3900.						
Fecha de toma	Hora de toma	AIR DECK	Fotos procesadas	Material	P80 esperado (pulg)	P80 real Promedio (pulg)
21-Feb	12:40 p.m.	SI	2	Mineral	4	4.12
21-Feb	12:40 p.m.	NO	2	Mineral	4.5	5.30

Fuente: Elaboración propia

De las muestras obtenidas en campo, se analizó las fotografías en el software Split. Los resultados obtenidos fueron; al usar air deck se logró un P80 de 4.12” y en los taladros que se cargaron sin air deck se obtuvo un P80 de 5.30”, con una malla de 5.1 x 5.9 m, para una roca media.

Plano N° 11. Diseño de plano final con los taladros analizados del Py. 033-3900.



Fuente: Área de Topografía - San Martín Contratistas Generales S.A

- **Bco. 3900 - Proyecto 034**

Se realizó el disparo de este proyecto el día 25 de febrero del 2017 en el banco 3900. Con las siguientes características:

Tabla 35

Descripción del Py. 034-3900.

Descripción del Py. 034-3900	
Ubicación	Tajo Tantahutay lado oeste
Fecha	25/02/2017
Núm. de taladros	161 taladros
Diámetro	7 7/8"
Longitud	8.5 m
Malla	5.1 x 5.9 m
P80 esperado	4.62"
Explosivo	San G
Tipo de voladura	Electrónica.
Tipo de roca	Media
Densidad de la roca (gr/cc)	2.53

Fuente: Elaboración propia

Tabla 36

Nº Total de taladros del Py. 034-3900.

Nº Total de taladros del Py. 034-3900	
Ubicación :	Tajo Tantahutay lado oeste
Nº total de taladros:	161 taladros
Tal. Buffer :	10 taladros
Tal. Ayuda :	14 taladros
Tal. Producción con Air Deck :	94 taladros
Tal. Producción sin Air Deck :	67 taladros
Ubicación :	Tajo Tantahutay lado oeste
Nº total de taladros:	161 taladros

Fuente: Elaboración propia

Figura 45. Hoja de Diseño de Carga con Airdeck – Py. 034-3900.

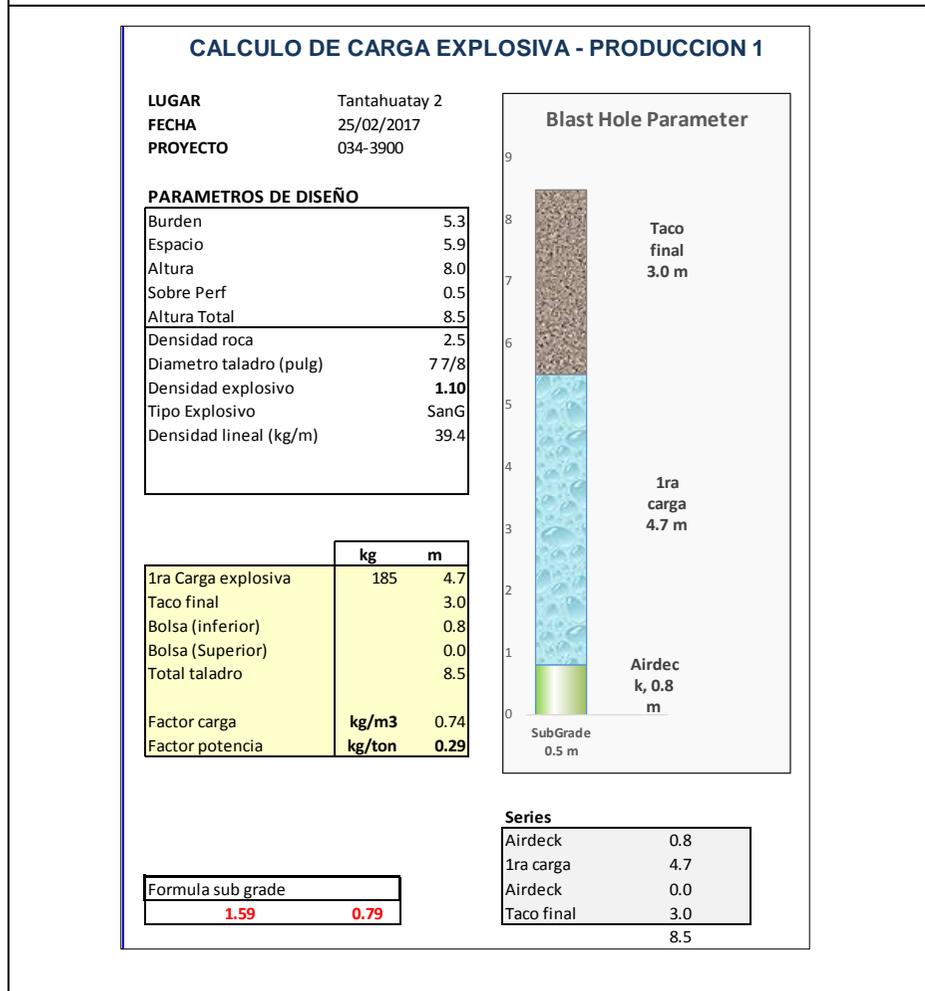
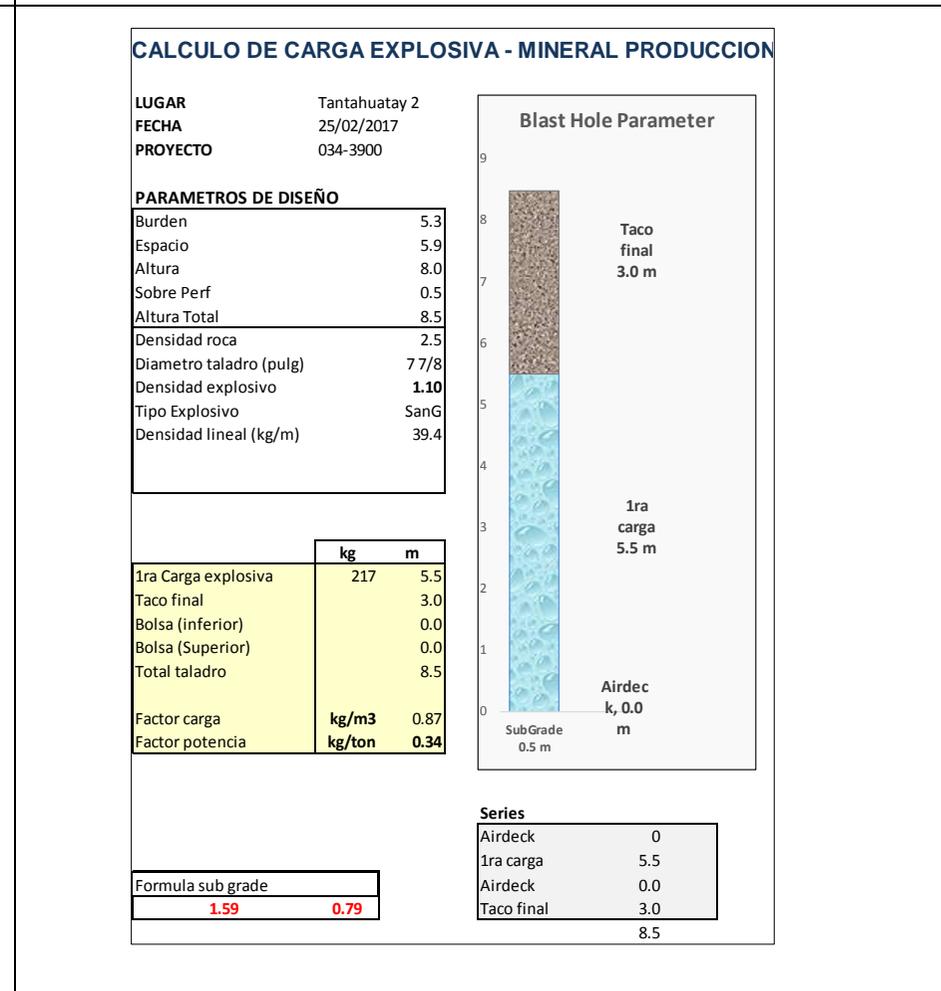
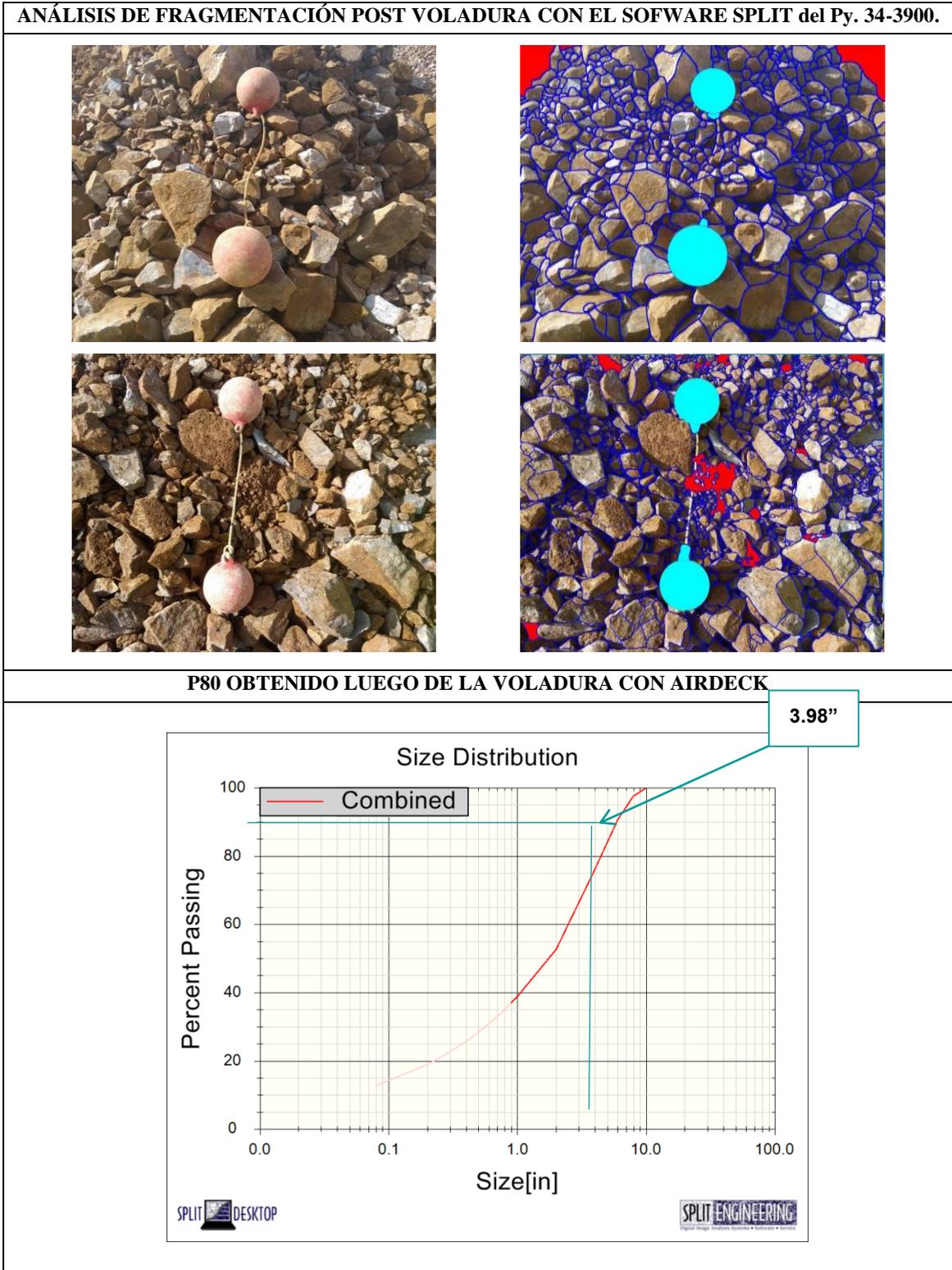


Figura 46. Hoja de Diseño de Carga sin Airdeck- Py. 034-3900.



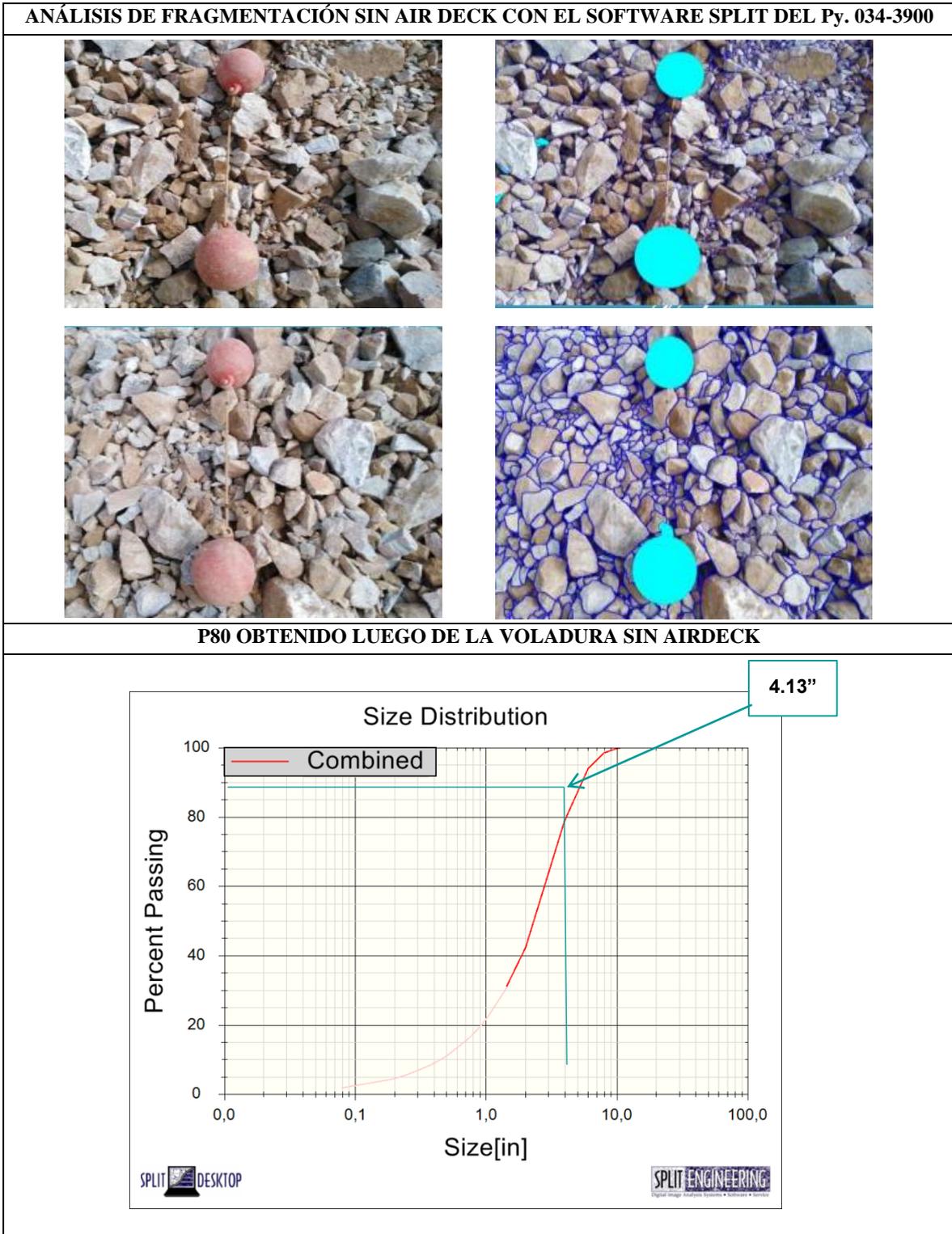
Fuente: Elaboración propia

Figura 47. Análisis de fragmentación Post Voladura con air deck Cartuflex del Py. 034-3900



Fuente: Elaboración propia.

Figura 48. Análisis de fragmentación Post Voladura sin air deck Cartuflex del Py. 034-3900



Fuente: Elaboración propia

Tabla 37

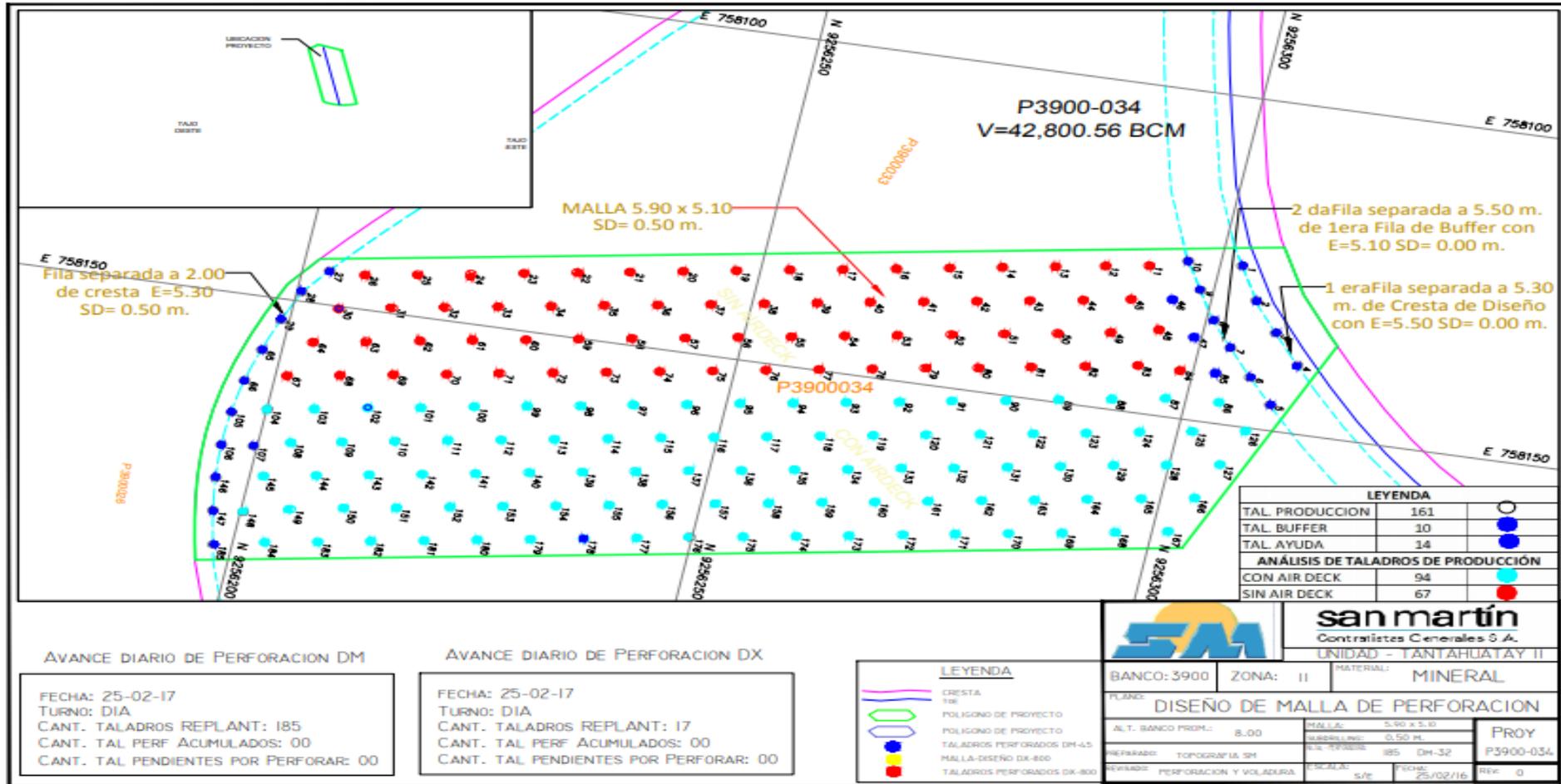
Determinación de P80 del Py. 034-3900

ANÁLISIS DE FRAGMENTACIÓN - TAJO TANTAHUATAY PY. 34-3900						
Fecha de toma	Hora de toma	AIR DECK	Fotos procesadas	Material	P80 esperado (pulg)	P80 real (pulg)
25-Feb	12:15 a.m.	SI	2	Mineral	4.0	3.98
25-Feb	12:15 a.m.	NO	2	Mineral	4.5	5.50

Fuente: Elaboración propia.

De las muestras obtenidas en campo, se analizó las fotografías en el software Split Desktop. Como resultado obtuvimos que en los taladros de producción en los que se usó air deck genera un P80 de 3.98” y en los taladros que se cargaron sin air deck se obtuvo un P80 de 5.5, con una malla de 5.3 x 5.9 m, para una roca de dureza media.

Plano N° 12. Diseño de plano final con los taladros analizados del Py. 034-3900.



Fuente: Área de Topografía - San Martín Contratistas Generales S.A

- **Bco. 3900 - Proyecto 036**

Se realizó el disparo de este proyecto el día 06 de Marzo del 2017 en el banco 3900, con las siguientes características:

Tabla 38

Descripción del Py. 036-3900

Descripción del Py. 036-3900	
Ubicación	Tajo Tantahuatay lado oeste
Fecha	03/03/2017
Núm. de taladros	135 taladros
Diámetro	7 7/8”
Longitud	8.5 m
Malla	5.1 x 5.9 m
P80 esperado	4”
Explosivo	San G
Tipo de voladura	Electrónica.
Tipo de roca	Medio
Densidad de la roca (gr/cc)	2.53

Fuente: Elaboración propia

Tabla 39

Número Total de taladros del Py. 036-3900

N° Total de taladros del Py. 036-3900	
Ubicación	Tajo Tantahuatay lado oeste
N° total de taladros	135 taladros
Tal. Ayuda	05 taladros
Tal. Buffer	53 taladros
Tal. Producción con Air Deck	42 taladros
Tal. Producción sin Air Deck	35 taladros

Fuente: Elaboración propia

Figura 49. Hoja de Diseño de Carga con Airdeck – Py. 036-3900.

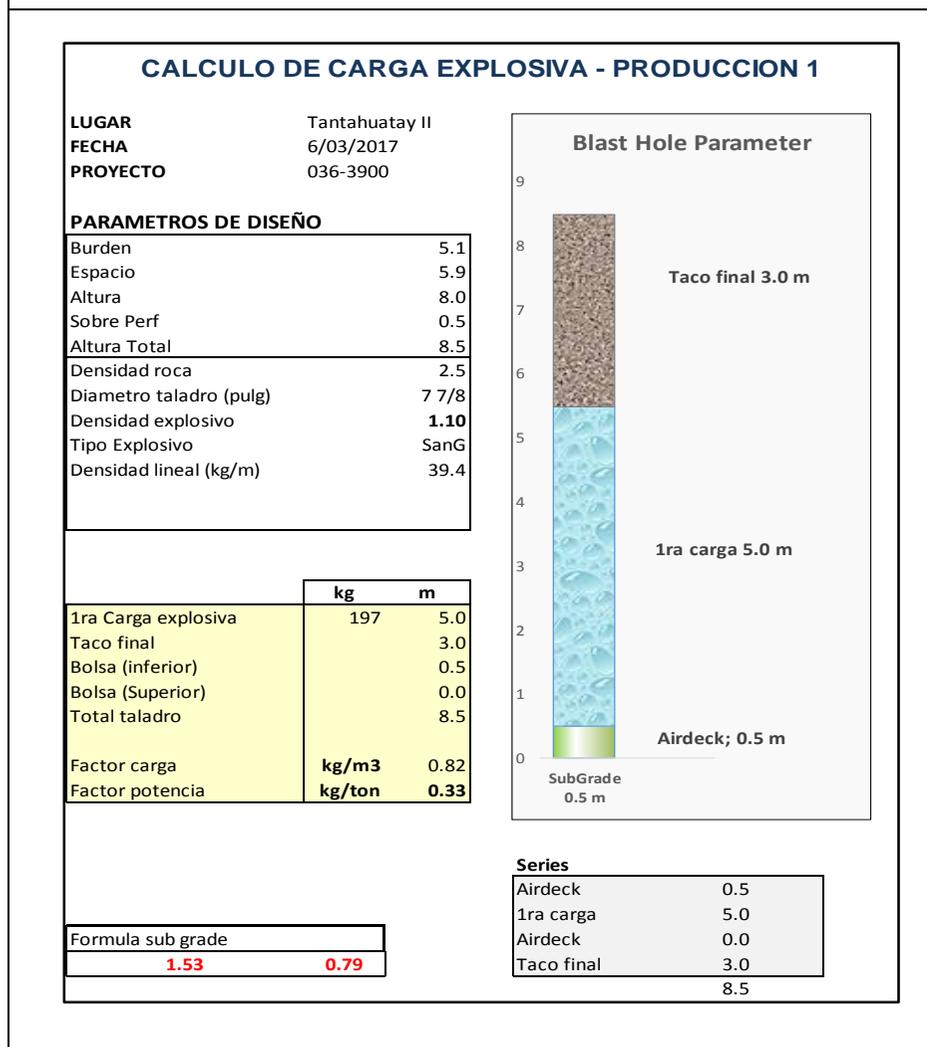
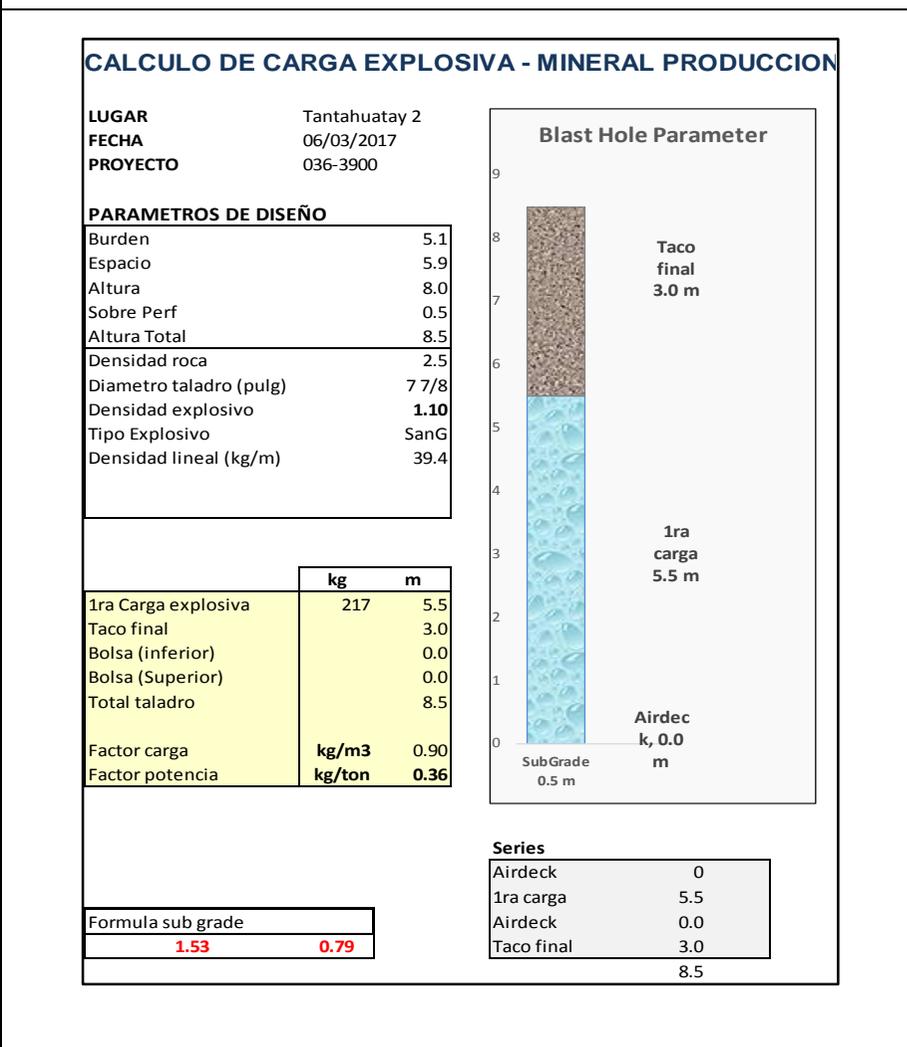
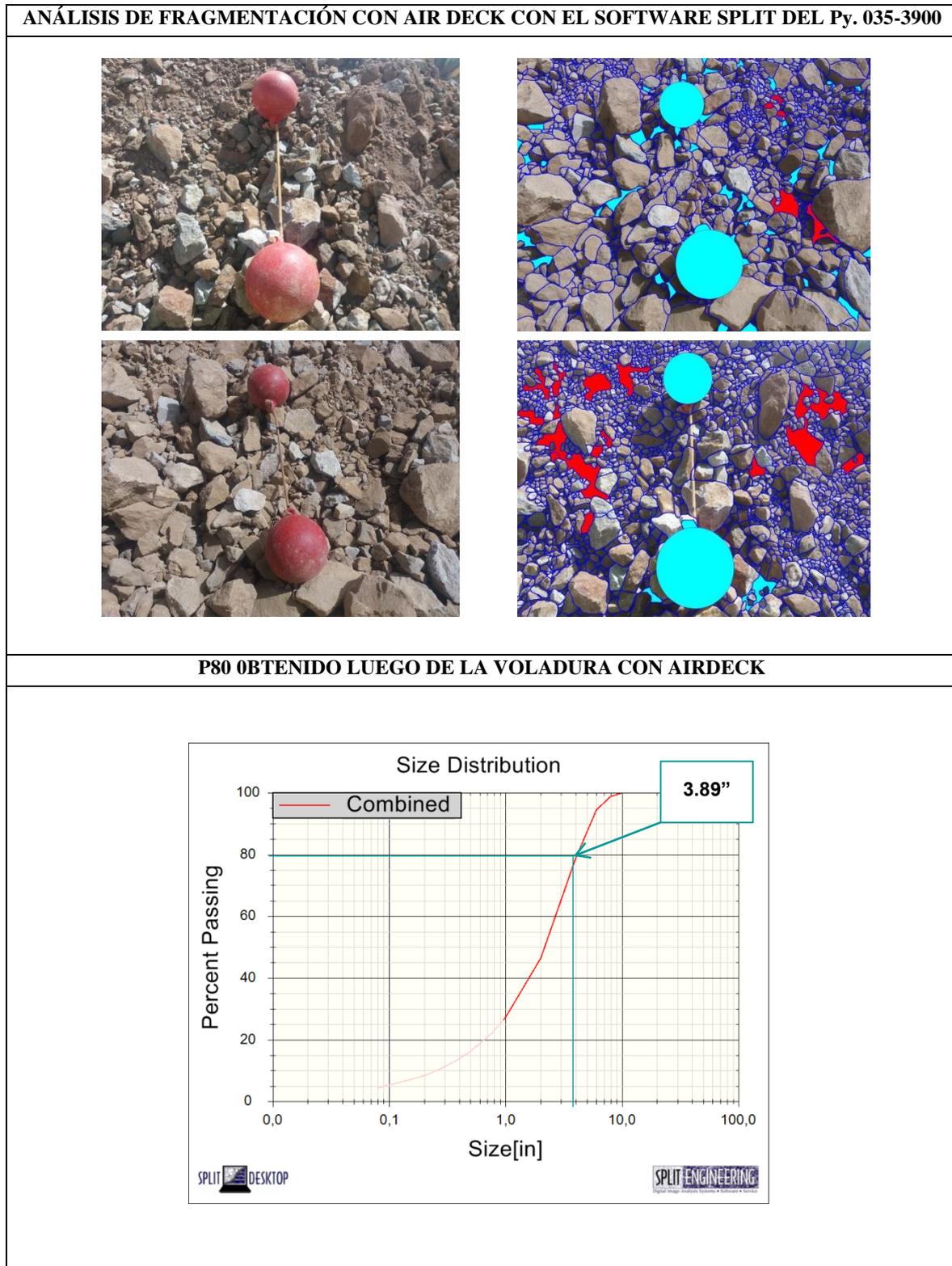


Figura 50. Hoja de Diseño de Carga sin Airdeck- Py. 036-3900



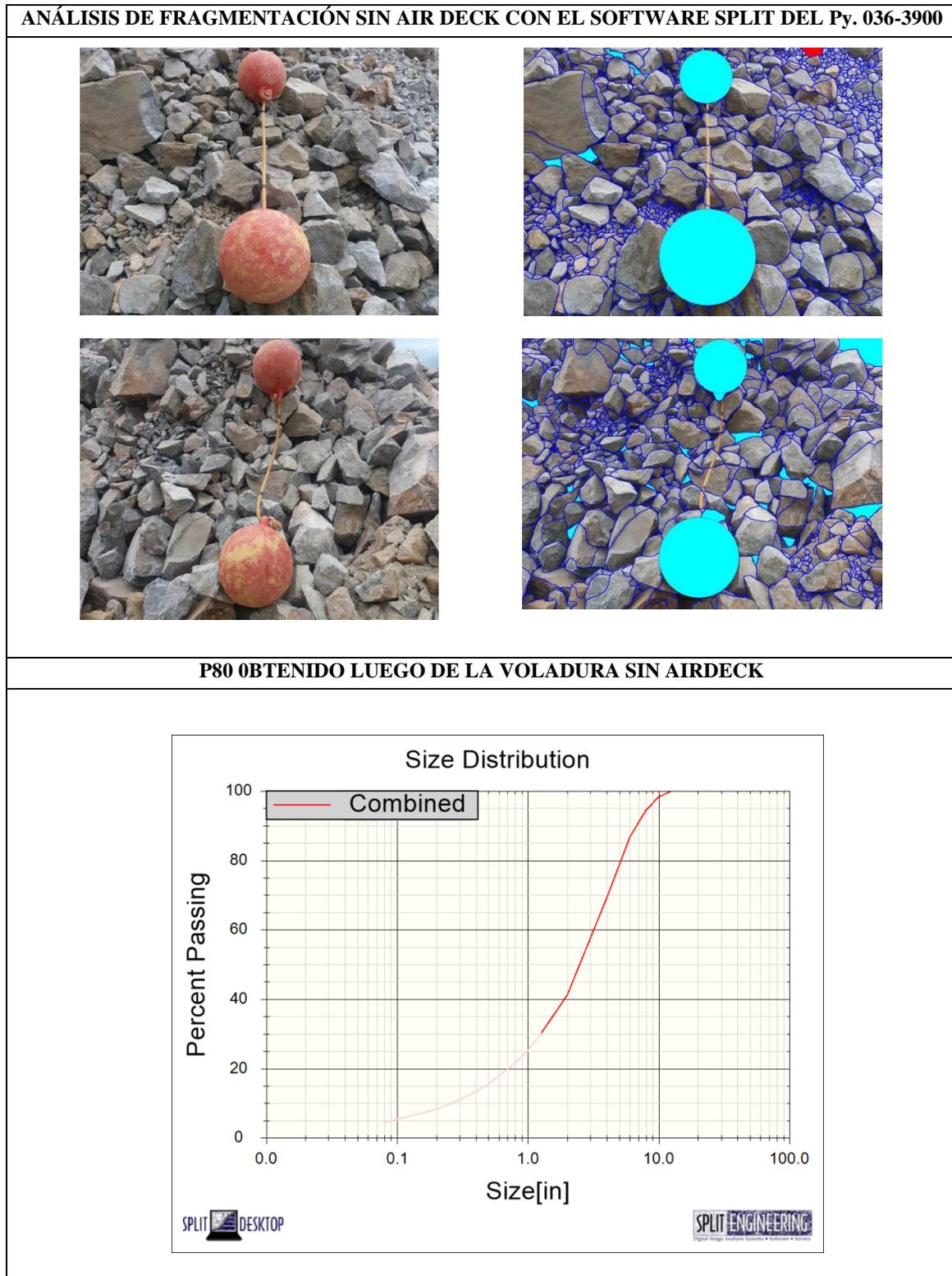
Fuente: Elaboración propia

Figura 51. Análisis de fragmentación Post Voladura con air deck Cartuflex del Py. 036-3900



Fuente: Elaboración propia

Figura 52. Análisis de fragmentación Post Voladura sin air deck Cartuflex del Py. 036-3900



Fuente: Elaboración propia

Tabla 40

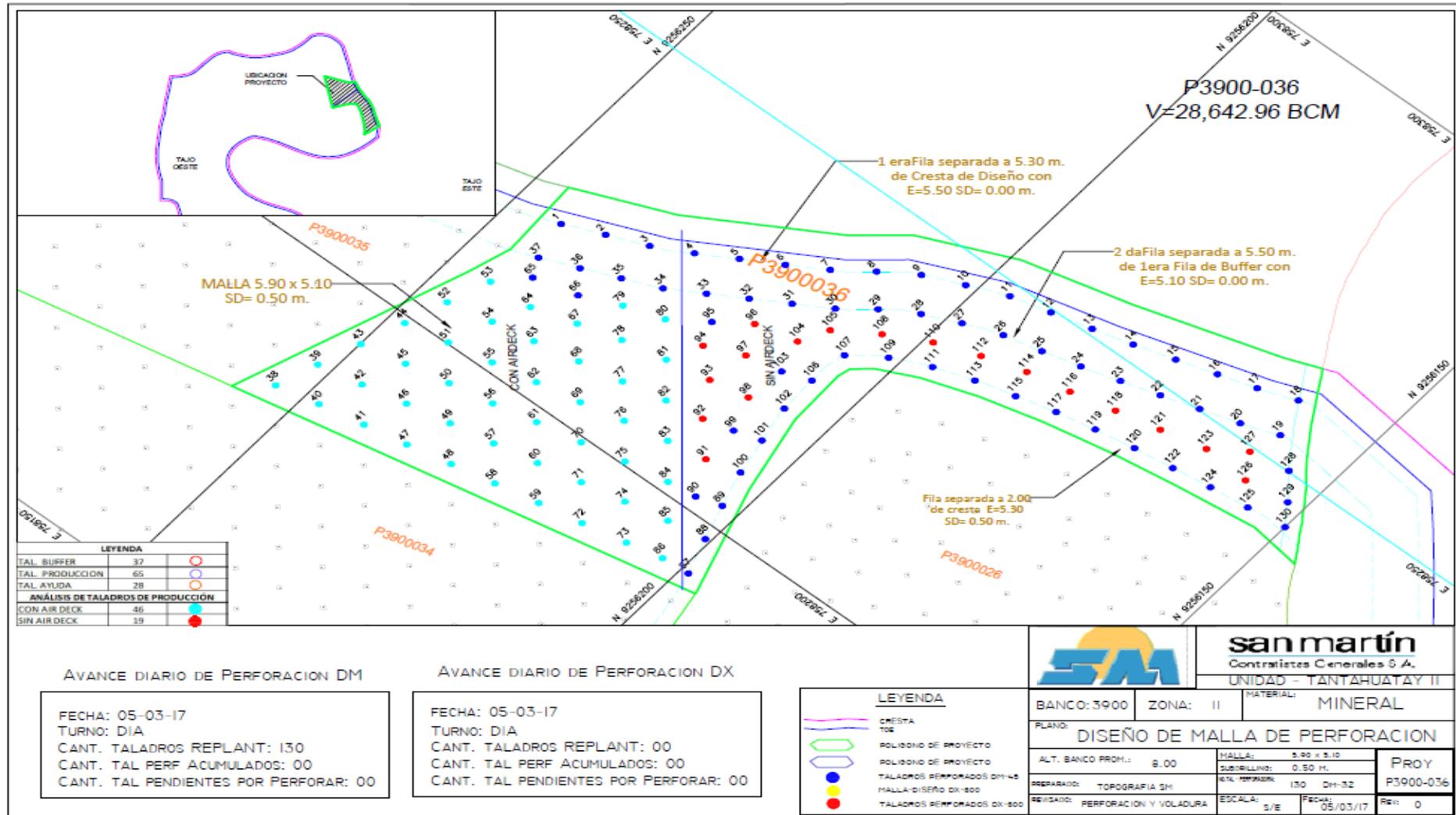
Determinación de P80 del Py. 036-3900.

ANÁLISIS DE FRAGMENTACIÓN - TAJO TANTAHUATAY PY. 036-3900						
Fecha de toma	Hora de toma	AIR DECK	Fotos procesadas	Material	P80 esperado (pulg)	P80 real (pulg)
06-mar	12:35 a.m.	SI	2	Mineral	4	3.89
06-mar	12:35 a.m.	NO	2	Mineral	4.5	5.14

Fuente: Elaboración propia.

De las muestras obtenidas en campo, se analizó las fotografías en el software Split. Los resultados obtenidos fueron; al usar air deck se logró un P80 de 3.89” y en los taladros que se cargaron sin air deck se obtuvo un P80 de 5.14”, con una malla de 5.1 x 5.9 m, para una roca media.

Plano N° 13: Diseño de plano final con los taladros analizados del Py. 036-3900.



Fuente: Área de Topografía - San Martín Contratistas Generales S.A

- **Bco. 3892 - Proyecto 018**

Se realizó el disparo de este proyecto el día 10 de Marzo del 2017 en el banco 3892, con las siguientes características:

Tabla 41

Descripción del Py. 018-3892

Descripción del Py. 018-3892	
Ubicación	Tajo Tantahuatay lado oeste
Fecha	10/03/2017
Núm. de taladros	189 taladros
Diámetro	7 7/8”
Longitud	8.5 m
Malla	5.3 x 6.1 m
P80 esperado	4.3”
Explosivo	San G
Tipo de voladura	Electrónica.
Tipo de roca	Media
Densidad de la roca (gr/cc)	2.53

Fuente: Elaboración propia

Tabla 42

Número Total de taladros del Py. 018-3892

N° Total de taladros del Py. 018-3892	
Ubicación	Tajo Tantahuatay lado oeste
N° total de taladros	189 taladros
Tal. Ayuda	39 taladros
Tal. Buffer	75 taladros
Tal. Producción con Air Deck	45 taladros
Tal. Producción sin Air Deck	35 taladros

Fuente: Elaboración propia

Figura 53. Hoja de Diseño de Carga con Airdeck – Py. 018-3892.

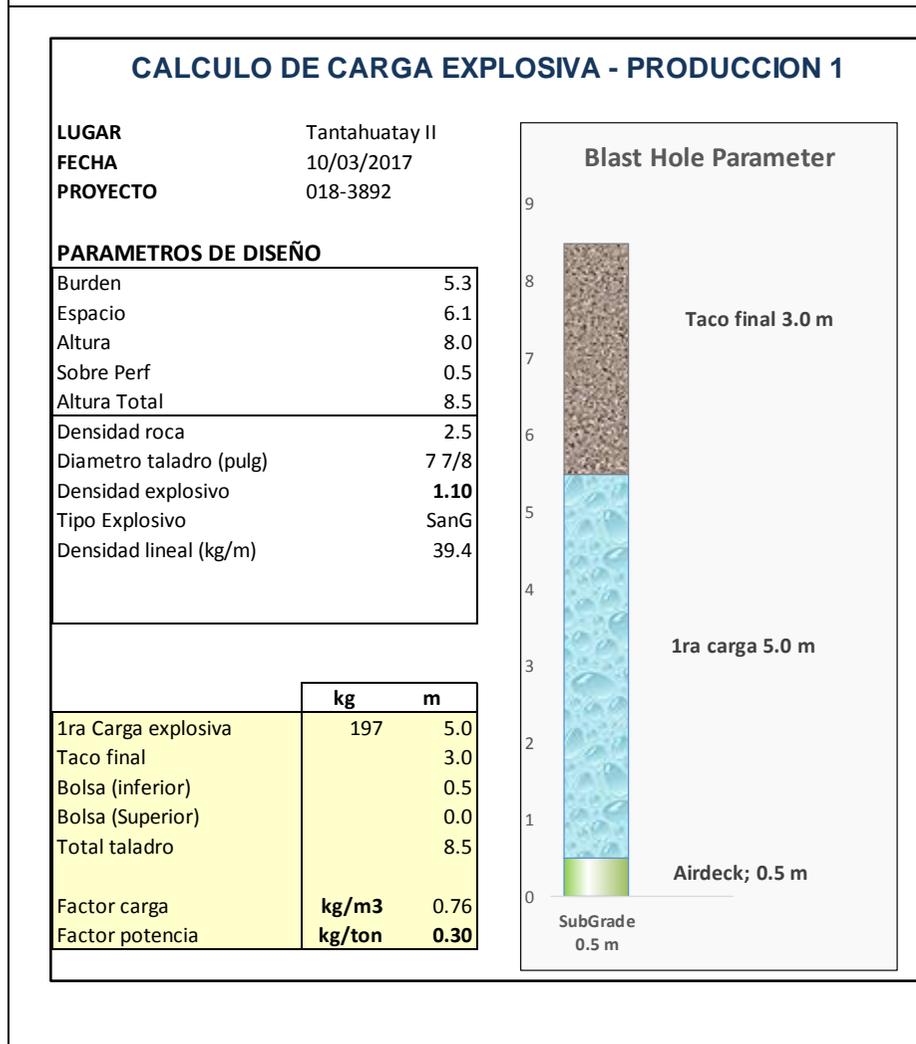
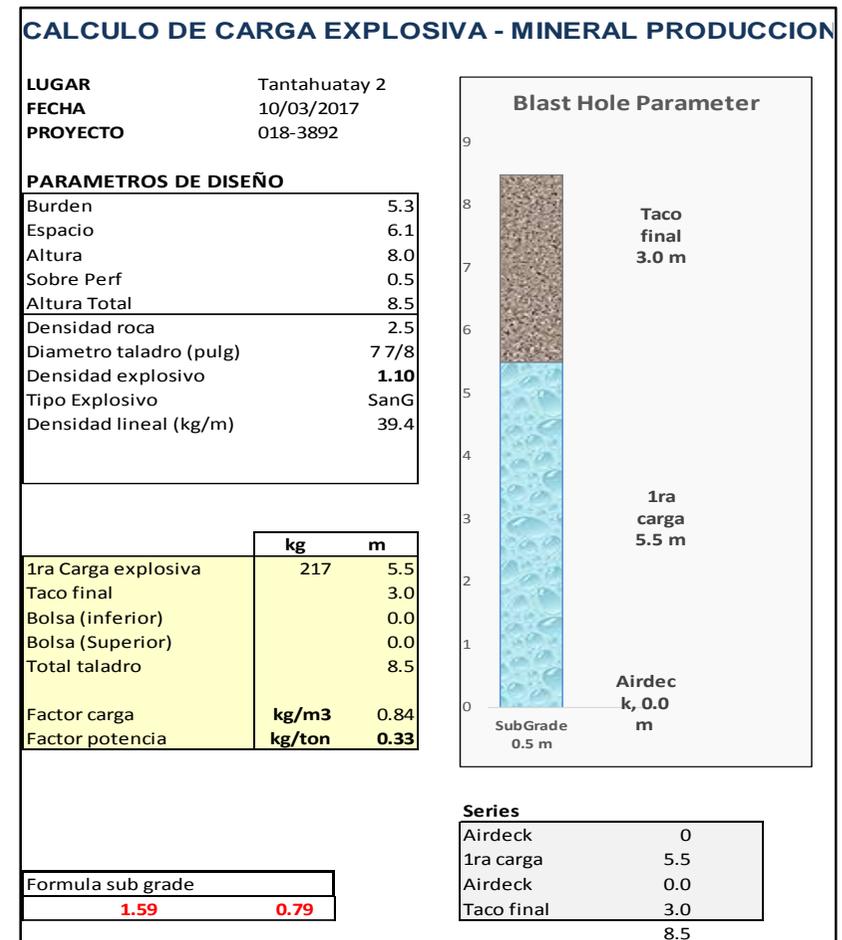
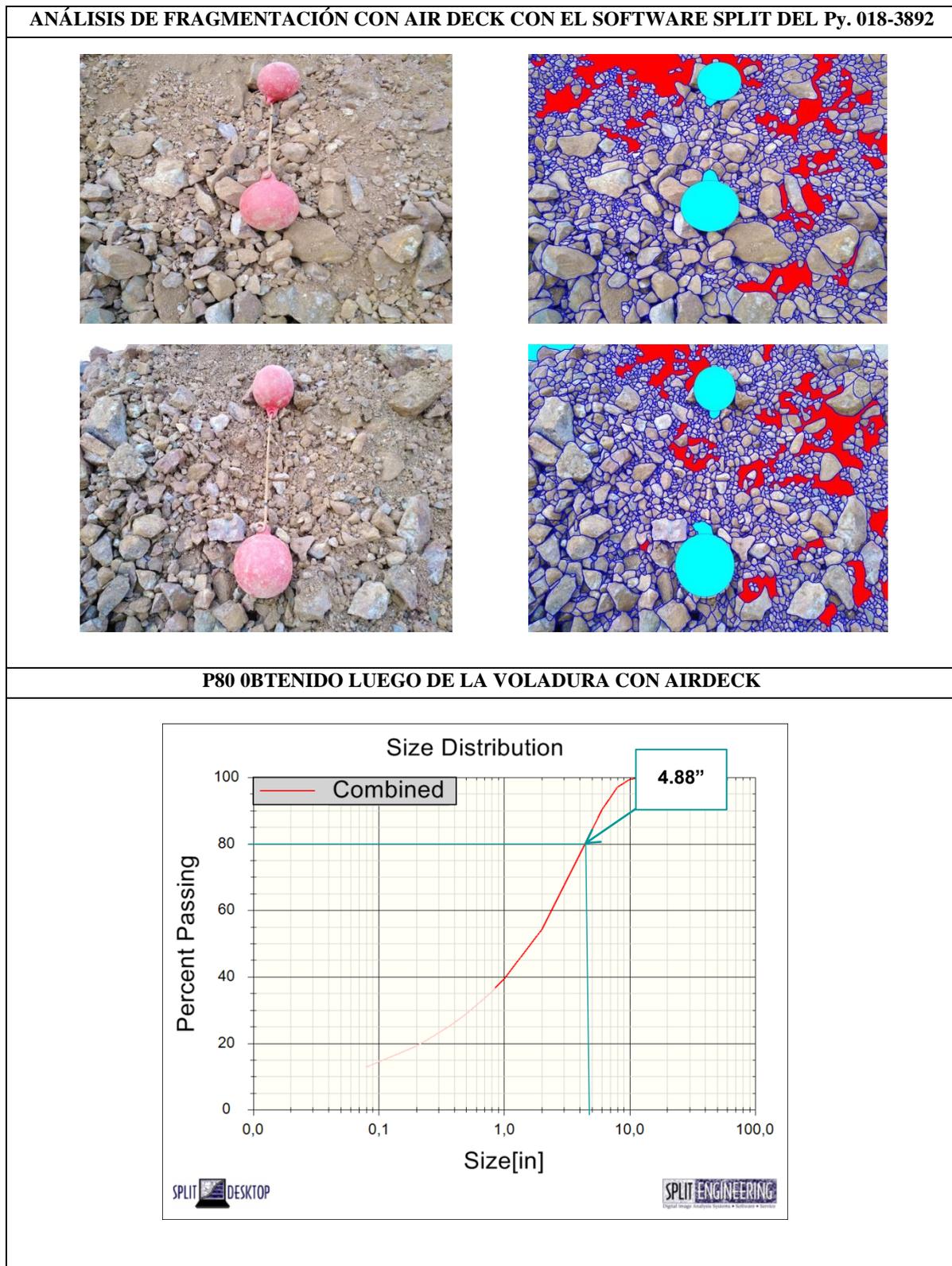


Figura 54. Hoja de Diseño de Carga sin Airdeck- Py. 018-3892.



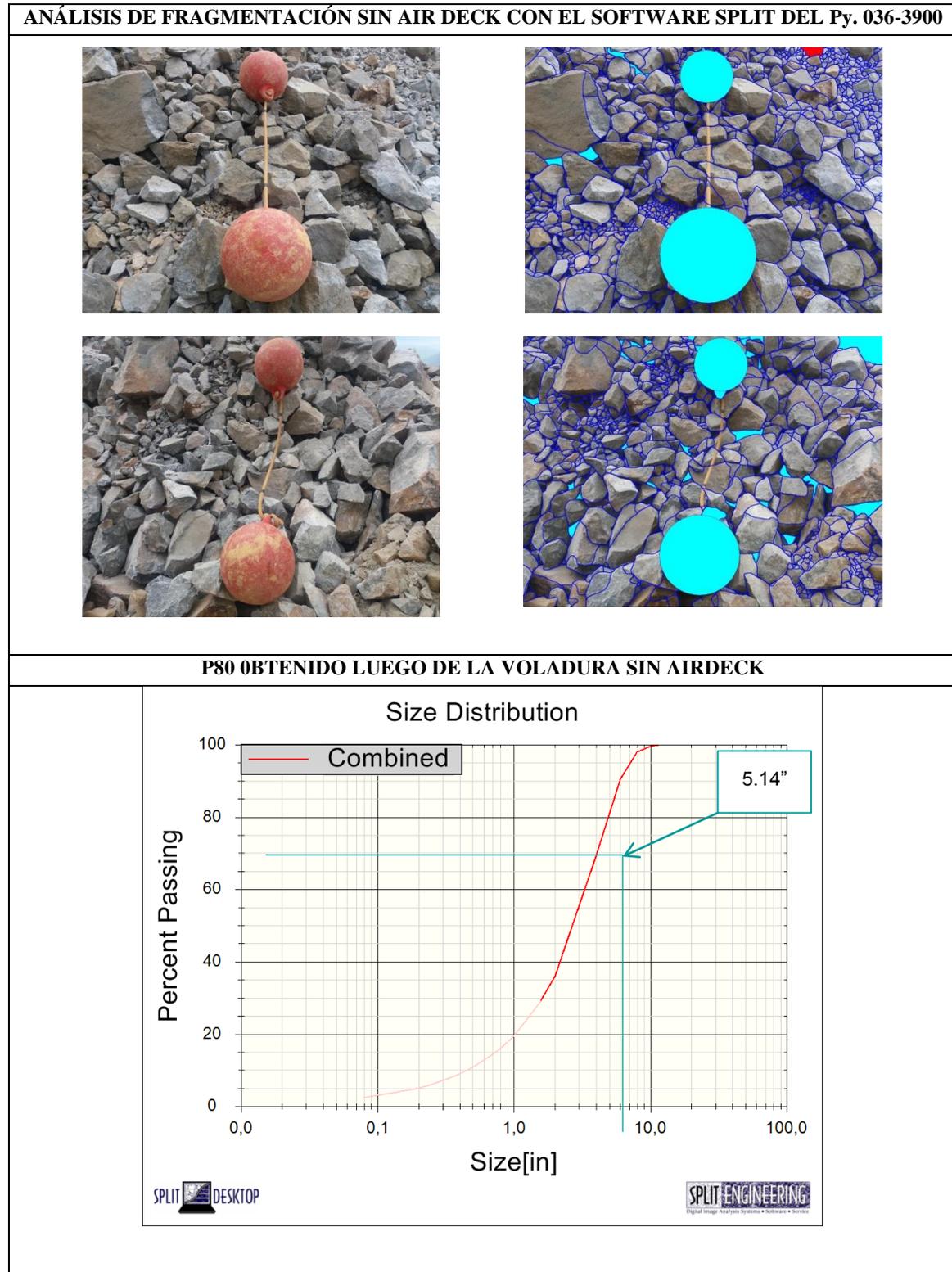
Fuente: Elaboración propia

Figura 55 .Análisis de fragmentación Post Voladura con air deck Cartuflex del Py. 018-3892



Fuente: Elaboración propia

Figura 56. Análisis de fragmentación Post Voladura sin air deck Cartuflex del Py. 018-3892.



Fuente: Elaboración propia

Tabla 43

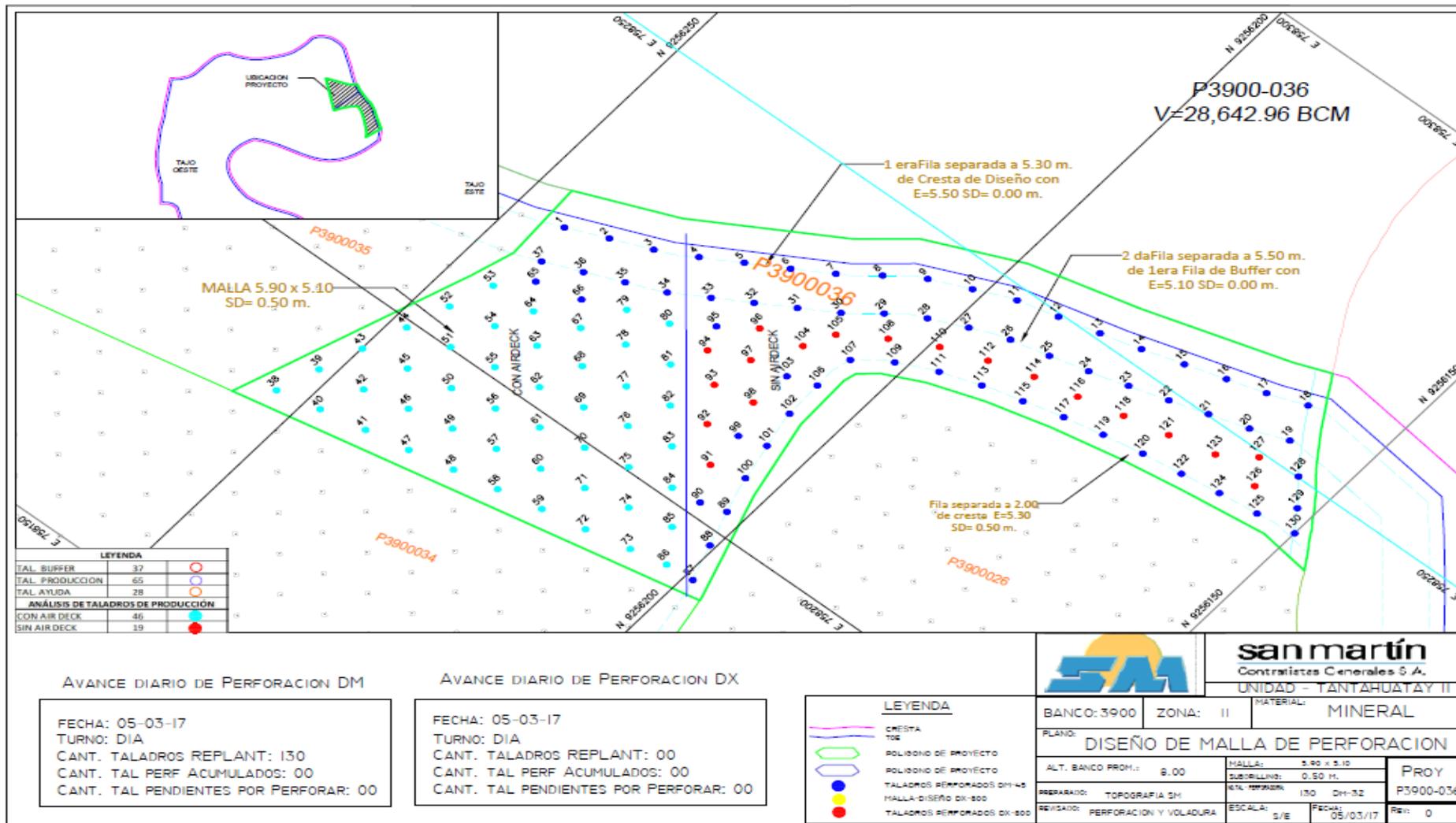
Determinación de P80 del Py. 018-3892.

ANÁLISIS DE FRAGMENTACIÓN - TAJO TANTAHUATAY PY. 018-3892.						
Fecha de toma	Hora de toma	AIR DECK	Fotos procesadas	Material	P80 esperado (pulg)	P80 real (pulg)
10-mar	12:40 a.m.	SI	2	Mineral	4.3	4.38
10-mar	12:40 a.m.	NO	2	Mineral	4.8	4.88

Fuente: Elaboración propia.

De las muestras obtenidas en campo, se analizó las fotografías en el software Split. Los resultados obtenidos fueron; al usar air deck se logró un P80 de 4.38” y en los taladros que se cargaron sin air deck se obtuvo un P80 de 4.88”, con una malla de 5.3 x 6.1 m, para una roca media.

Plano N° 14: Diseño de plano final con los taladros analizados del Py. 018-3892.



Fuente: Área de Topografía - San Martín Contratistas Generales S.A

- **Bco. 3940 - Proyecto 046**

Se realizó el disparo de este proyecto el día 05 de Febrero del 2017 en el banco 3940, con las siguientes características:

Tabla 44

Descripción del Py. 046-3940

Descripción del Py. 046-3940	
Ubicación	Tajo Tantahuatay lado oeste
Fecha	05/02/2017
Núm. de taladros	159 taladros
Diámetro	7 7/8”
Longitud	8.5 m
Malla	5.3 x 6.1 m
P80 esperado	4.3”
Explosivo	San G
Tipo de voladura	Electrónica.
Tipo de roca	Media
Densidad de la roca (gr/cc)	2.53

Fuente: Elaboración propia

Tabla 45

Número Total de taladros del Py. 046-3940

N° Total de taladros del Py. 018-3892	
Ubicación	Tajo Tantahuatay lado oeste
N° total de taladros	159 taladros
Tal. Ayuda	28 taladros
Tal. Producción con Air Deck	74 taladros
Tal. Producción sin Air Deck	57 taladros

Fuente: Elaboración propia

Figura 57. Hoja de Diseño de Carga con Airdeck – Py. 046-3940.

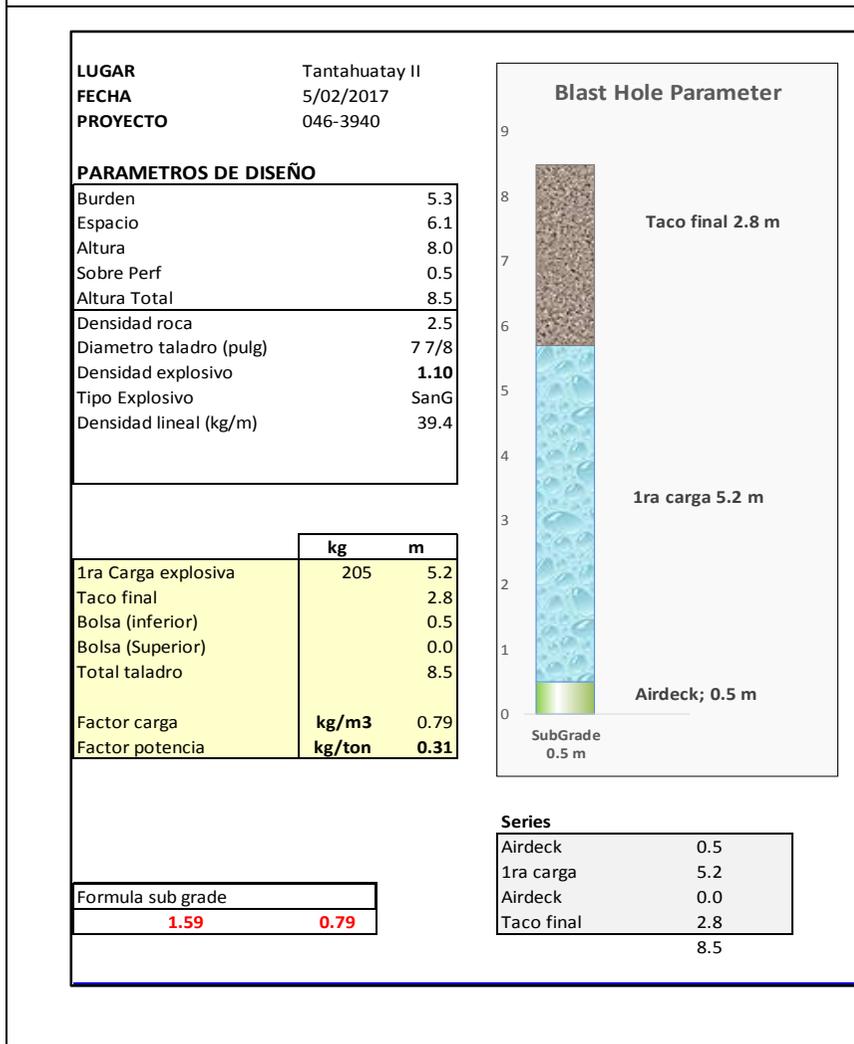
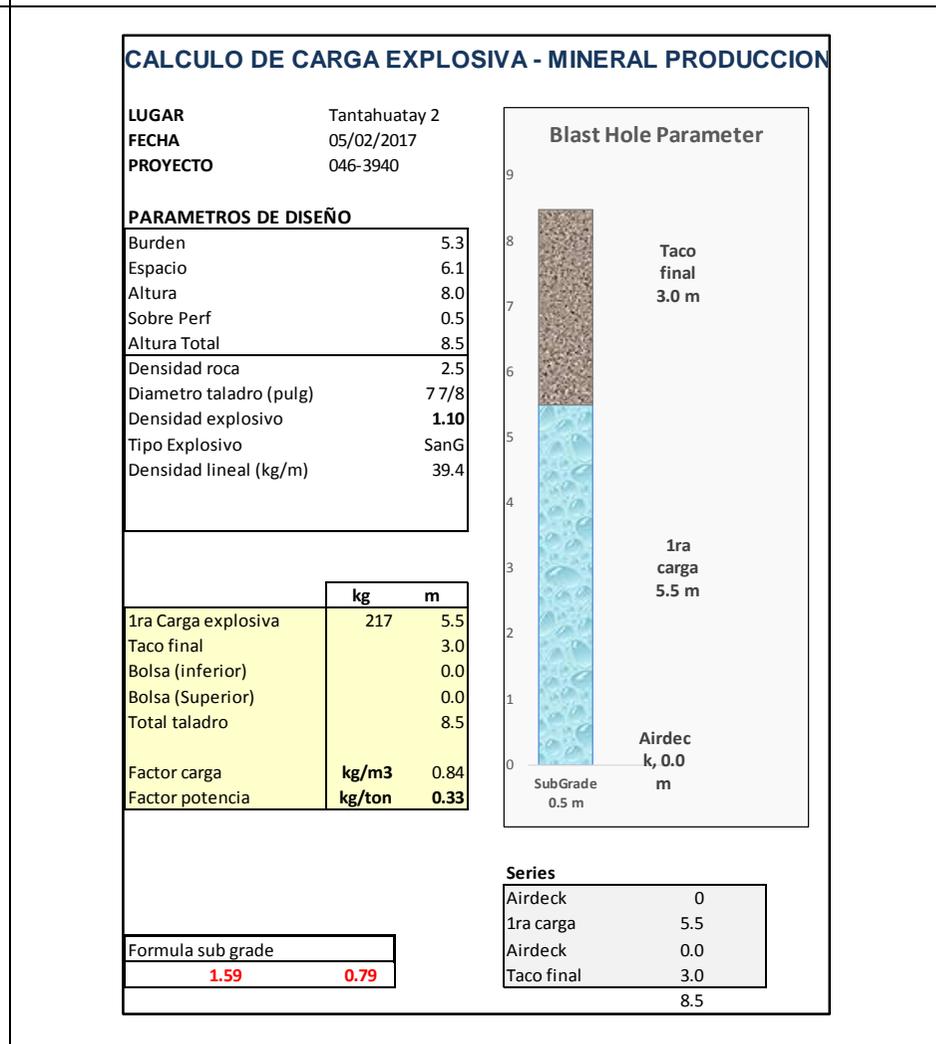
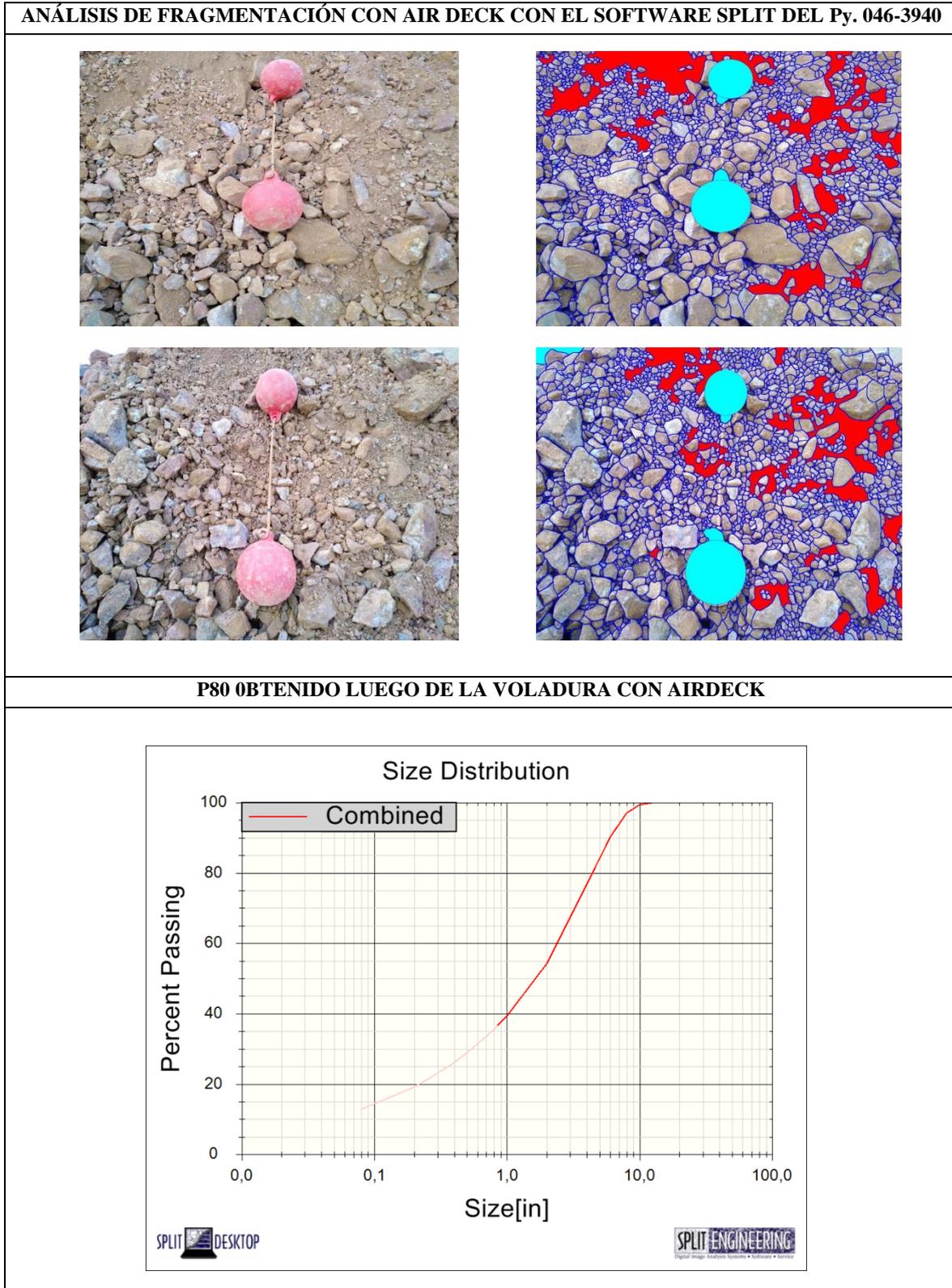


Figura 58. Hoja de Diseño de Carga sin Airdeck- Py. 046-3940.



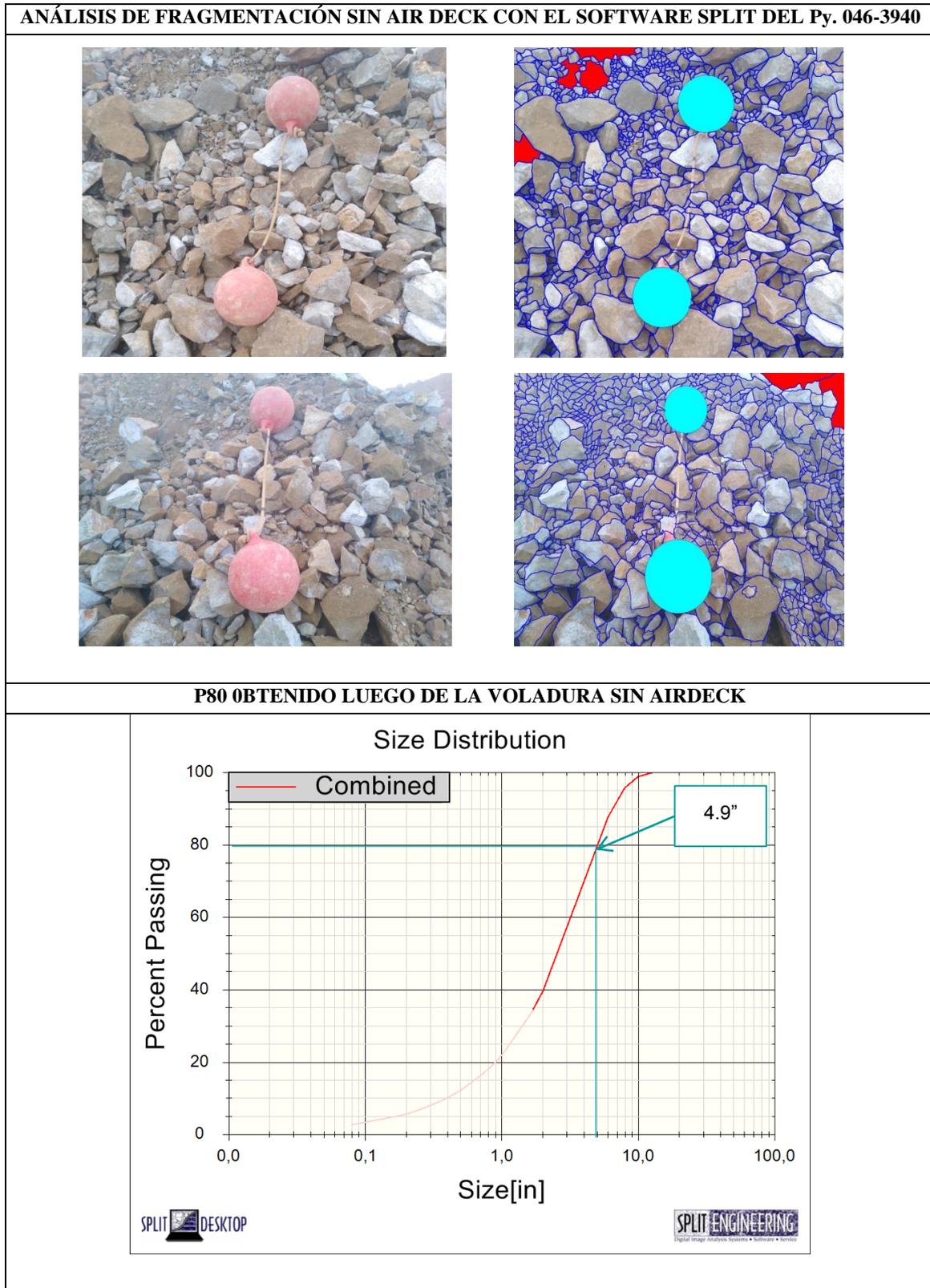
Fuente: Elaboración propia

Figura 59. Análisis de fragmentación Post Voladura con air deck Cartuflex del Py. 046-3940



Fuente: Elaboración propia

Figura 60. Análisis de fragmentación Post Voladura sin air deck Cartuflex del Py. 046-3940.



Fuente: Elaboración propia

Tabla 46

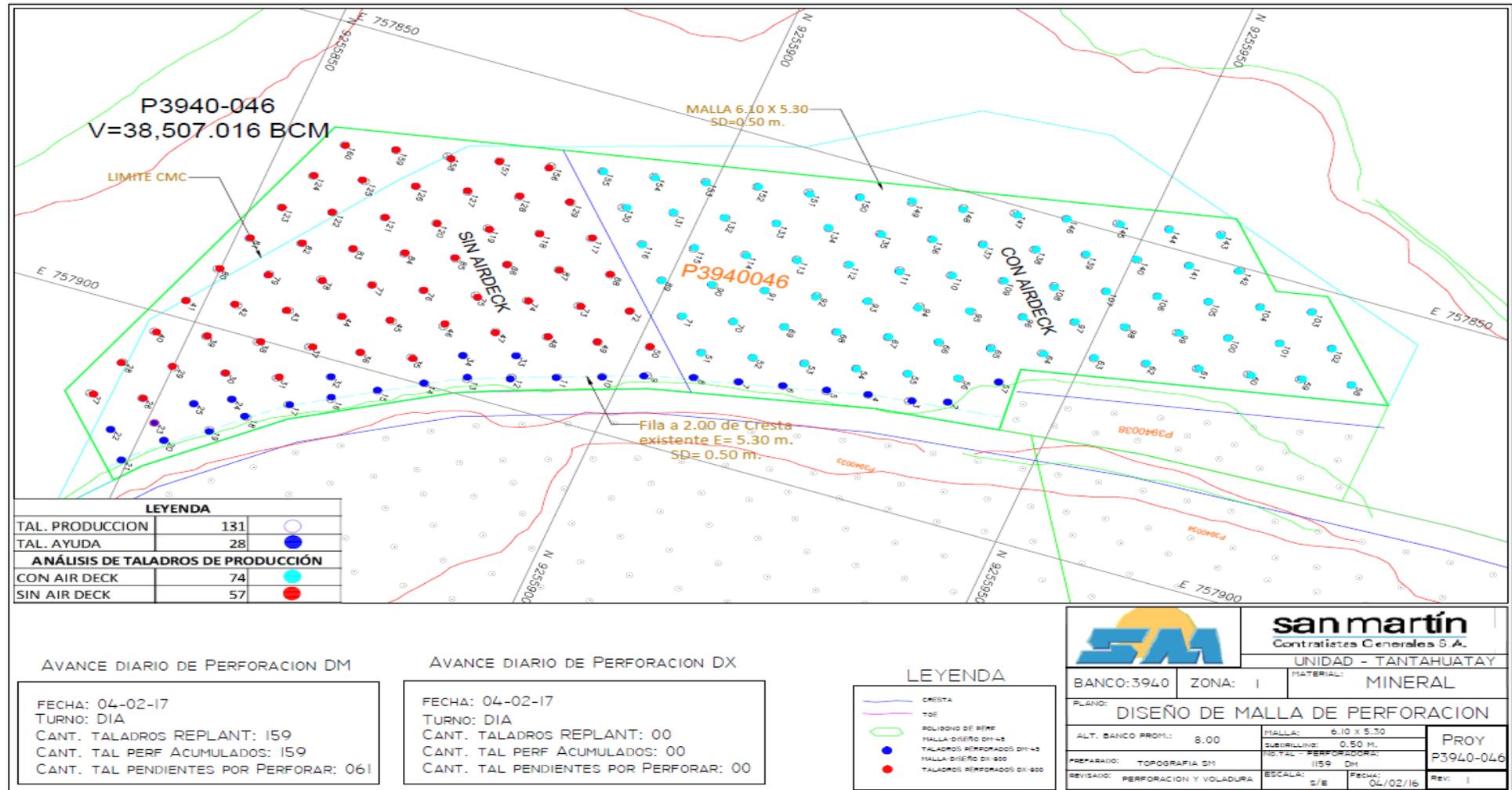
Determinación de P80 del Py. 046-3940.

ANÁLISIS DE FRAGMENTACIÓN - TAJO TANTAHUATAY PY. 046-3940.						
Fecha de toma	Hora de toma	AIR DECK	Fotos procesadas	Material	P80 esperado (pulg)	P80 real (pulg)
05-feb	12:40 a.m.	SI	2	Mineral	4.3	4.32
05-feb	12:40 a.m.	NO	2	Mineral	4.8	4.9

Fuente: Elaboración propia.

De las muestras obtenidas en campo, se analizó las fotografías en el software Split. Los resultados obtenidos fueron; al usar air deck se logró un P80 de 4.32” y en los taladros que se cargaron sin air deck se obtuvo un P80 de 4.9”, con una malla de 5.3 x 6.1 m, para una roca de dureza media.

Plano N° 15. Diseño de plano final con los taladros analizados del Py. 046-3940.



Fuente: Área de Topografía - San Martín Contratistas Generales S.A

- **Bco. 3900 - Proyecto 031**

Se realizó el disparo de este proyecto el día 08 de Febrero del 2017 en el banco 3900, con las siguientes características:

Tabla 47

Descripción del Py. 031-3900

Descripción del Py. 031-3900	
Ubicación	Tajo Tantahuatay lado oeste
Fecha	07/02/2017
Núm. de taladros	225 taladros
Diámetro	7 7/8”
Longitud	8.5 m
Malla	5.3 x 6.1 m
P80 esperado	4.3”
Explosivo	San G
Tipo de voladura	Electrónica.
Tipo de roca	Media
Densidad de la roca (gr/cc)	2.53

Fuente: Elaboración propia

Tabla 48

Número Total de taladros del Py. 031-3900

N° Total de taladros del Py. 031-3900	
Ubicación	Tajo Tantahuatay lado oeste
N° total de taladros	225 taladros
Tal. Ayuda	42 taladros
Tal. Buffer:	83 taladros
Tal. Producción con Air Deck	75 taladros
Tal. Producción sin Air Deck	25 taladros

Fuente: Elaboración propia

Figura 61. Hoja de Diseño de Carga con Airdeck – Py. 031-3900.

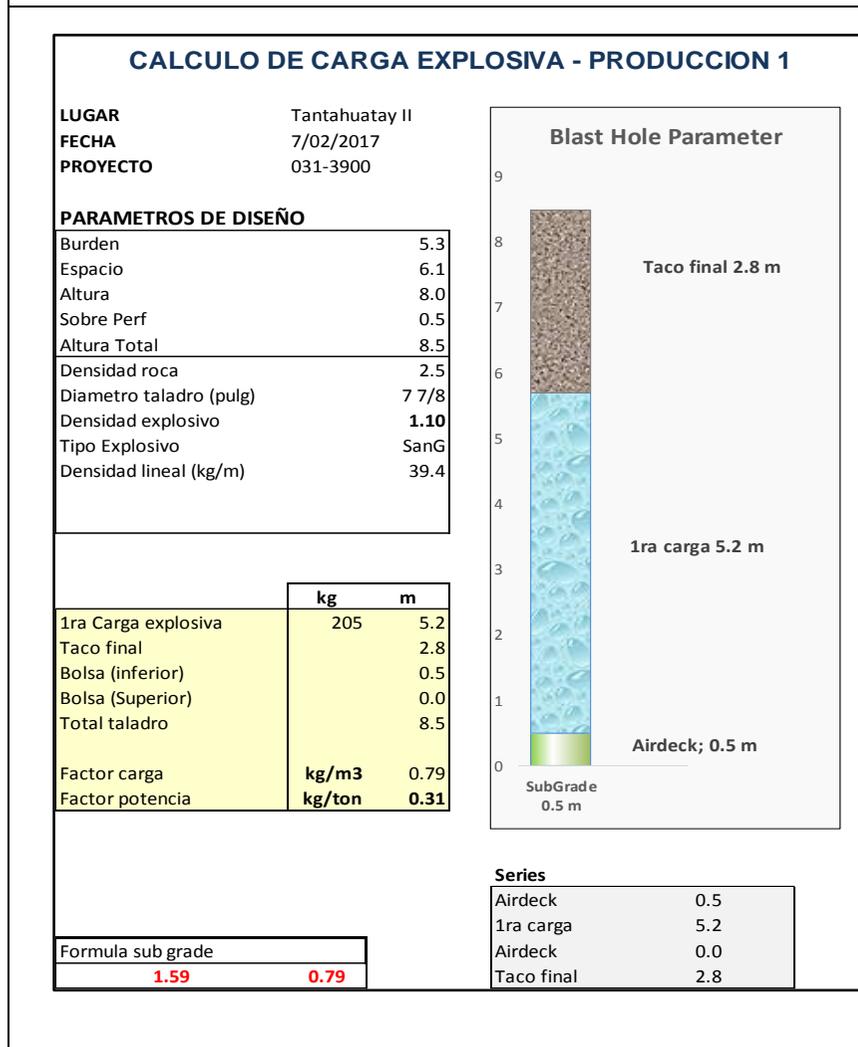
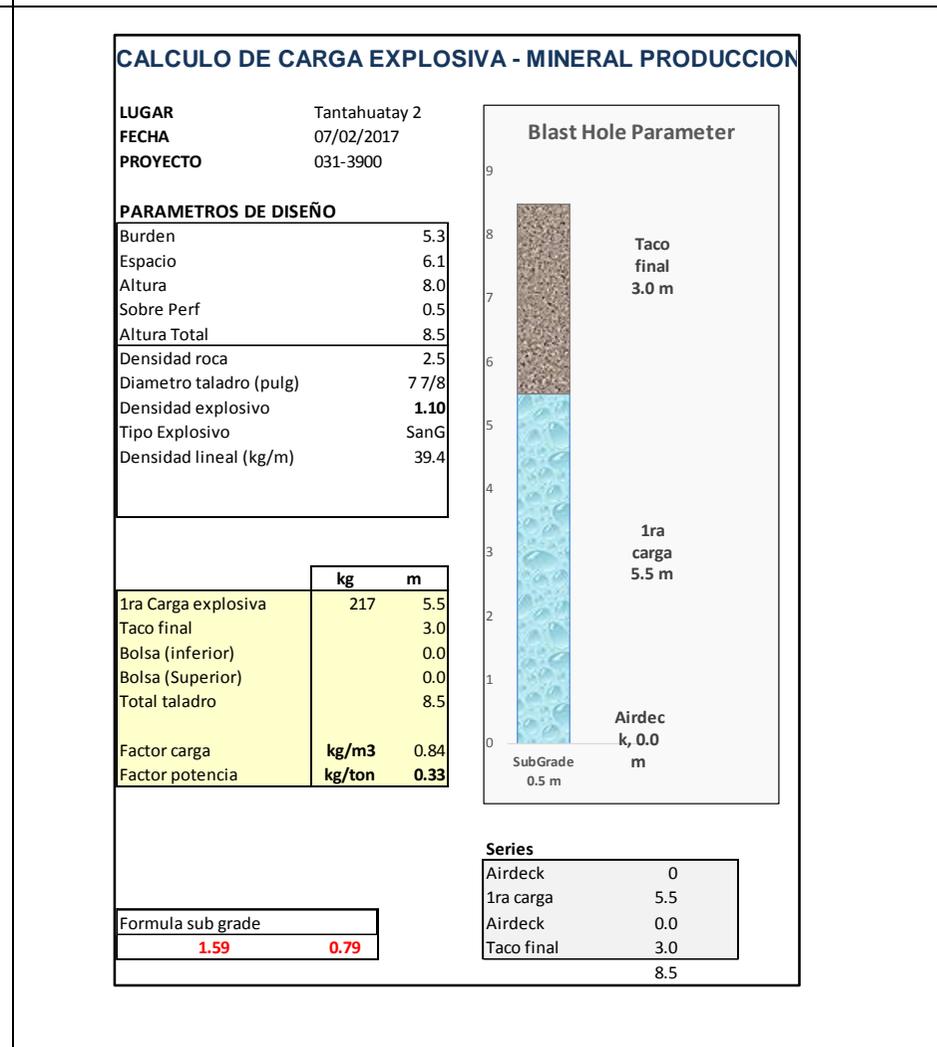
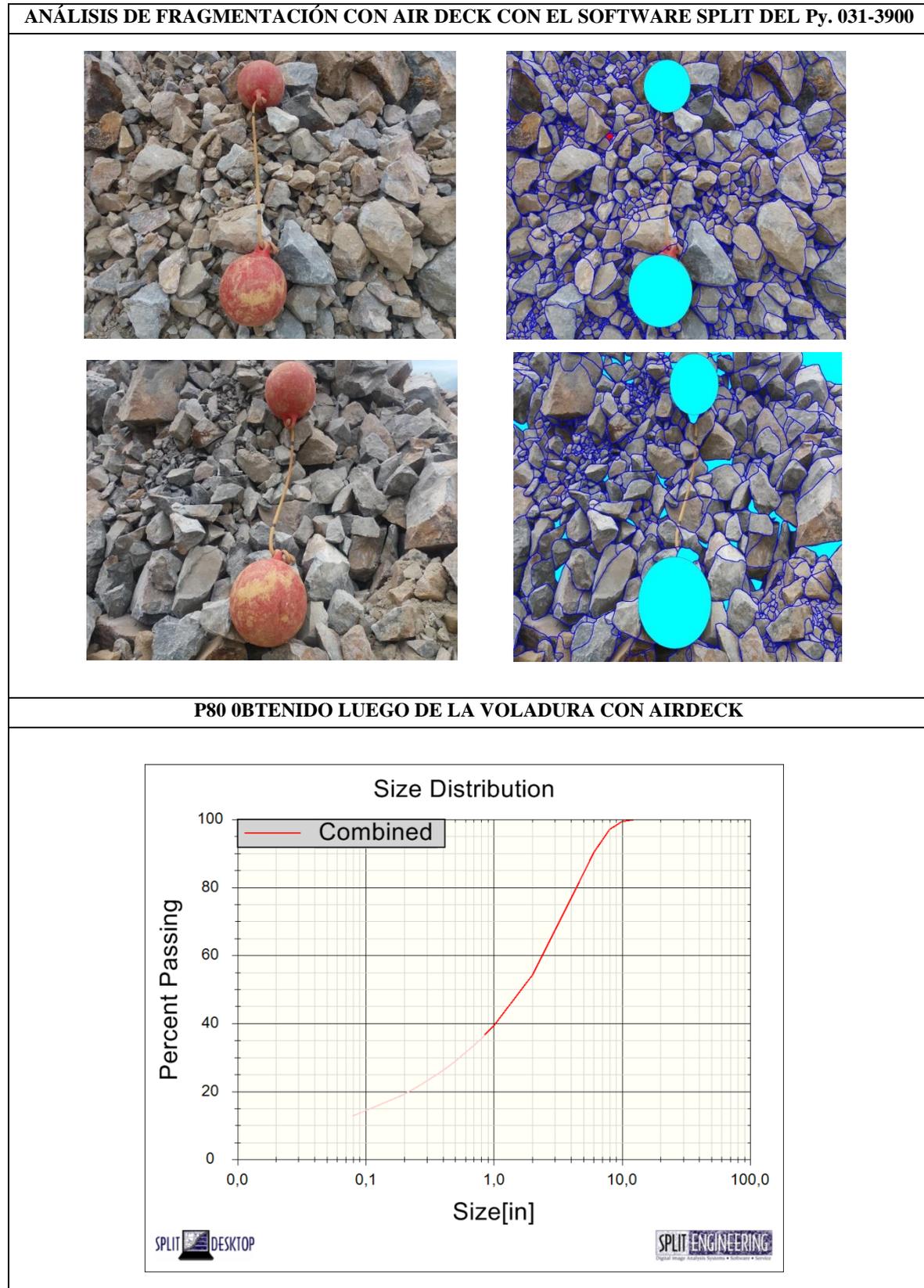


Figura 62. Hoja de Diseño de Carga sin Airdeck- Py. 031-3900.



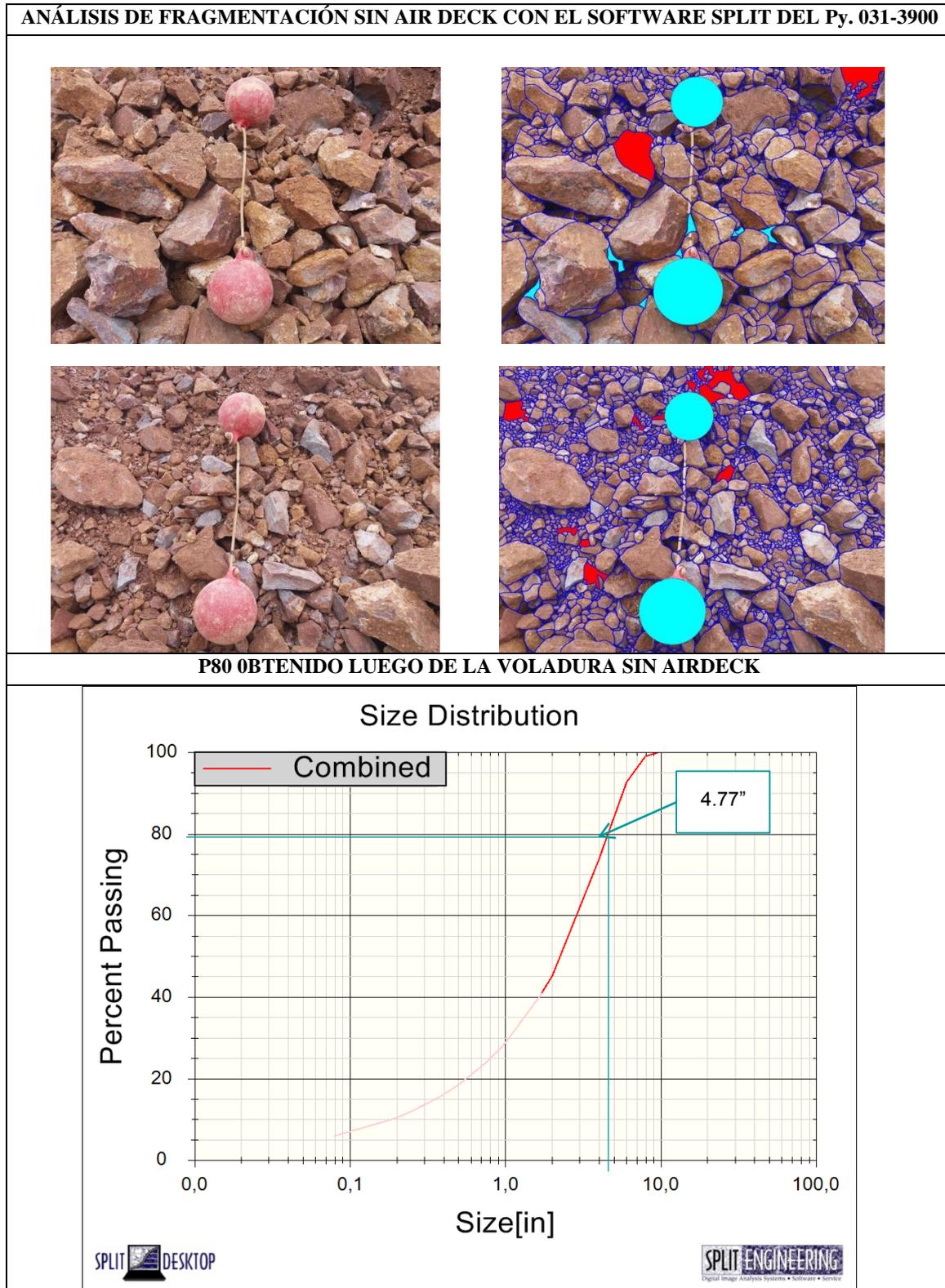
Fuente: Elaboración propia

Figura 63. Análisis de fragmentación Post Voladura con air deck Cartuflex del Py. 031-3900



Fuente: Elaboración propia

Figura 64. Análisis de fragmentación Post Voladura sin air deck Cartuflex del Py. 031-3900



Fuente: Elaboración propia

Tabla 49

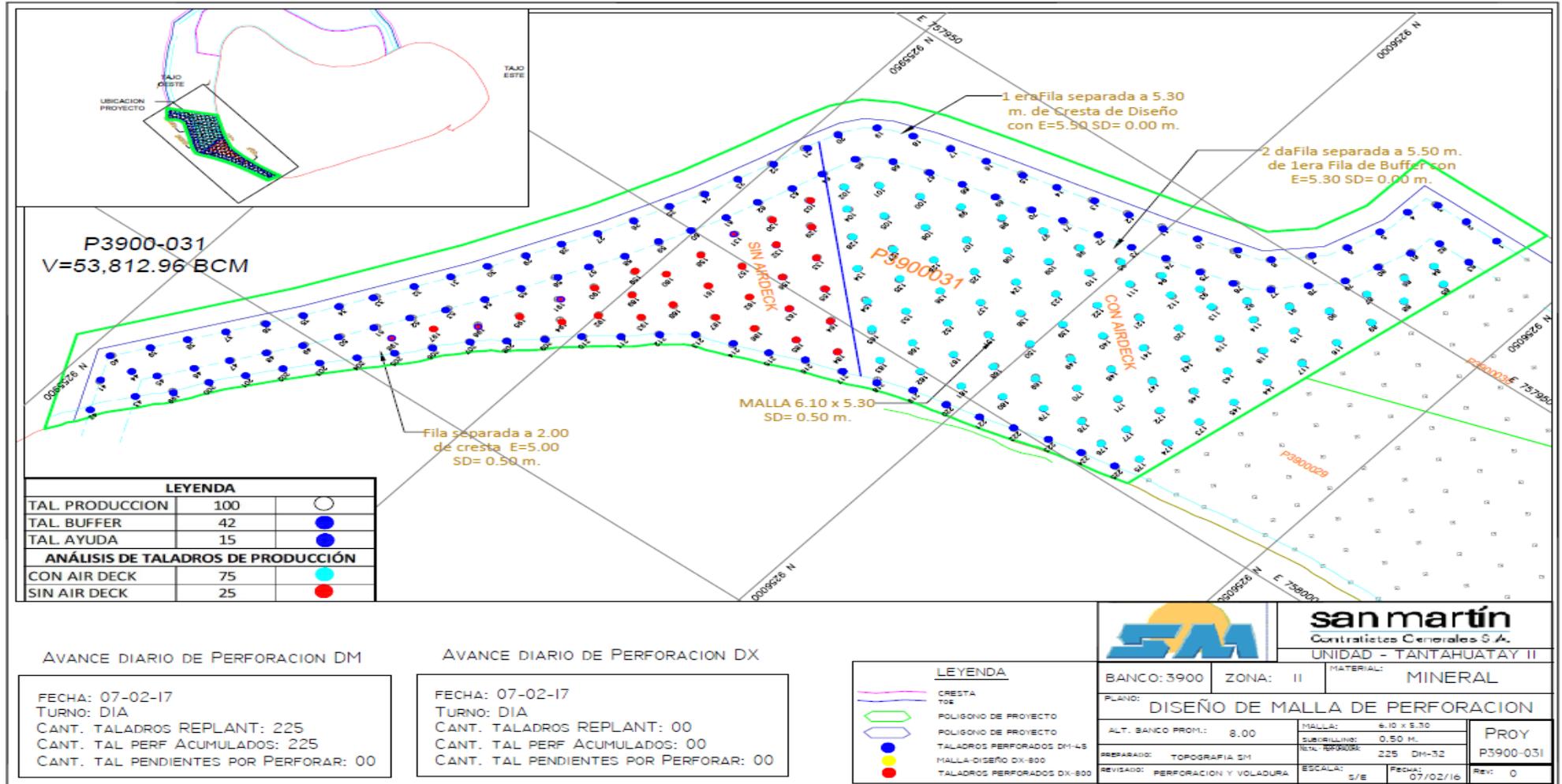
Determinación de P80 del Py. 031-3900.

ANÁLISIS DE FRAGMENTACIÓN - TAJO TANTAHUATAY PY. 031-3900.						
Fecha de toma	Hora de toma	AIR DECK	Fotos procesadas	Material	P80 esperado (pulg)	P80 real (pulg)
07-feb	12:45 a.m.	SI	2	Mineral	4.3	4.25
07-feb	12:45 a.m.	NO	2	Mineral	4.8	4.77

Fuente: *Elaboración propia.*

De las muestras obtenidas en campo, se analizó las fotografías en el software Split. Los resultados obtenidos fueron; al usar air deck se logró un P80 de 4.25” y en los taladros que se cargaron sin air deck se obtuvo un P80 de 4.77”, con una malla de 5.3 x 6.1 m, para una roca de dureza media.

Plano N° 16. Diseño de plano final con los taladros analizados del Py. 031-3900.



Fuente: Área de Topografía - San Martín Contratistas Generales S.A

- **Bco. 3940 - Proyecto 047**

Se realizó el disparo de este proyecto el día 11 de Febrero del 2017 en el banco 3940, con las siguientes características:

Tabla 50

Descripción del Py. 047-3940

Descripción del Py. 047-3940	
Ubicación	Tajo Tantahuatay lado oeste
Fecha	11/02/2017
Núm. de taladros	191 taladros
Diámetro	7 7/8”
Longitud	8.5 m
Malla	5.3 x 6.1 m
P80 esperado	4.3”
Explosivo	San G
Tipo de voladura	Electrónica.
Tipo de roca	Media
Densidad de la roca (gr/cc)	2.53

Fuente: Elaboración propia

Tabla 51

Número Total de taladros del Py. 047-3940

N° Total de taladros del Py. 047-3940	
Ubicación	Tajo Tantahuatay lado oeste
N° total de taladros	191 taladros
Tal. Producción con Air Deck	110 taladros
Tal. Producción sin Air Deck	81 taladros

Fuente: Elaboración propia

Figura 65. Hoja de Diseño de Carga con Airdeck – Py. 047-3940.

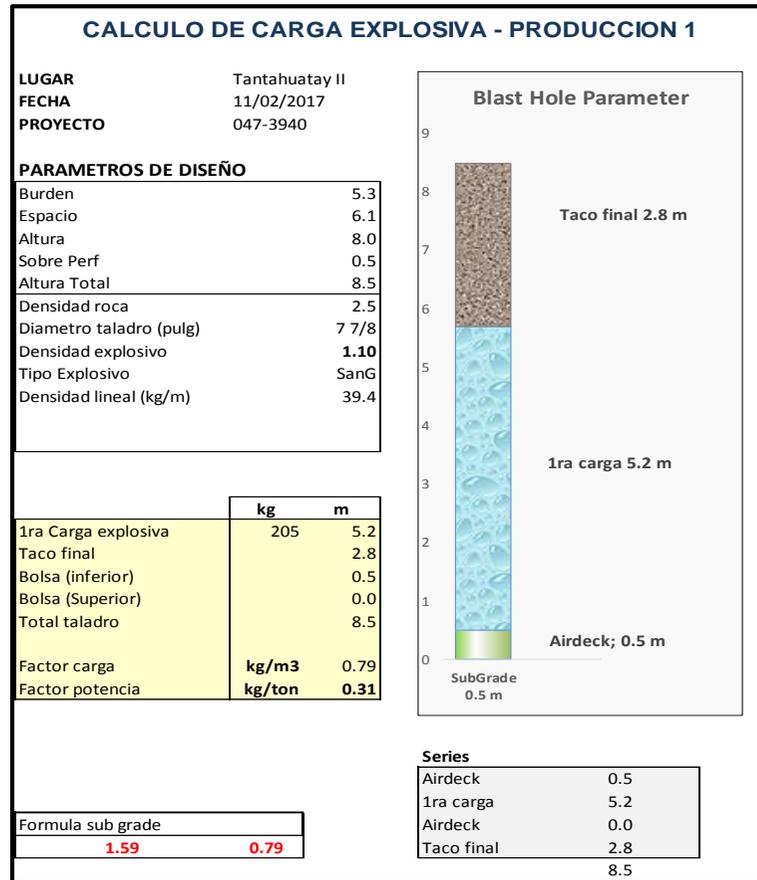
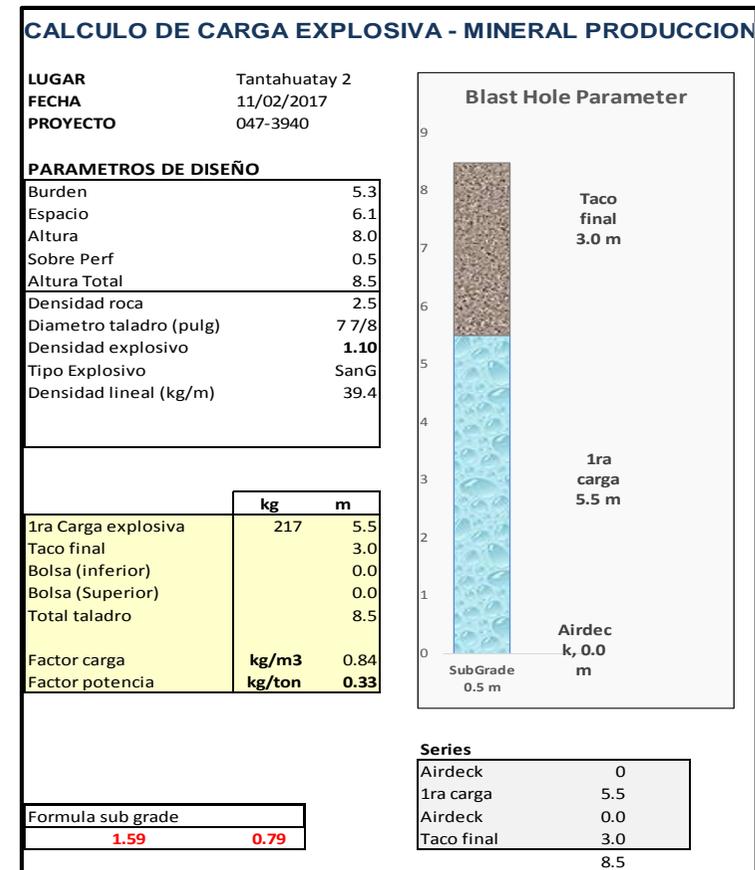
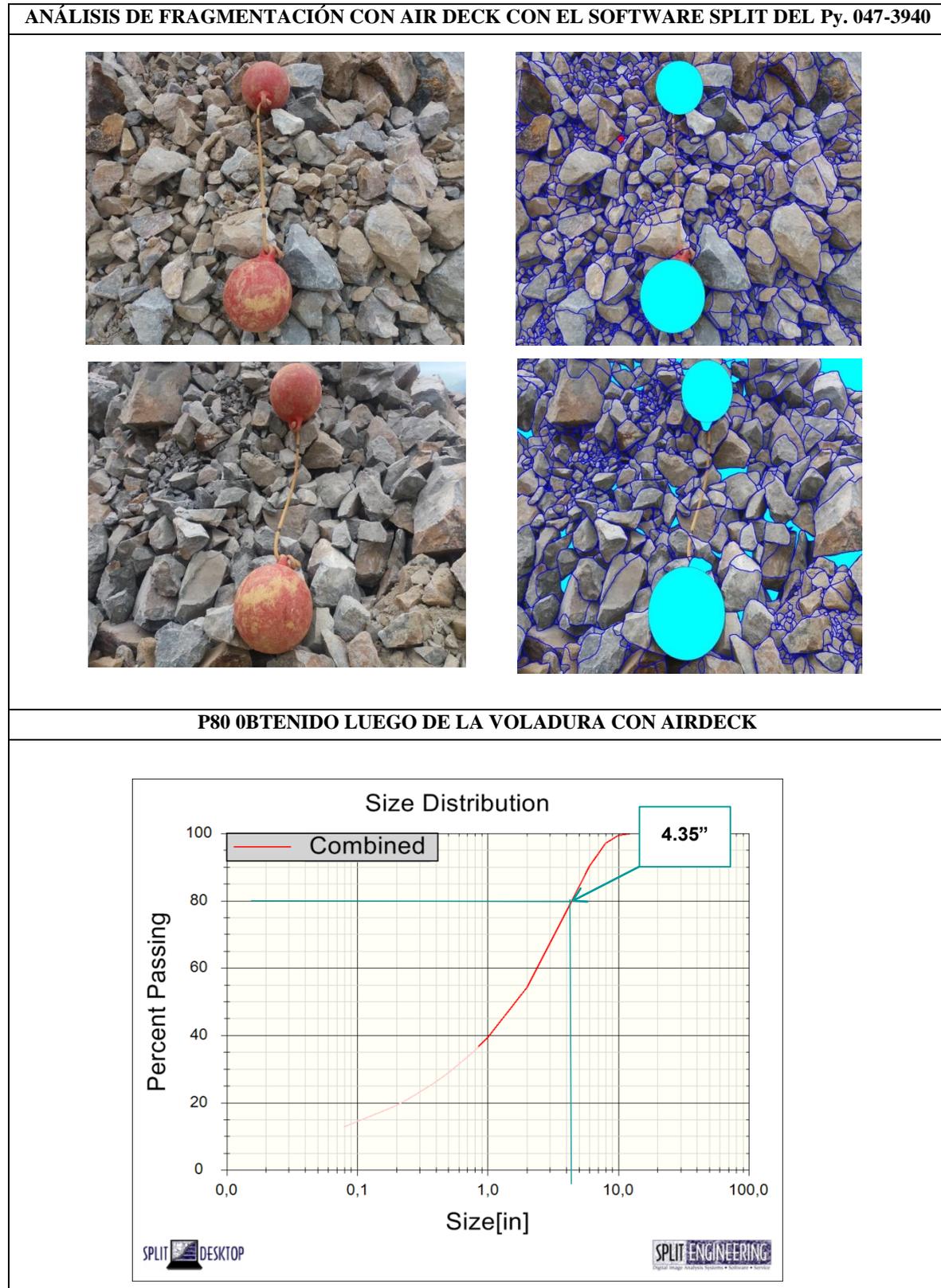


Figura 66. Hoja de Diseño de Carga sin Airdeck- Py. 047-3940



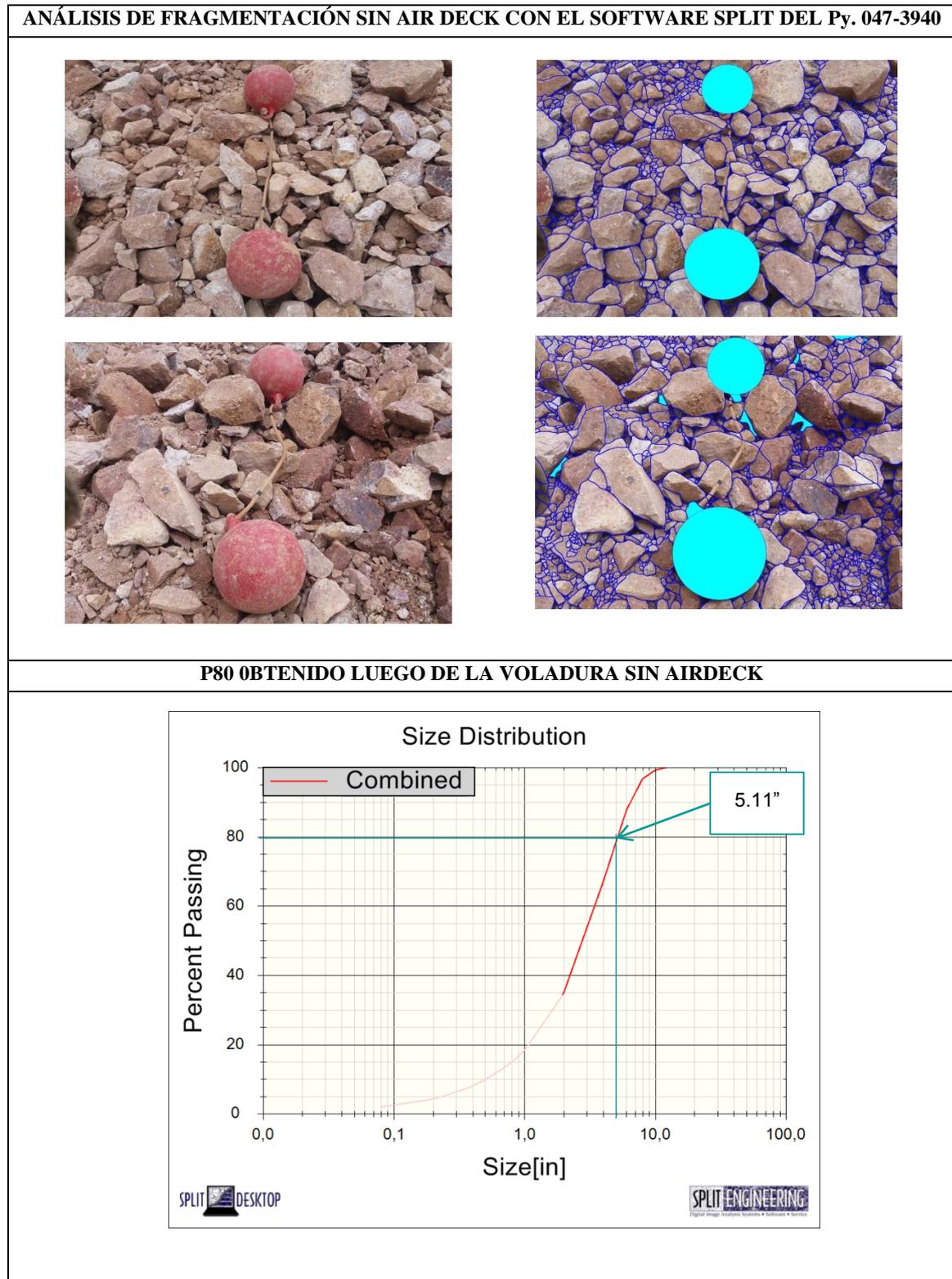
Fuente: Elaboración propia

Figura 67. Análisis de fragmentación Post Voladura con air deck Cartuflex del Py. 047-3940



Fuente: Elaboración propia

Figura 68. Análisis de fragmentación Post Voladura sin air deck Cartuflex del Py. 047-3940



Fuente: Elaboración propia

Tabla 52

Determinación de P80 del Py. 047-3940.

ANÁLISIS DE FRAGMENTACIÓN - TAJO TANTAHUATAY PY. 047-3940.						
Fecha de toma	Hora de toma	AIR DECK	Fotos procesadas	Material	P80 esperado (pulg)	P80 real (pulg)
11-feb	12:30 a.m.	SI	2	Mineral	4.3	4.35
11-feb	12:30 a.m.	NO	2	Mineral	4.8	5.11

Fuente: Elaboración propia.

De las muestras obtenidas en campo, se analizó las fotografías en el software Split.. Los resultados obtenidos fueron; al usar air deck se logró un P80 de 4.35” y en los taladros que se cargaron sin air deck se obtuvo un P80 de 5.11”, con una malla de 5.3 x 6.1 m, para una roca de dureza media.

- **Bco. 3932 - Proyecto 025**

Se realizó el disparo de este proyecto el día 27 de febrero del 2017 en el banco 3932. Con las siguientes características:

Tabla 53

Descripción del Py. 025-3932.

Descripción del Py. 025-3932	
Ubicación	Tajo Tantahuatay lado oeste
Fecha	27/02/2017
Núm. de taladros	115 taladros
Diámetro	7 7/8”
Longitud	8.5 m
Malla	4.5 x 5.2 m
P80 esperado	4.3”
Explosivo	San G
Tipo de voladura	Electrónica.
Tipo de roca	Dura
Densidad de la roca (gr/cc)	2.53

Fuente: Elaboración propia

Tabla 54

Nº Total de taladros del Py. 025-3932.

Nº Total de taladros del Py. 025-3932	
Ubicación :	Tajo Tantahuatay lado oeste
Nº total de taladros:	115 taladros
Tal. Ayuda :	15 taladros
Tal. Buffer :	55 taladros
Tal. Producción con Air Deck :	70 taladros
Tal. Producción sin Air Deck :	45 taladros
Nº total de taladros:	115 taladros

Fuente: Elaboración propia

Figura 69. Hoja de Diseño de Carga con Airdeck- Py. 025-3932.

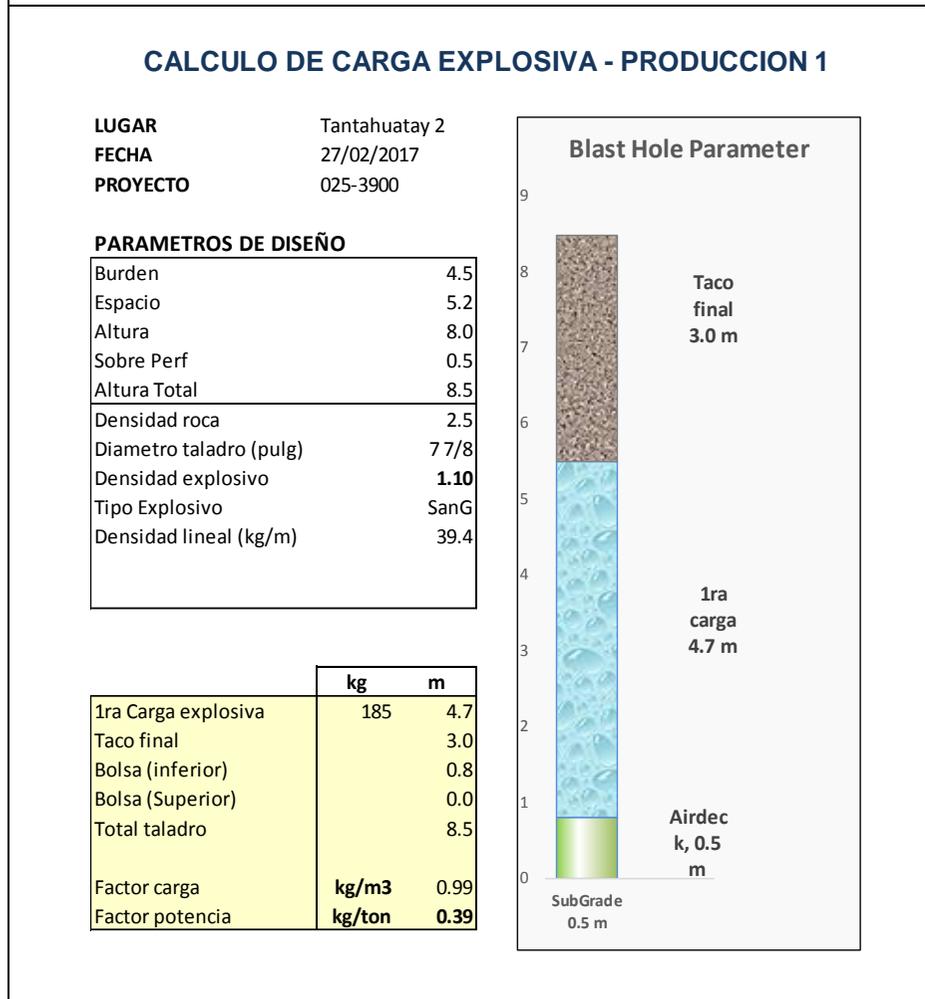
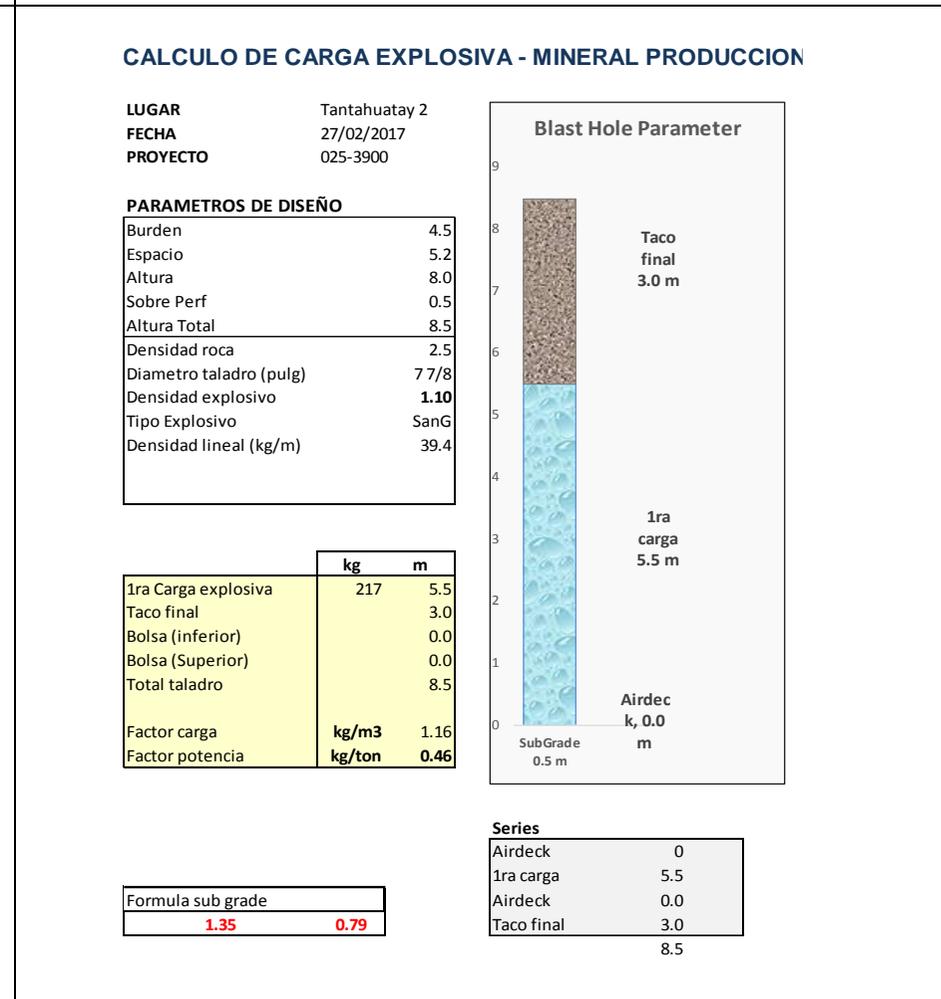


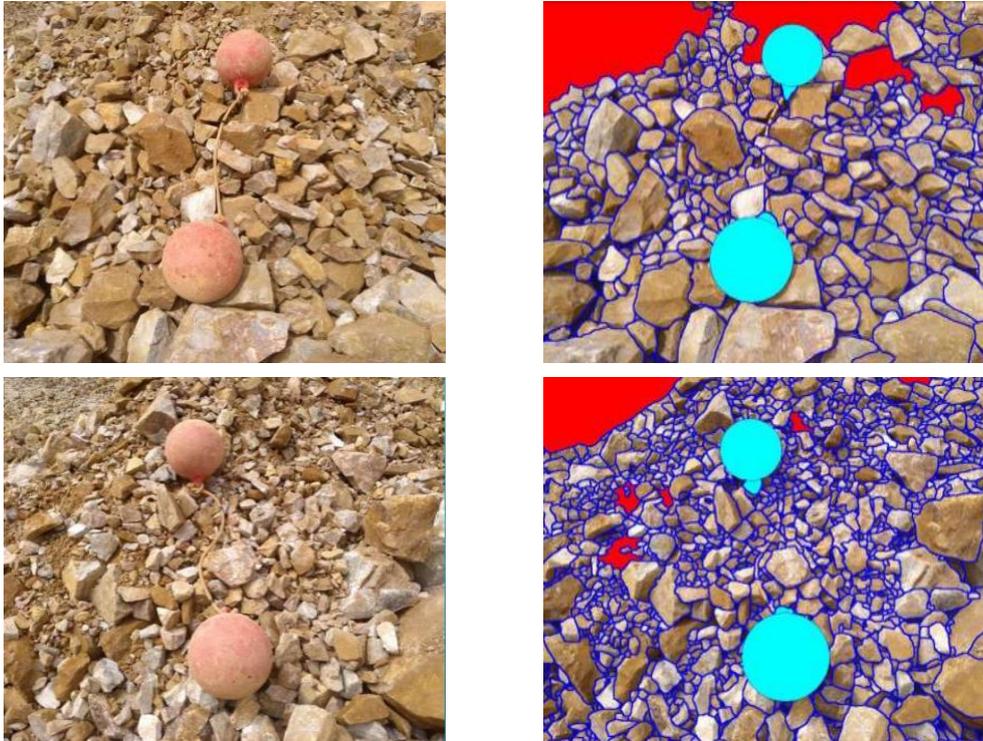
Figura 70. Hoja de Diseño de Carga sin Airdeck- Py. 025-3932.



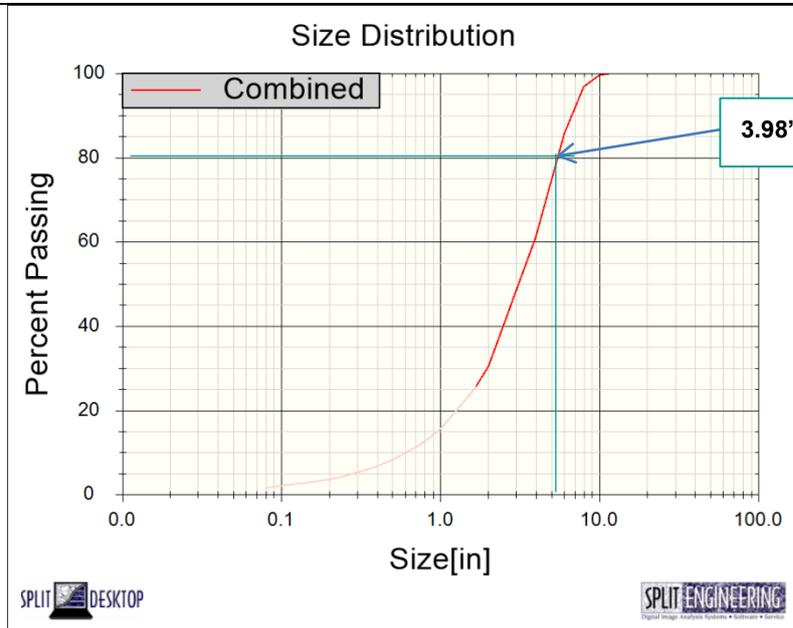
Fuente: Elaboración propia

Figura 71. Análisis de fragmentación Post Voladura con air deck Cartuflex del Py. 025-3932

ANÁLISIS DE FRAGMENTACIÓN POST VOLADURA CON EL SOFTWARE SPLIT del Py.025-3932

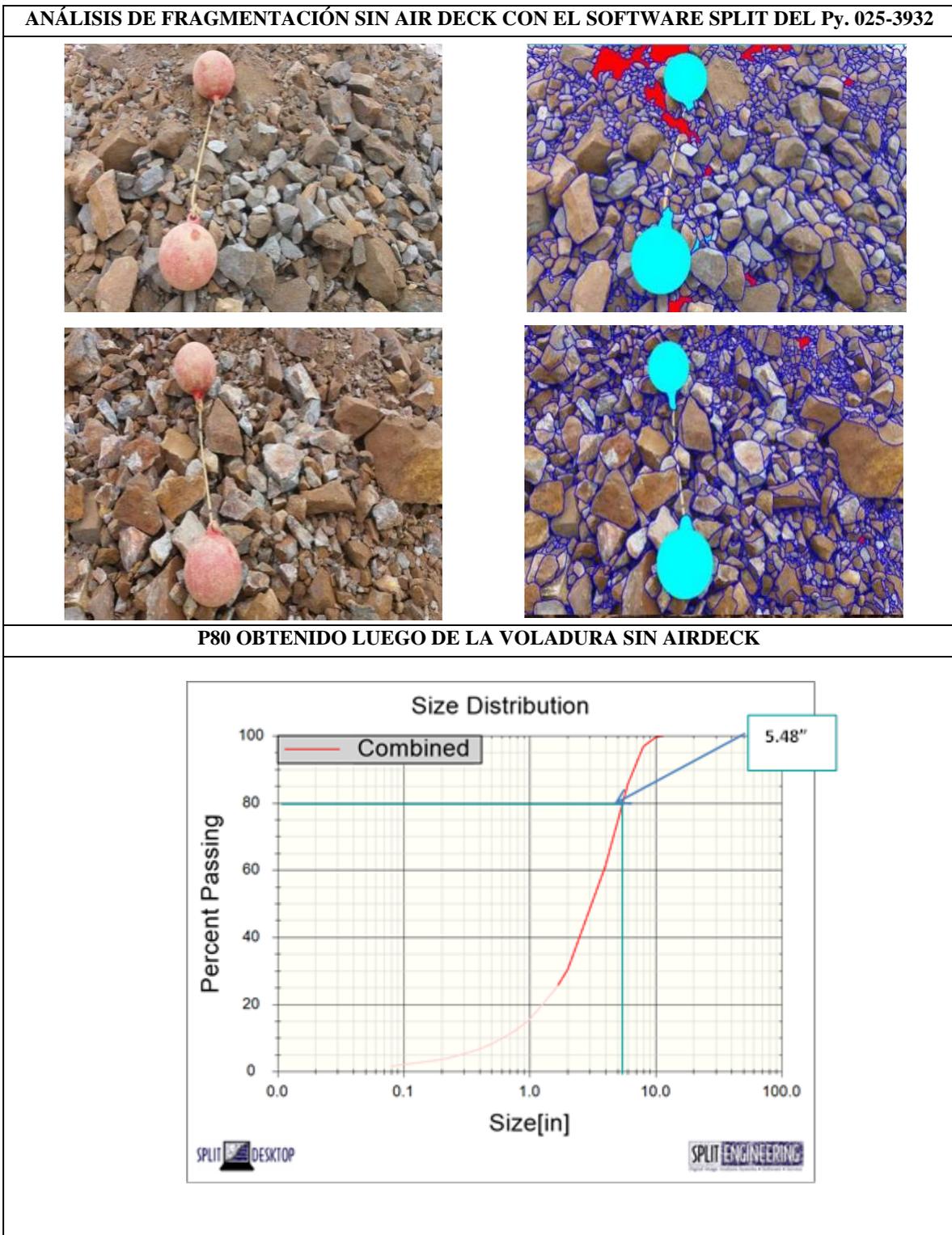


P80 OBTENIDO LUEGO DE LA VOLADURA CON AIRDECK



Fuente: Elaboración propia.

Figura 72. Análisis de fragmentación Post Voladura sin air deck Cartuflex del Py. 025-3932



Fuente: Elaboración propia

Tabla 55

Determinación de P80 del Py. 025-3932

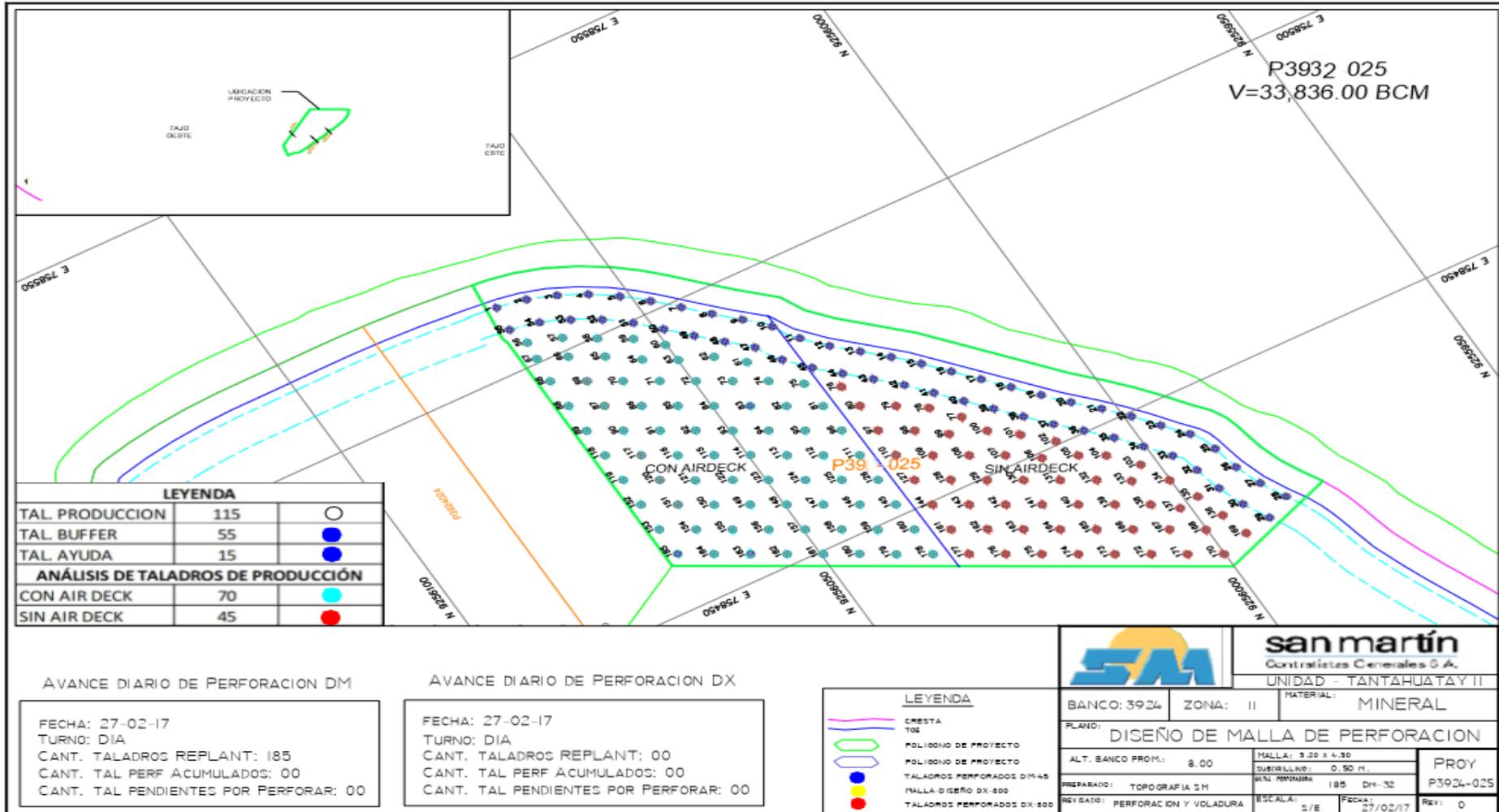
Fuente: Elaboración propia

ANÁLISIS DE FRAGMENTACIÓN - TAJO TANTAHUATAY PY. 32-3916

Fecha de toma	Hora de toma	AIR DECK	Fotos procesadas	Material	P80 esperado (pulg)	P80 real (pulg)
27-Feb	12:15 a.m.	SI	2	Mineral	4.3	4.16
27-Feb	12:15 a.m.	NO	2	Mineral	4.8	5.67

De las muestras obtenidas en campo, se analizó las fotografías en el software Split Desktop. Como resultado obtuvimos que en los taladros de producción en los que se usó air deck genera un P80 de 4.25” y en los taladros que se cargaron sin air deck se obtuvo un P80 de 4.16 inch con una malla de 5.3 x 6.1m, para una roca media.

Plano N° 18. Diseño de plano final con los taladros analizados del Py. 025-3932



Fuente: Área de Topografía - San Martín Contratistas Generales S.A

- **Bco. 3900 - Proyecto 035**

Se realizó el disparo de este proyecto el día 03 de Marzo del 2017 en el banco 3900, con las siguientes características:

Tabla 56

Descripción del Py. 035-3900

Resumen del Py. 035-3900	
Ubicación	Tajo Tantahuatay lado oeste
Fecha	03/03/2017
Núm. de taladros	135 taladros
Diámetro	7 7/8”
Longitud	8.5 m
Malla	5.1 x 5.9 m
P80 esperado	4”
Explosivo	San G
Tipo de voladura	Electrónica.
Tipo de roca	Medio
Densidad de la roca (gr/cc)	2.53

Fuente: Elaboración propia

Tabla 57

Número Total de taladros del Py. 035-3900

N° Total de taladros del Py. 035-3900	
Ubicación	Tajo Tantahuatay lado oeste
N° total de taladros	135 taladros
Tal. Ayuda	05 taladros
Tal. Buffer	53 taladros
Tal. Producción con Air Deck	42 taladros
Tal. Producción sin Air Deck	35 taladros

Fuente: Elaboración propia

Figura 73. Hoja de Diseño de Carga con Airdeck – Py. 035-3900.

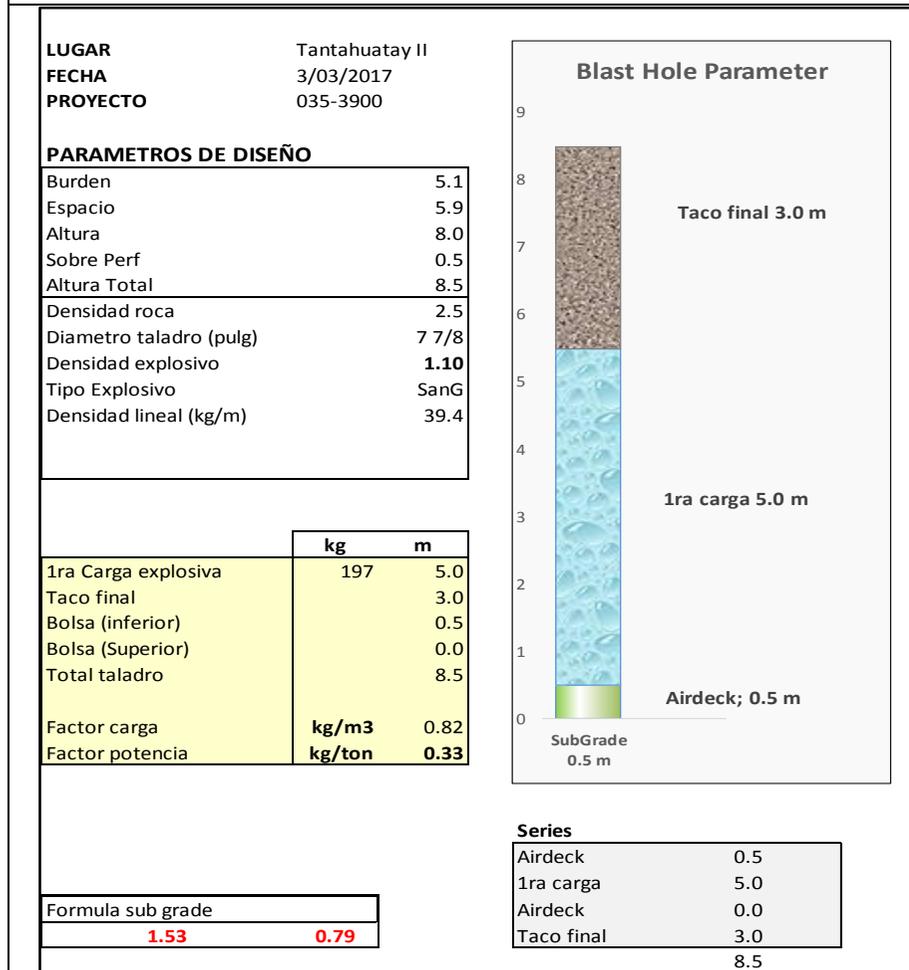
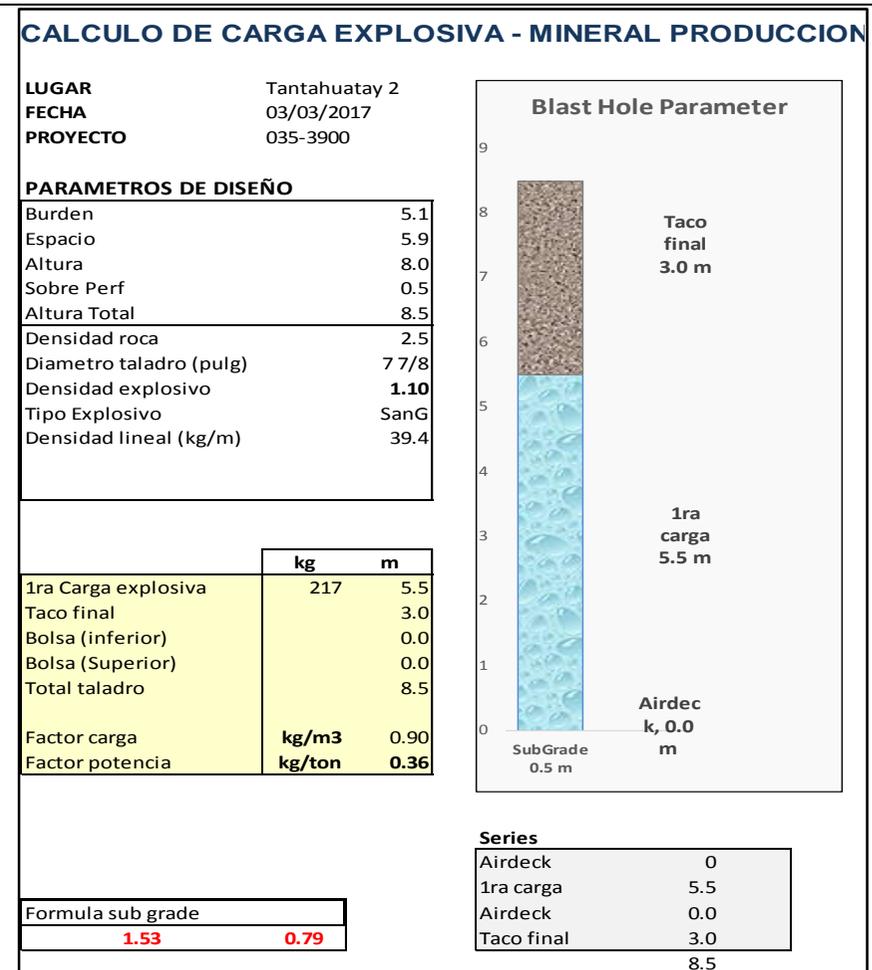
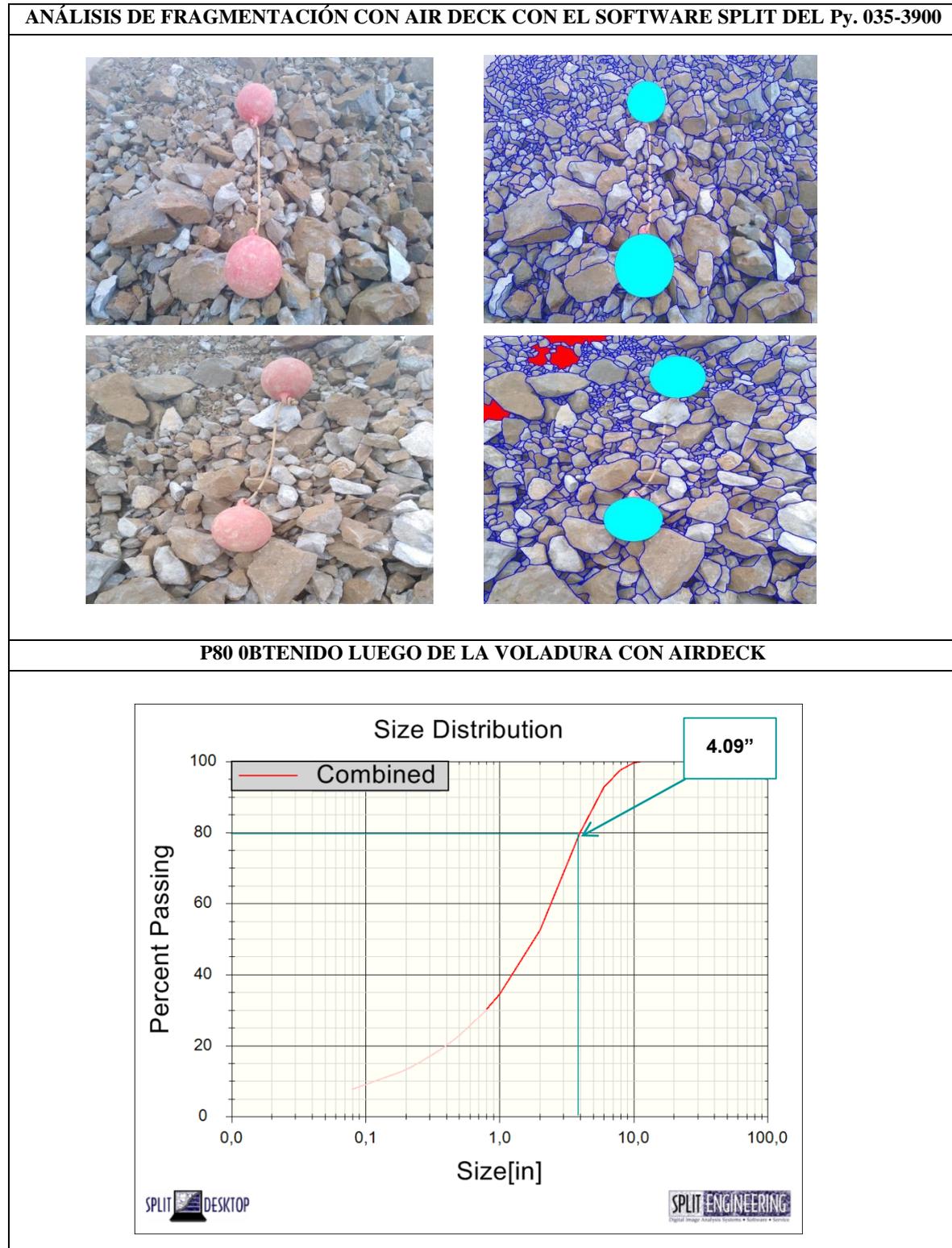


Figura 74. Hoja de Diseño de Carga sin Airdeck- Py. 035-3900



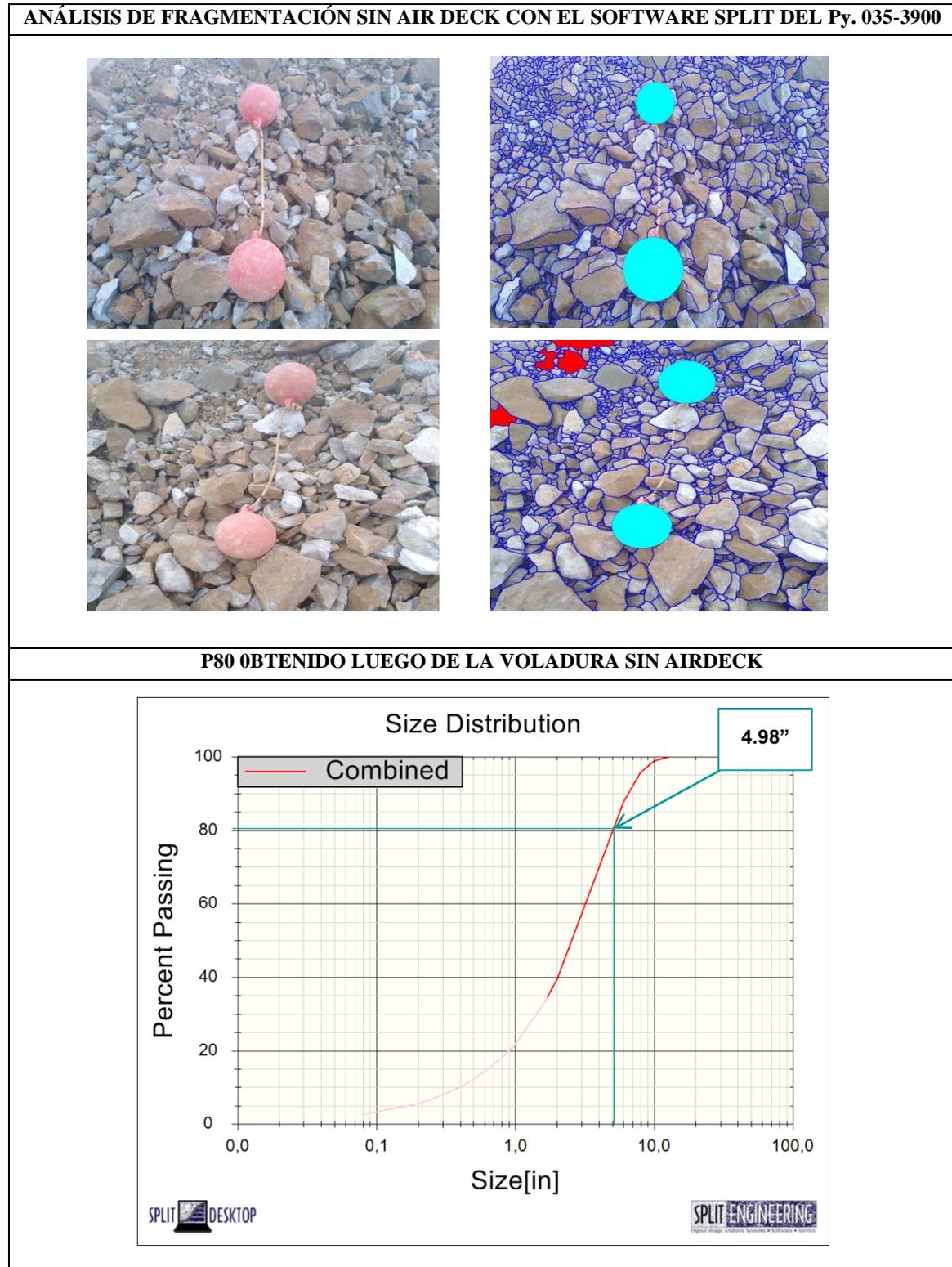
Fuente: Elaboración propia

Figura 75 Análisis de fragmentación Post Voladura con air deck Cartuflex del Py. 035-3900



Fuente: Elaboración propia

Figura 76. Análisis de fragmentación Post Voladura sin air deck Cartuflex del Py. 035-3900



Fuente: Elaboración propia

Tabla 58

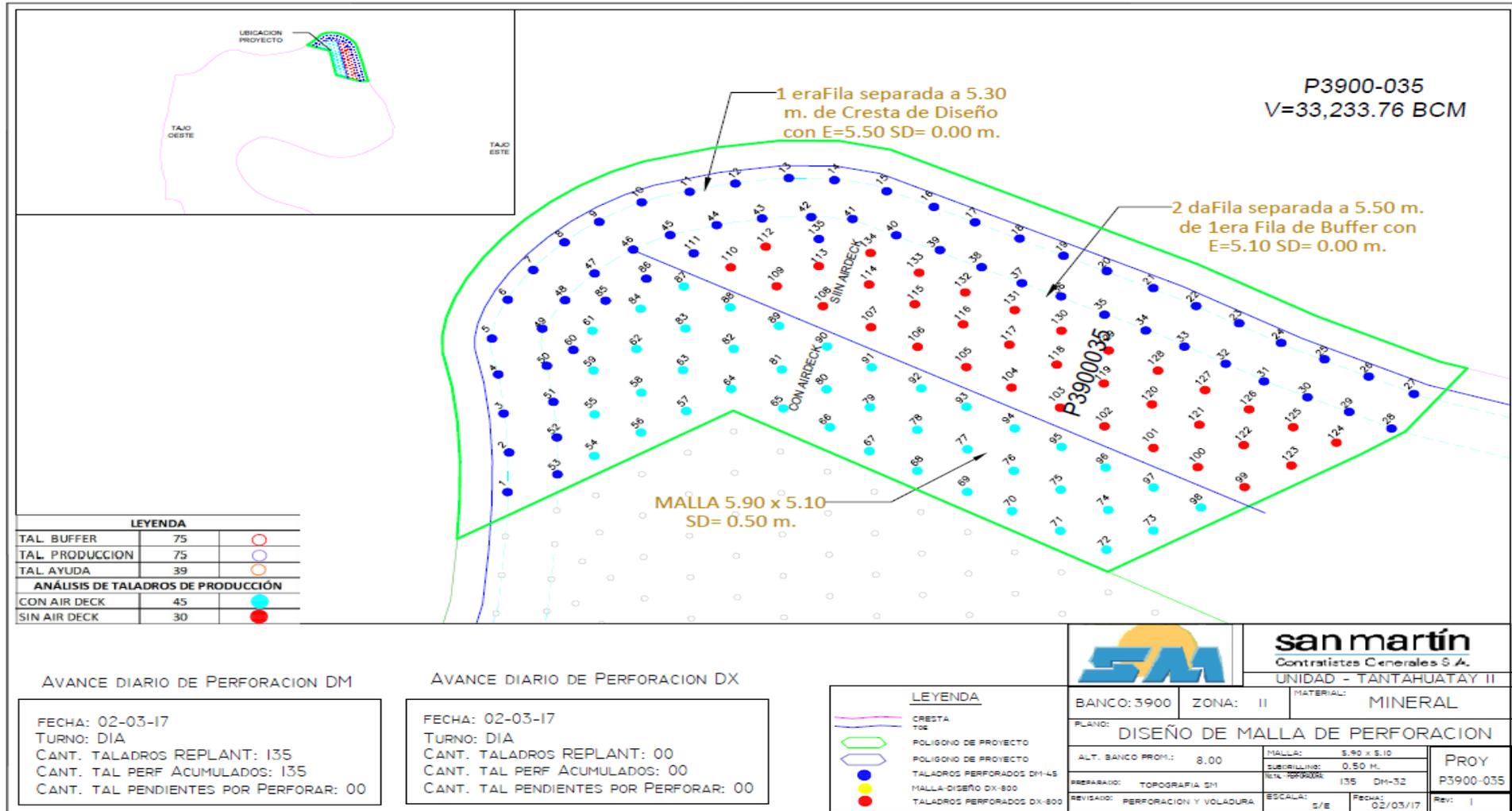
Determinación de P80 del Py. 035-3900.

ANÁLISIS DE FRAGMENTACIÓN - TAJO TANTAHUATAY PY. 035-3900						
Fecha de toma	Hora de toma	AIR DECK	Fotos procesadas	Material	P80 esperado (pulg)	P80 real (pulg)
03-mar	12:45 a.m.	SI	2	Mineral	4	4.09
03-mar	12:45 a.m.	NO	2	Mineral	4.5	4.98

Fuente: Elaboración propia.

De las muestras obtenidas en campo, se analizó las fotografías en el software Split. Los resultados obtenidos fueron; al usar air deck se logró un P80 de 4.09” y en los taladros que se cargaron sin air deck se obtuvo un P80 de 4.98”, con una malla de 5.1 x 5.9 m, para una roca media.

Plano N° 19. Diseño de plano final con los taladros analizados del Py. 035-3900



Fuente: Área de Topografía - San Martín Contratistas Generales S.A

- **Bco. 3900 - Proyecto 036**

Se realizó el disparo de este proyecto el día 06 de Marzo del 2017 en el banco 3900, con las siguientes características:

Tabla 59

Descripción del Py. 036-3900

Resumen del Py. 036-3900	
Ubicación	Tajo Tantahuatay lado oeste
Fecha	06/03/2017
Núm. de taladros	135 taladros
Diámetro	7 7/8”
Longitud	8.5 m
Malla	5.1 x 5.9 m
P80 esperado	4”
Explosivo	San G
Tipo de voladura	Electrónica.
Tipo de roca	Medio
Densidad de la roca (gr/cc)	2.53

Fuente: Elaboración propia

Tabla 60

Número Total de taladros del Py. 036-3900

N° Total de taladros del Py. 036-3900	
Ubicación	Tajo Tantahuatay lado oeste
N° total de taladros	135 taladros
Tal. Ayuda	05 taladros
Tal. Buffer	53 taladros
Tal. Producción con Air Deck	42 taladros
Tal. Producción sin Air Deck	35 taladros

Fuente: Elaboración propia

Figura 77. Hoja de Diseño de Carga con Airdeck – Py. 036-3900.

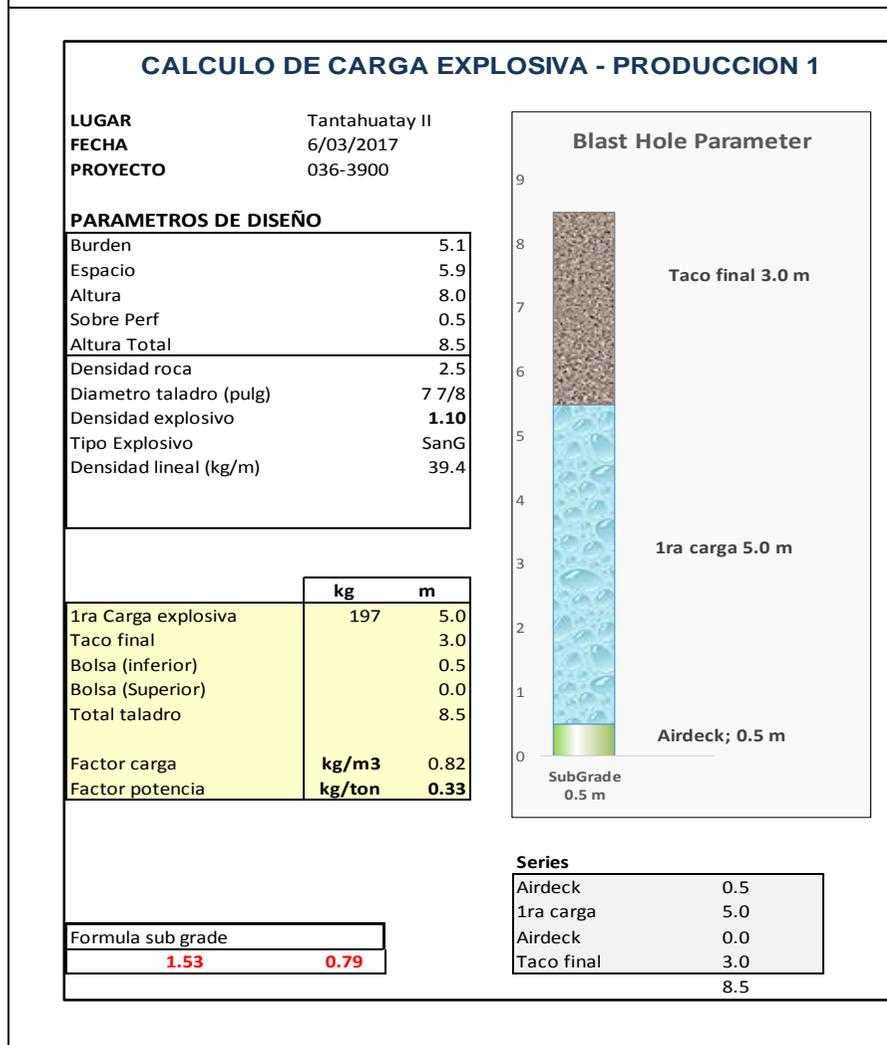
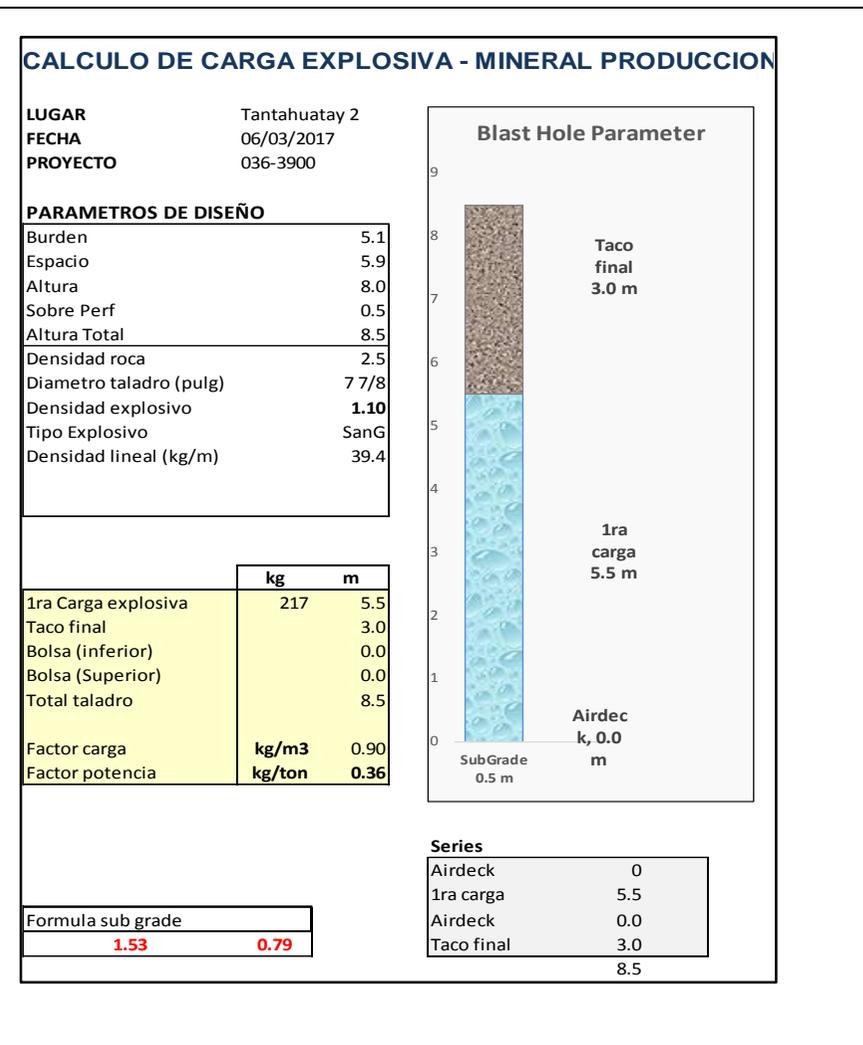
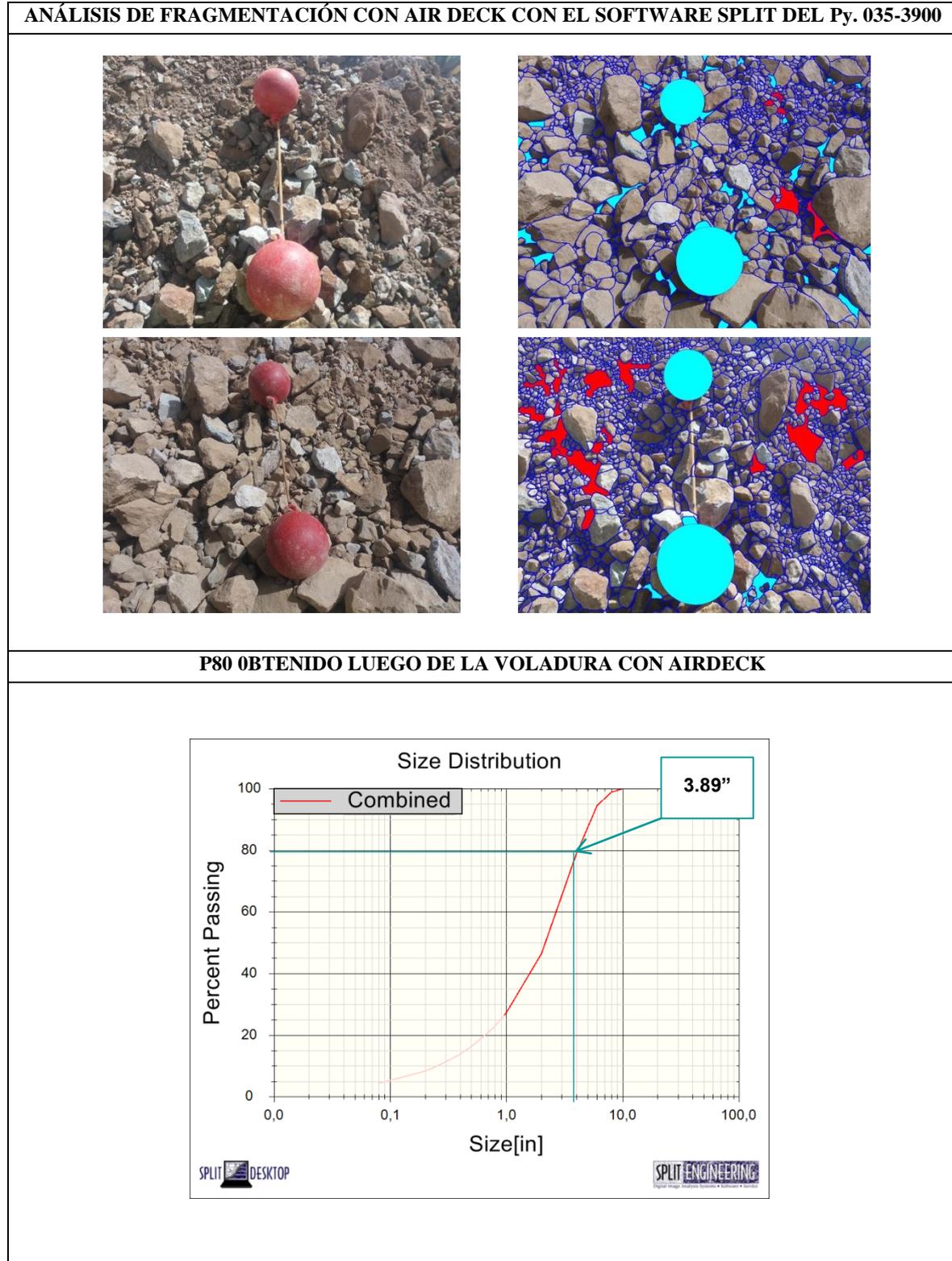


Figura 78. Hoja de Diseño de Carga sin Airdeck- Py. 036-3900



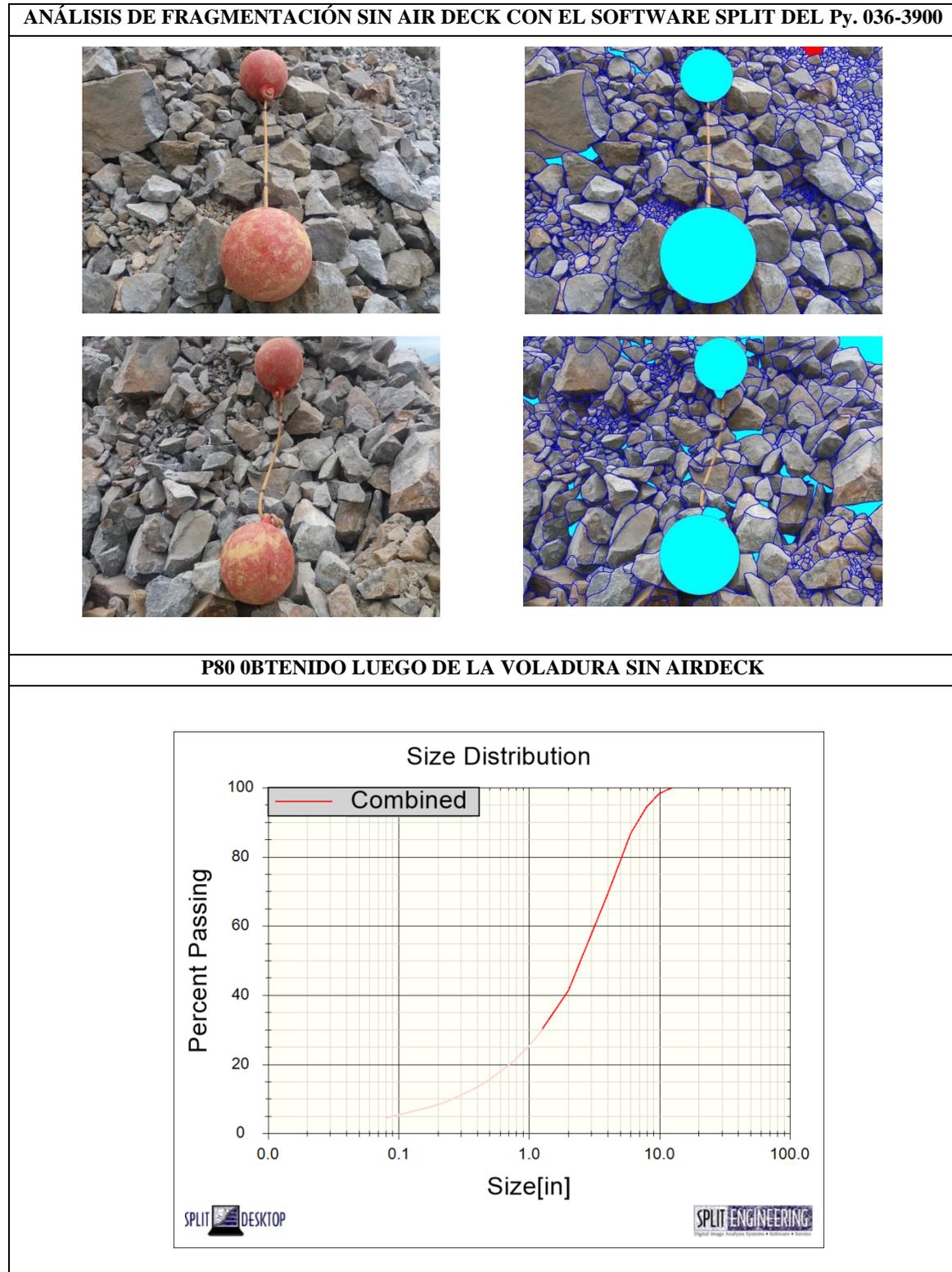
Fuente: Elaboración propia

Figura 79. Análisis de fragmentación Post Voladura con air deck Cartuflex del Py. 036-3900



Fuente: Elaboración propia

Figura 80. Análisis de fragmentación Post Voladura sin air deck Cartuflex del Py. 036-3900



Fuente: Elaboración propia

Tabla 61

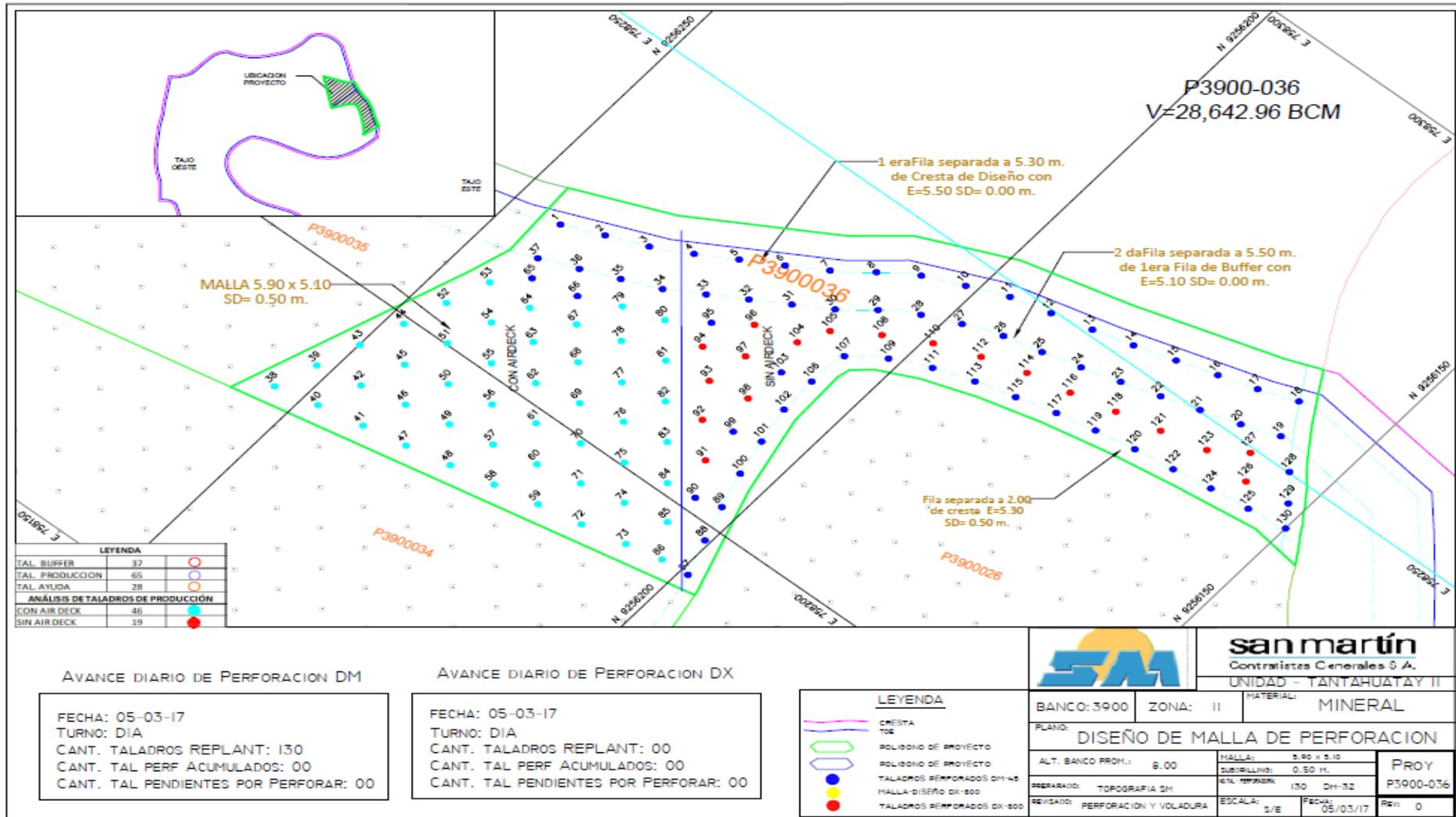
Determinación de P80 del Py. 036-3900.

ANÁLISIS DE FRAGMENTACIÓN - TAJO TANTAHUATAY PY. 036-3900						
Fecha de toma	Hora de toma	AIR DECK	Fotos procesadas	Material	P80 esperado (pulg)	P80 real (pulg)
06-mar	12:35 a.m.	SI	2	Mineral	4	3.89
06-mar	12:35 a.m.	NO	2	Mineral	4.5	5.14

Fuente: *Elaboración propia.*

De las muestras obtenidas en campo, se analizó las fotografías en el software Split. Los resultados obtenidos fueron; al usar air deck se logró un P80 de 3.89” y en los taladros que se cargaron sin air deck se obtuvo un P80 de 5.14”, con una malla de 5.1 x 5.9 m, para una roca media.

Plano N° 20. Diseño de plano final con los taladros analizados del Py. 036-3900.



Fuente: Área de Topografía - San Martín Contratistas Generales S.A

- **Bco. 3892 - Proyecto 018**

Se realizó el disparo de este proyecto el día 10 de Marzo del 2017 en el banco 3892, con las siguientes características:

Tabla 62

Descripción del Py. 018-3892

Resumen del Py. 018-3892	
Ubicación	Tajo Tantahuatay lado oeste
Fecha	10/03/2017
Núm. de taladros	189 taladros
Diámetro	7 7/8”
Longitud	8.5 m
Malla	5.3 x 6.1 m
P80 esperado	4.3”
Explosivo	San G
Tipo de voladura	Electrónica.
Tipo de roca	Media
Densidad de la roca (gr/cc)	2.53

Fuente: Elaboración propia

Tabla 63

Número Total de taladros del Py. 018-3892

N° Total de taladros del Py. 018-3892	
Ubicación	Tajo Tantahuatay lado oeste
N° total de taladros	189 taladros
Tal. Ayuda	39 taladros
Tal. Buffer	75 taladros
Tal. Producción con Air Deck	45 taladros
Tal. Producción sin Air Deck	35 taladros

Fuente: Elaboración propia

Figura 81. Hoja de Diseño de Carga con Airdeck – Py. 018-3892.

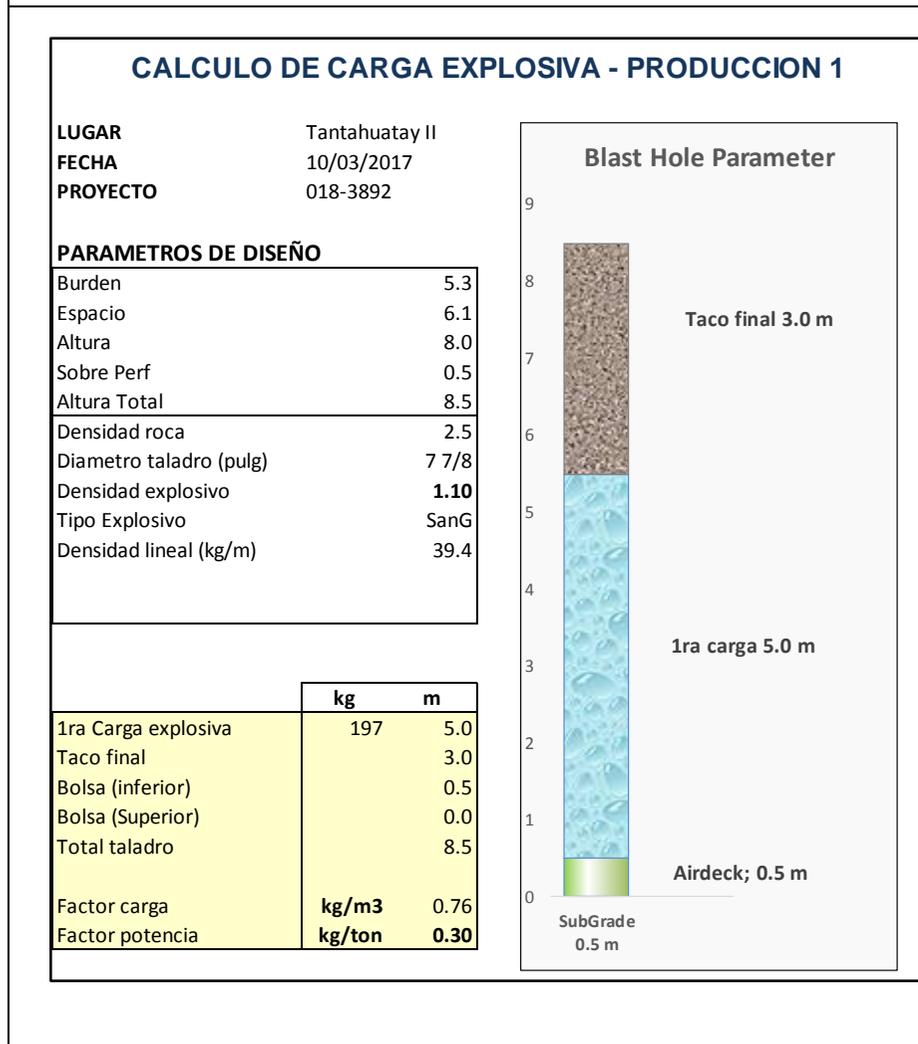
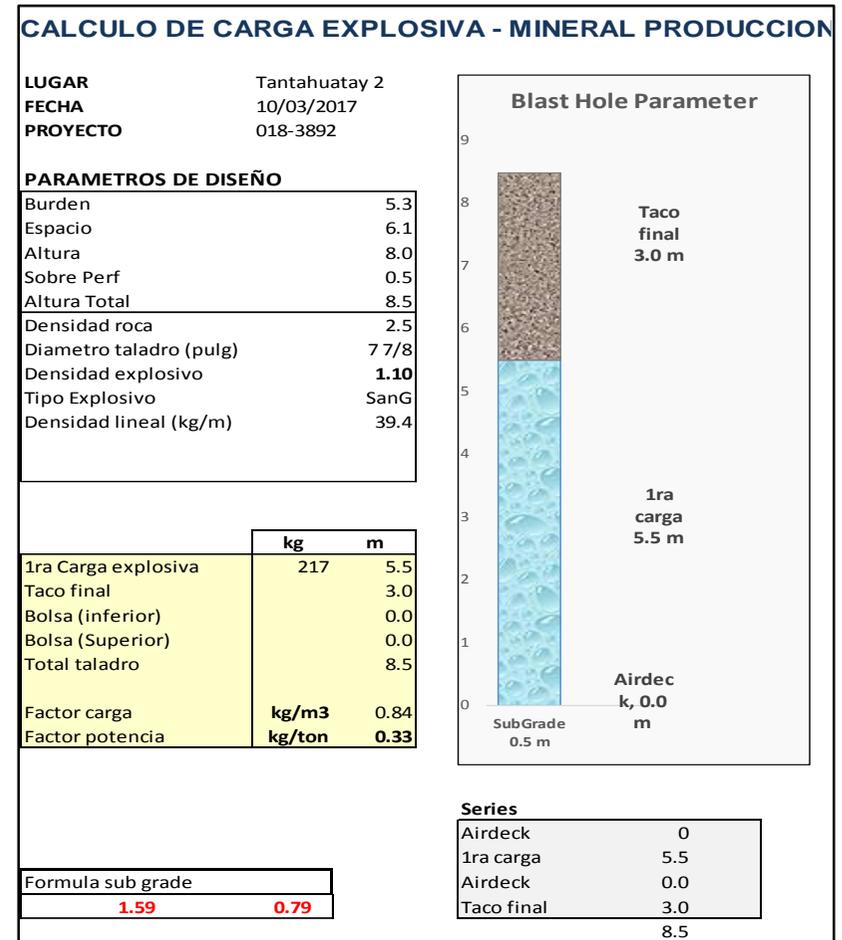
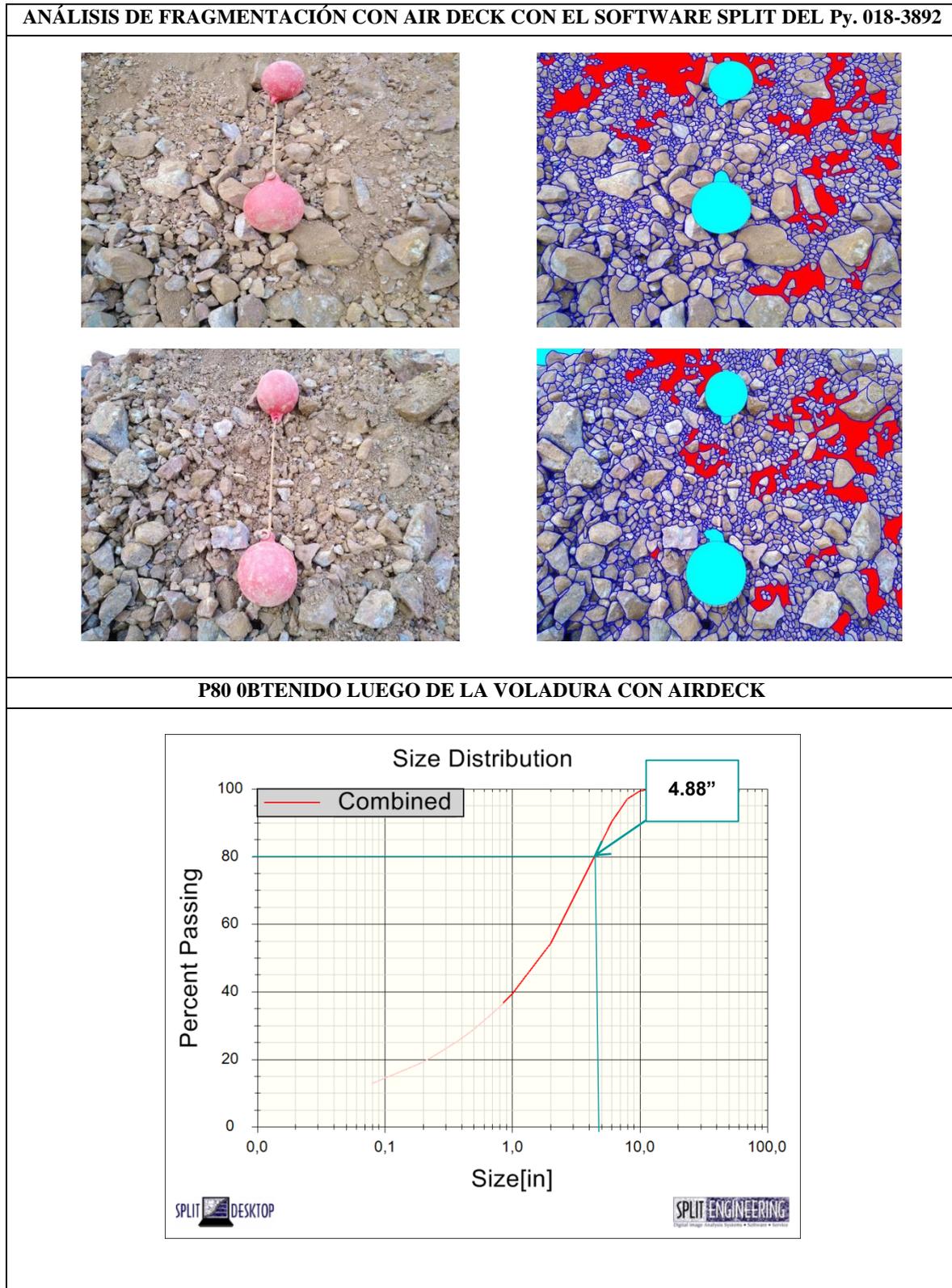


Figura 82. Hoja de Diseño de Carga sin Airdeck- Py. 018-3892.



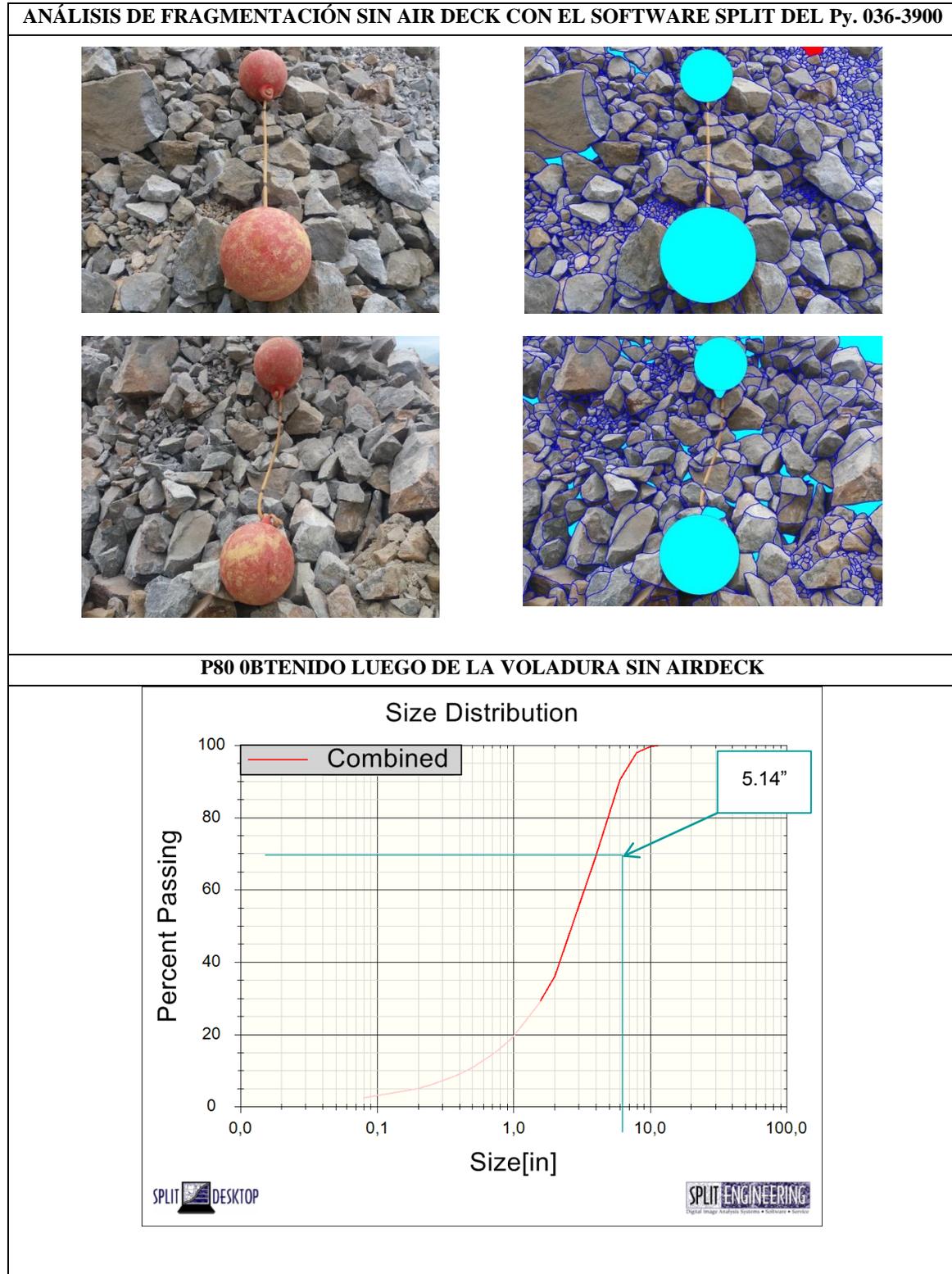
Fuente: Elaboración propia

Figura 83. Análisis de fragmentación Post Voladura con air deck Cartuflex del Py. 018-3892



Fuente: Elaboración propia

Figura 84. Análisis de fragmentación Post Voladura sin air deck Cartuflex del Py. 018-3892.



Fuente: Elaboración propia

Tabla 64

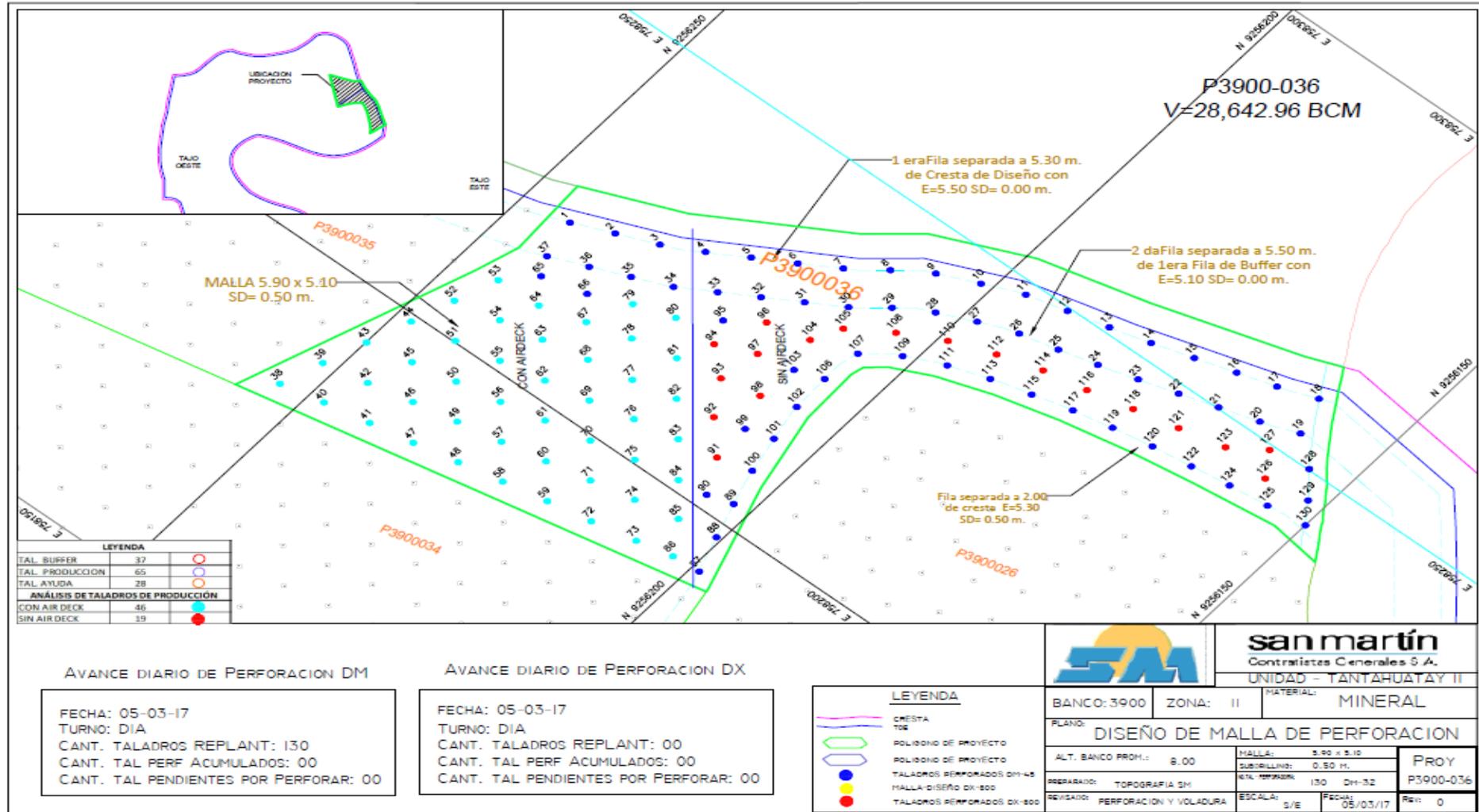
Determinación de P80 del Py. 018-3892.

ANÁLISIS DE FRAGMENTACIÓN - TAJO TANTAHUATAY PY. 018-3892.						
Fecha de toma	Hora de toma	AIR DECK	Fotos procesadas	Material	P80 esperado (pulg)	P80 real (pulg)
10-mar	12:40 a.m.	SI	2	Mineral	4.3	4.38
10-mar	12:40 a.m.	NO	2	Mineral	4.8	4.88

Fuente: Elaboración propia.

De las muestras obtenidas en campo, se analizó las fotografías en el software Split. Los resultados obtenidos fueron; al usar air deck se logró un P80 de 4.38” y en los taladros que se cargaron sin air deck se obtuvo un P80 de 4.88”, con una malla de 5.3 x 6.1 m, para una roca media.

Plano N° 21. Diseño de plano final con los taladros analizados del Py. 018-3892.



Fuente: Área de Topografía - San Martín Contratistas Generales S.A

Los resultados nos indican un ahorro de consumo de explosivo aproximado de 20 kg por cada taladro, al omitir el 0.5m de carga de explosivo en reemplazo del air deck. Se aplicó el diseño de carga establecido para 19 voladuras, en cada proyecto se tomó como muestra solo los taladros de producción y para obtener mejores resultados se evaluó en un mismo proyecto los taladros cargados con y sin Cartuflex. La reducción de costos resulta en un ahorro \$57,442 al año. Con respecto a la granulometría, al hacer uso del Cartuflex para cada tipo de malla, establecida según la dureza de la roca se obtuvieron tamaños de fragmentos de 4.08”, 4.05” y 4.26”.

Tabla 65

Determinación del ahorro de consumo de explosivo durante el mes de Enero.

<i>Item</i>	<i>Sin bolsa</i>	<i>Con bolsa</i>
Kg/Taladro	206	188
Costo SAN-G \$/Kg	0.505	0.505
\$ / Explosivo	104	95
Costo Accesorio (bolsa)	0	6.9
\$ / Taladro	104	101.8
Taladros / año	26,942	
		26,942
Costo	2,802,737	
Anual		2,743,735
Ahorro US\$	59,002.16	

Fuente: Elaboración propia

Al realizar el análisis de costos durante el mes de Enero, se determinó un ahorro de \$59,002, considerando unos 188 kg de explosivo al disminuir los 0.5m de longitud de la columna de carga.

Tabla 66

Determinación de ahorro de consumo de explosivo durante el mes de Febrero.

<i>Item</i>	<i>Sin bolsa</i>	<i>Con bolsa</i>
Kg/Taladro	209	192
Costo SAN-G \$/Kg	0.505	0.505
\$ / Explosivo	106	97
Costo Accesorio (bolsa)	0	6.9
\$ / Taladro	105.8	104.0
Taladros / año	26,942	26,942
Costo Anual	2,850,261	2,801,974
Ahorro US\$	48,286.58	

Fuente: Elaboración propia

Al realizar el análisis de costos durante el mes de Febrero se obtuvo un ahorro de \$48,287, una cantidad menor en comparación a la del mes anterior.

Tabla 67

Determinación de ahorro de consumo de explosivo durante el mes de Marzo.

<i>Item</i>	<i>Sin bolsa</i>	<i>Con bolsa</i>
Kg /Taladro	216	198
Costo SAN-G \$/Kg	0.505	0.505
\$ / Explosivo	109	100
Costo Accesorio (bolsa)	0	6.9
\$ / Taladro	109.3	106.9
Taladros / año	26,942	26,942
Costo Anual	2,944,253	2,879,274
Ahorro US\$	64,978.50	

Fuente: Elaboración propia.

El ahorro determinado durante el mes de Marzo es de 64,978, es el mayor ahorro obtenido de los tres meses en los proyectos evaluados.

De acuerdo a los resultados obtenidos existen variaciones con respecto al ahorro de explosivo obtenido en cada mes, debido a las características geológicas y geotécnicas de la

roca. Además, la recopilación de datos varía en cada mes se recolectó menos datos en el mes de marzo. Para estos cálculos se tomaron únicamente en cuenta el costo de explosivo y el accesorio Cartuflex.

Gráfico 1: Consumo de explosivo por mes.

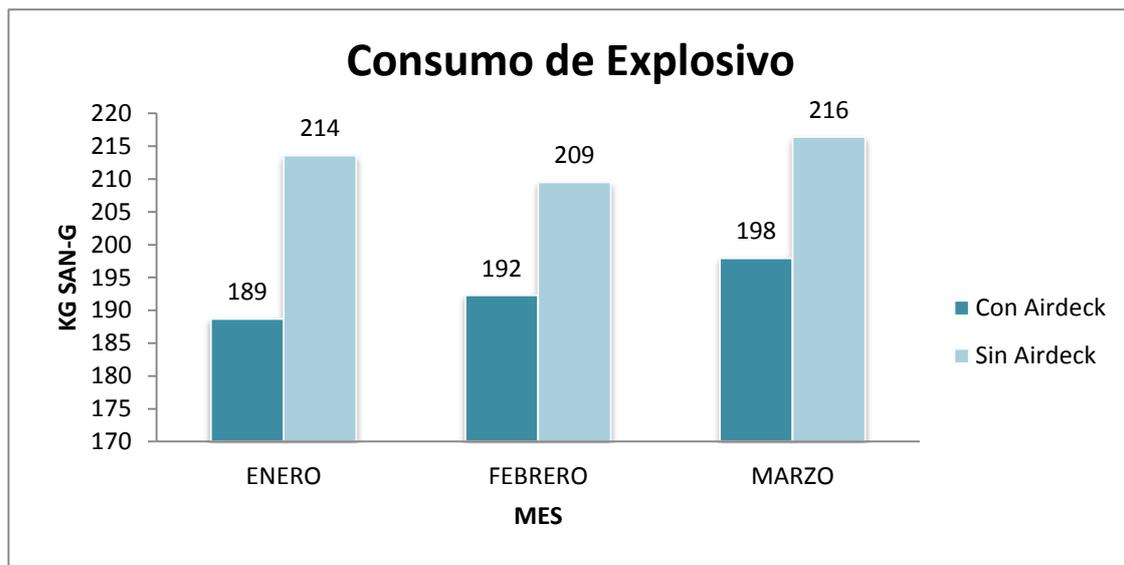


Tabla 68

Ahorro de consumo de explosivo durante los tres meses

MES	AHORRO \$/año
ENERO	59,002
FEBRERO	48,287
MARZO	64,979
PROMEDIO	57,422

Tabla 69

P80 obtenido para roca de dureza dura en taladros con airdeck y sin airdeck

FECHA	PROYECTO	MALLA	TIPO DE ROCA	CON AIR DECK		SIN AIR DECK	
				P80 ESPERADO (Pulg)	P80 REAL (Pulg)	P80 ESPERADO	P80 REAL (Pulg)
19/02/17	Py. 024-3924	4.5 x 5.2 m	Dura	4.20	4.00	5.00	5.48
27/02/17	Py. 025-3932	4.5 x 5.2 m	Dura	4.20	4.16	5.00	5.67

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 70

P80 obtenido para roca de dureza media en taladros con airdeck y sin airdeck

FECHA	PROYECTO	MALLA	TIPO DE ROCA	CON AIR DECK		SIN AIR DECK	
				P80 ESPERADO (Pulg)	P80 REAL (Pulg)	P80 ESPERADO	P80 REAL (Pulg)
13/01/17	Py. 010-3908	5.1 x 5.9 m	Media	4.00	4.15	4.50	4.80
21/02/17	Py. 033-3900	5.1 x 5.9 m	Media	4.00	4.12	4.50	5.30
25/02/17	Py. 034-3900	5.1 x 5.9 m	Media	4.00	3.98	4.50	5.50
03/03/17	Py. 035-3900	5.1 x 5.9 m	Media	4.00	4.09	4.50	4.98
06/03/17	Py. 036-3916	5.1 x 5.9 m	Media	4.00	3.89	4.50	5.14
				Promedio:	4.05		5.14

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 71

P80 obtenido para roca de dureza media en taladros con airdeck y sin airdeck

FECHA	PROYECTO	MALLA	TIPO DE ROCA	CON AIR DECK		SIN AIR DECK	
				P80 ESPERADO (Pulg)	P80 REAL (Pulg)	P80 ESPERADO	P80 REAL (Pulg)
09/01/17	Py. 032-3916	5.3 x 6.1 m	Media	4.30	4.25	4.80	5.15
16/01/17	Py. 011-3908	5.3 x 6.1 m	Media	4.30	4.32	4.80	4.90
18/01/17	Py. 013-3908	5.3 x 6.1 m	Media	4.30	4.24	4.80	5.12
20/01/17	Py. 012-3908	5.3 x 6.1 m	Media	4.30	4.13	4.80	5.02
21/01/17	Py. 029-3900	5.3 x 6.1 m	Media	4.30	4.18	4.80	5.14
24/01/17	Py. 014-3908	5.3 x 6.1 m	Media	4.30	4.12	4.80	4.92
27/01/17	Py. 015-3908	5.3 x 6.1 m	Media	4.30	4.37	4.80	5.02
30/01/17	Py. 030-3900	5.3 x 6.1 m	Media	4.30	4.20	4.80	4.73
05/02/17	Py. 046-3940	5.3 x 6.1 m	Media	4.30	4.32	4.80	4.90
08/02/17	Py. 031-3900	5.3 x 6.1 m	Media	4.30	4.25	4.80	4.77
11/02/17	Py. 047-3940	5.3 x 6.1 m	Media	4.30	4.35	4.80	5.11
10/03/17	Py. 018-3892	5.3 x 6.1 m	Media	4.30	4.38	4.80	4.88
				Promedio:	4.26		4.97

Fuente: Elaboración propia

Tabla 72

Resumen de los proyectos evaluados en U.P. Tantahuatay

DATOS DEL PROYECTO				PARAMETROS					TALADROS			KG UTILIZADOS	
Fecha	Hora	Tajo	Banco	Proyecto	Burden	Espaciamiento	Airdeck	Tipo de roca	TOTAL PRODUCCIÓN	CON AIRDECK	SIN AIRDECK	CON AIRDECK	SIN AIRDECK
9-ene.	12:45	TTHY	3916	32	5.3	6.1	0.5	MEDIA	85	61	24	184	205
13-ene.	12:45	TTHY	3908	10	5.1	5.9	0.5	MEDIA	159	78	81	187	218
16-ene.	12:45	TTHY	3908	11	5.3	6.1	0.5	MEDIA	74	56	18	194	205
18-ene.	12:45	TTHY	3908	13	5.3	6.1	0.5	MEDIA	119	90	29	174	198
20-ene.	12:45	TTHY	3908	12	5.3	6.1	0.5	MEDIA	157	61	96	198	223
21-ene.	12:45	TTHY	3900	29	5.3	6.1	0.5	MEDIA	145	96	49	191	222
24-ene.	12:45	TTHY	3908	14	5.3	6.1	0.5	MEDIA	96	44	52	195	223
27-ene.	12:45	TTHY	3908	15	5.3	6.1	0.5	MEDIA	76	37	39	190	217
29-ene.	12:45	TTHY	3900	30	5.3	6.1	0.5	MEDIA	96	65	31	186	211
5-feb.	12:45	TTHY	3940	046	5.3	6.1	0.5	MEDIA	131	74	57	188	209
7-feb.	12:45	TTHY	3900	031	5.3	6.1	0.5	MEDIA	100	75	25	191	213
11-feb.	12:45	TTHY	3940	047	5.3	6.1	0.5	MEDIA	93	81	12	192	217
19-feb.	12:45	TTHY	3924	024	4.5	5.2	0.5	DURA	159	111	48	194	216
21-feb.	12:45	TTHY	3900	033	5.1	5.9	0.5	MEDIA	111	83	28	193	214
25-feb.	12:45	TTHY	3900	034	5.1	5.9	0.5	MEDIA	161	94	67	196	217
27-feb.	12:45	TTHY	3924	025	4.5	5.2	0.5	DURA	115	70	45	191	180
3-mar.	12:45	TTHY	3900	35	5.1	5.9	0.5	MEDIA	77	42	35	192	215
6-mar.	12:45	TTHY	3900	36	5.1	5.9	0.5	MEDIA	65	46	19	200	211
10-mar.	12:45	TTHY	3892	18	5.3	6.1	0.5	MEDIA	75	45	30	202	223
											SAN-G PROMEDIO	191	213

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

Al utilizar el air deck Cartuflex en los taladros de producción se logrará disminuir entre 20 a 30 Kg. de San G por cada taladro a volar, obteniendo un ahorro aproximado de 57,000 dólares americanos por año. Un taladro con air deck tendrá un costo que variará entre 100 a 105 dólares americanos y el costo sin air deck oscilará entre 105 a 110 dólares americanos. Donde, al utilizar el air deck de 0.5 metros solo se utiliza 5 metros de carga de San G por taladro y sin air deck se utiliza 5.50 metros; del mismo modo, este nos ayudará en la mejora de la fragmentación, según el tipo de terreno; para un terreno de dureza media con air deck obtendremos un P80 aproximado de 4” a 4.5”, y sin air deck un P80 aproximado de 4.5” a 5”; para un terreno duro con air deck obtendremos un P80 aproximado de 4.5” a 5”, y sin air deck un P80 aproximado de 5” a 6”.

Según lo señalado por Chiappeta al utilizar cámaras de aire, se reduce el total de explosivo utilizado en un 16% a 25% para las voladuras de producción con una longitud de cámara de aire de 3ft (90 cm), al realizar la evaluación de los datos del proyecto se obtuvo una reducción de 8% a 10% de explosivo para una cámara de aire de longitud 0.50 m. Hay variación en el porcentaje de reducción si se compara con lo señalado por Chiappeta, esto se debe a la longitud del taladro y del airdeck ya que son mayores que los parámetros establecidos en las pruebas realizadas en Tantahuatay. La cantidad de explosivo reducido es de 20 kg aproximadamente por cada taladro. El diseño de carga aplicado abarca el uso de cámaras de aire Cartuflex con una longitud de 0.5m, una longitud de carga de 5.5m, con respecto al taco una distancia de 3m.y un subdrilling de 0.50m. La implementación de nuevos

dispositivos de voladura significa cambios en la etapa de carguío de taladros ya sea por su manipulación o el tiempo que toma en aplicarlos, esto implica la implementación de un procedimiento para el carguío de taladros con air deck Cartuflex, Hubo variaciones respecto a la hoja de carga, ya que algunos taladros no armaban o había presencia de agua o Cartuflex fallados.

Estudios realizados por Blasting Analysis International, Inc, realizó dos pruebas de disparos, en una de ellas se utilizó solo explosivo en cada taladro y en la otra se colocó un Power Deck, con respecto a la fragmentación, el disparo con Power Deck resultó en una reducción de 21 a 24% para los tamaños de P20 y P80; al comparar dichos datos con los resultados obtenidos en el proyecto de investigación de acuerdo al tipo de malla, dureza de roca y al análisis de fragmentación del material volado referente al P80 nos indica que, con una malla de 4.5x5.2 m en terreno de dureza dura se obtiene un promedio de 4.08” con airdeck y 5.58” sin airdeck, habiendo una reducción de granulometría de 27%; con respecto a la malla 5.1x5.9 m en terreno de dureza media se obtiene un promedio de 4.05” con airdeck y 5.14” sin airdeck, habiendo una reducción de granulometría de 21%, realizando la evaluación para una misma malla se obtuvo un promedio de 4.26” con airdeck y 4.97” sin airdeck, con una reducción de granulometría de 14%, promediando los datos obtenidos se tiene una reducción de fragmentación de un 21%.

Al comparar los costos de los proyectos evaluados al utilizar airdeck y sin airdeck, el ahorro obtenido es de \$57,422/año, los proyectos cargados sin airdeck generaron un costo de \$2,865,750/ año y el costo generado con airdeck fue de \$2, 808,328. El ahorro generado es un aporte significativo para la optimización de costos en U.P. Tantauatay.

4.2 Conclusiones

1. En esta investigación se concluye que al cargar los taladros de producción con air deck se tiene una reducción de 25 Kg de San G por cada taladro a volar, esto varía de acuerdo a la longitud de cámara de aire, densidad de explosivo, taco inicial y final. Por lo tanto, podemos afirmar que si se logra optimizar los costos en Cia. Minera Coimolache – U.P. Tantahuatay.
2. De los diecinueve proyectos analizados en Cia. Minera Coimolache – U.P. Tantahuatay, se realizó la comparación de costos entre los taladros de producción cargados con air deck y sin air deck, el costo unitario es de \$104 y \$106 respectivamente; asimismo, se determinó el ahorro de costos en el consumo de explosivos por año, el ahorro obtenido sin air deck es de \$ 2865750.2/ año y con air deck Cartuflex de 0.5 metros es \$ 2808327.8/ año; obteniendo un ahorro considerable de \$ 57422.4/ año.
3. En los diecinueve proyectos analizados en Cia. Minera Coimolache – U.P. Tantahuatay, se aplicaron el nuevo diseño de carga utilizando el air deck Cartuflex de 0.5 metros con el diseño de malla establecido, según el tipo de roca; logrando reducir el P80.
4. De los diecinueve proyectos analizados en los meses de enero a marzo del 2017, se tuvo en cuenta el tipo de dureza de la roca, esta investigación se basa en terreno de duro a medio. Para cada tipo de terreno se aplicó una determinada malla de perforación. Para un terreno de dureza media; se aplicaron dos diseños de malla, la primera de 5.1 x 5.9 m, donde se usó el air deck Cartuflex de 0.50 cm y se obtuvo un P80 promedio de 4.05”, con una

desviación estándar de ± 0.11 y sin air deck nos dio un P80 promedio de 5.14”, con una desviación estándar de ± 0.27 ; y la segunda malla de 5.3 x 6.1 m, usando el air deck Cartuflex de 0.50 cm obtuvimos un P80 promedio de 4.26”, con una desviación de ± 0.09 y sin air deck es de 4.97”, con una desviación de ± 0.09 . Para un terreno duro con malla 4.5 x 5.2 m usando el air deck Cartuflex de 0.50 cm.

REFERENCIAS

- Melnikov, N. V., Marchenko, L. N., Seinov, N. P., & Zharikov, I. F. (1979). A method of enhanced rock blasting by blasting. IPKON AN SSSR, Moscow, Translated from Fiziko-Tekhnicheskie Problemy Razrabotki Poleznykh Isko-Paemykh (Journal of Mining Science), (6), 32-42.
- Jhanwar, J. C., Cakraborty, A. K., Anireddy, H. N., & Jethwa, J. L. (1999). Application of air decks in production blasting to improve fragmentation and economics of an open pit mine. *Geotechnical & Geological Engineering*, 17(1), 37-57.
- Jhanwar, J. C. (2011). Theory and practice of air-deck blasting in mines and surface excavations: a review. *Geotechnical and Geological Engineering*, 29(5), 651-663.
- Kabwe, E. (2017). Improving Collar Zone Fragmentation by Top Air-Deck Blasting Technique. *Geotechnical and Geological Engineering*, 35(1), 157-167.
- Sharma, P. D. (2015). Application of air-deck technique in surface blasting.
- Cleeton, J. (1997). Air-decking techniques-Gas bags have been in use in surface mining operations for some years but tend to have been neglected in UK quarries. Recent experience in this area, however, has produced. *Quarry Management*, 24(4), 23-28.
- Chiappetta, R. F. (2004). New blasting technique to eliminate subgrade drilling, improve fragmentation, reduce explosive consumption and lower ground vibrations. *Journal of explosives engineering*, 21(1), 10-12.
- Cebrián, C. R. (2007). Control de estabilidad de taludes mediante voladuras de contorno – cámara de aire. XII Congreso Internacional de Energía y Recursos Minerales Oviedo.
- Floyd, J. (2004). Power Deck Optimization. Power Deck Company. Blast Dynamics.
- Machuca Cotrina, P. Y. (2018). Efecto de la cámara de aire en la voladura a tajo abierto para incrementar la tasa de excavación (dig rate) en el tajo tapado oeste de Minera Yanacocha, Cajamarca 2017.
- Romo, B. C. (2007). Técnicas especiales de voladuras. Ingeopres: Actualidad técnica de ingeniería civil, minería, geología y medio ambiente, (160), 26-28.
- Cumpa Flores, J. L. (2016). Efecto de las Cámaras de Aire en Taladros de Producción para Mejorar la Fragmentación del Material y Reducir el Nivel de Vibraciones por Voladura en Minería a Tajo Abierto en el Norte del Perú, 2016.

- Quispe Choque, J. A. (2014). Reducción de costos en perforación y voladura por la aplicación de cámaras de aire en la UM Constancia–Hudbay Peru SAC.
- Torres Canaza, C. A. (2013). Empleo de cámaras de aire y aceite reciclado para la optimización de la voladura y disminución de la contaminación ambiental en la Empresa Minera Aruntani SAC Unidad Minera Tucará.
- Catacora Ramos, J. C. (2015). Aplicación del método Air deck para optimizar la voladura en mina Pierina
- Thote, N. R., & Singh, D. P. (2000). Effect of air-decking on fragmentation: A few case studies of Indian mining. *Explosive & Blasting Technique. Holmberg (Ed.). Balkema*, 265.
- Park, D., & Jeon, S. (2010). Reduction of blast-induced vibration in the direction of tunneling using an air-deck at the bottom of a blasthole. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 47(5), 752-761.

ANEXOS

ANEXO n.º 1 Ficha técnica - Cartuflex.



CARTUCHOS FLEXIBLES S.A.C.

Ficha Técnica Cartuflex® Blocker Hole

Características Técnicas:

CODIGO	DIAMETRO DE TALADRO	ALTURA MTS	PRESENTACION CAJA
CBH - 6750	6 3/4"	0.50	32 Und.
CBH - 7880	7 7/8"	0.50	32 Und.
CBH - 9880	9 7/8"	0.50	32 Und.
CBH - 10630	10 5/8"	0.50	24 Und.
CBH - 12250	12 1/4"	0.50	24 Und.

Propiedades:

- ❖ Fabricado con láminas de 7 capas.
- ❖ Alta resistencia a la abrasión, rasgado y rotura.
- ❖ Mezcla química NO inflamable y NO toxica.
- ❖ Certificada por la universidad nacional de ingeniería (UNI).
- ❖ Sellado por equipos de alta frecuencia.

Ventajas:

- ❖ Eliminar o Disminuir la sobre Perforación.
- ❖ Mejorar la Fragmentación.
- ❖ Reducir el Consumo de Explosivo.
- ❖ Disminuir las Vibraciones.
- ❖ Altura 0.50 mts.



Recomendaciones especiales:

Cartuflex® Blocker Hole el producto debe mantenerse en su embalaje original hasta el momento de su uso. Dependiendo de las condiciones de almacenamiento y manipuleo puede causar reacción inmediata del producto, almacenar en un lugar fresco, seco y bajo sombra por debajo 30°C

Av. La Paz Mza. A Lote 10 C.P. Santa Maria de Huachipa – Lurigancho

Telf: 468-0118 / Cel.: 993-584-767

e-mail: mberrospi@cartuflex.com / ventas@cartuflex.com

ANEXO n.º 2 Procedimiento estándar de trabajo: carguío y tapado de taladros manual.

PROCEDIMIENTO ESCRITO DE TRABAJO SEGURO FP-COR-SE-04.01-02			V-04
	CARGUIO Y TAPADO DE TALADROS MANUAL		U.P. TANTAHUATAY
	Área: MINA	Versión: 03	
	Código: PET-TAN-MI-02.06	Página: 1 de 2	

Personal: 1.- Supervisor de perforación y voladura de EC 2.- Capataz de Voladura de EC 3.- Operarios de Voladura de EC	Referencias Complementarias: 1.- Reglamento Interno de Seguridad y Salud ocupacional de CMC 2.- Manual de Seguridad 3.- Reglamento Interno de Tránsito de CMC 4.- Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería (DS-024-2016-EM)
Equipos/Materiales/Herramientas: 1.- Wincha métrica, atacador de madera, cinta de peligro, letreros de señalización. 2.- Lampas y carretillas. 3.- Radio de comunicaciones. 4.- Explosivos y Accesorios de Voladura. 5.- Plano de influencia de voladura. 6.- Plano de Diseño de carga. 7.- Anemómetro.	Competencias Necesarias: 1.- Inducción General de Seguridad 2.- Inducción Específica de Seguridad en el puesto de trabajo 3.- Licencia de manipulación de explosivos de SUCAMEC 4.- Licencia Interna de manipulación de explosivos. 5.- Capacitación MATPEL.
EPP: 1.- Casco de seguridad con cintas reflectivas y barbiquejo 2.- Lentes Seguridad y/o Google. 3.- Tapón auditivo u orejeras 4.- Respirador y filtro para polvo. 5.- Zapato c/ punta acero. 6.- Guantes de seguridad. 7.- Bloqueador solar. 8.- Uniforme de trabajo con cinta reflectiva (overol) 9.- Arnés de cuerpo entero, correa anti trauma y línea de vida.	Nivel de Riesgo: Medio

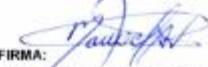
PROCEDIMIENTO	
Pasos:	1. Se inspeccionará el área de trabajo para establecer si se encuentra en condiciones seguras para realizar la tarea y luego se delimitará el perímetro del proyecto con muro de seguridad, ojos de gato y letreros informativos. Si existe la cercanía de equipos, adicionalmente se colocará cinta de seguridad.
	2. El supervisor de voladura dará la indicación del reparto de explosivos y accesorios en forma secuencial y ordenada. El reparto de explosivos y accesorios se realizará por separado y deben estar distanciados 50 cm entre ambos en espera del primado.
	3. En el carguío de taladros secundarios cerca a crestas, los operarios de voladura deberán usar dispositivos anti caídas, para lo cual se deberá perforar taladros adicionales para el anclaje. La distancia mínima del punto de anclaje a la cresta será de dos metros.
	4. Una vez instalado el sistema de dispositivo de anti caídas, sólo se anclará como máximo dos personas para realizar el carguío de taladros en crestas.
	5. Durante el carguío de taladros se evaluará y se monitoreará constantemente la velocidad del viento. Durante el carguío y tapado en crestas se paralizarán los trabajos si la velocidad del viento sea mayor a 40 km/h.
	6. Descender la prima o cebo al taladro por el centro del diámetro del taladro, evitando golpearlos para no causar daño a la línea descendente, el desacople de la prima o caída de la prima al taladro.
	7. La prima o cebo quedará ubicado al fondo del taladro, asegurando el otro extremo de la línea descendente con una estaca de madera o roca no angulosa.
	8. Colocar la cantidad de explosivo en el taladro, de acuerdo al diseño de carga establecido y consideraciones del terreno.

COPIA NO CONTROLADA DE ESTE DOCUMENTO

PROCEDIMIENTO ESCRITO DE TRABAJO SEGURO			V-04
FP-COR-SE-04.01-02			
	CARGUIO Y TAPADO DE TALADROS MANUAL		U.P. TANTAHUATAY
	Área: MINA	Versión: 03	
	Código: PET-TAN-MI-02.06	Página: 2 de 2	

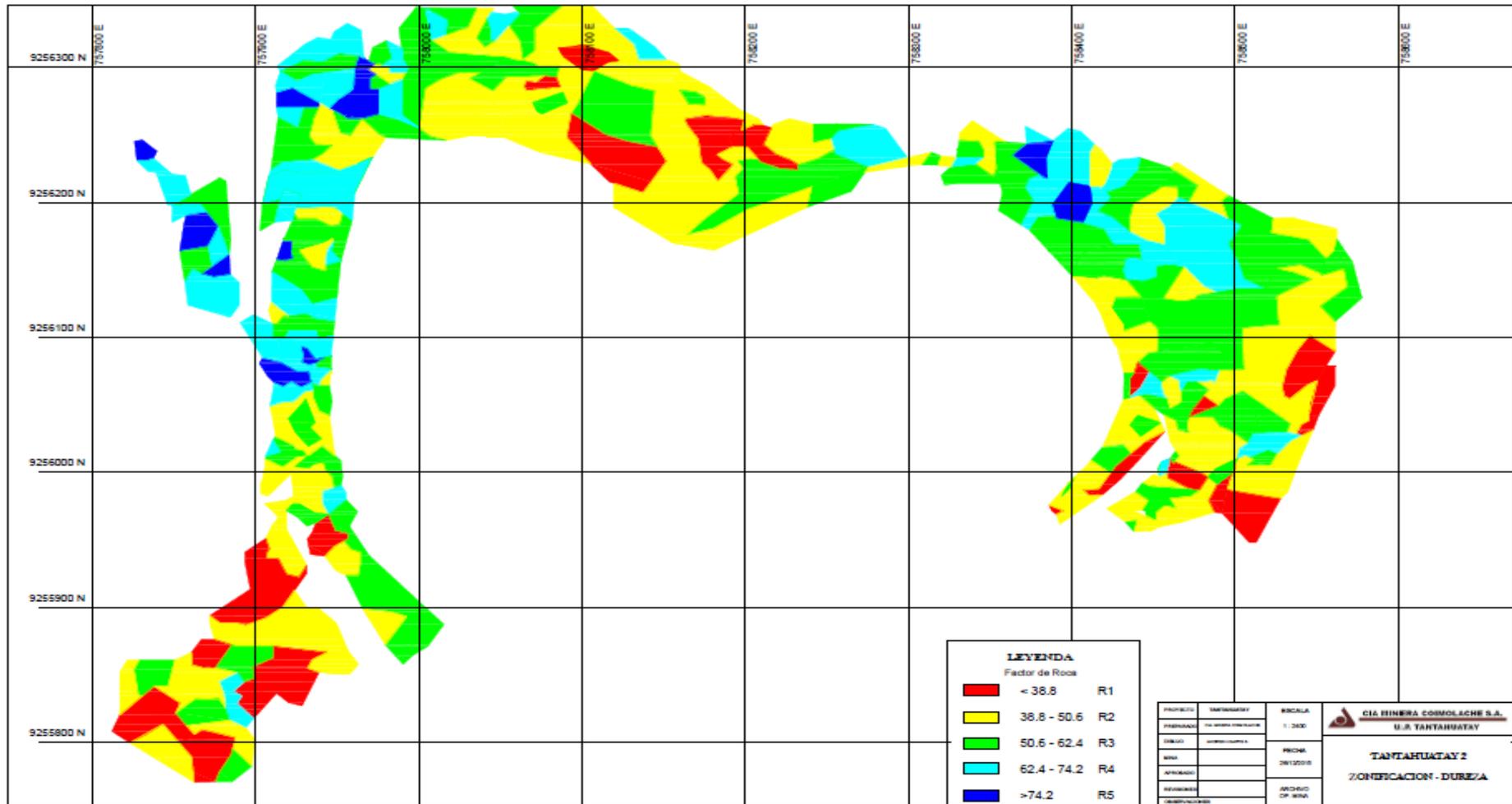
	9. Confinar adecuadamente el explosivo, mediante un atacador de madera, evitando el desacople de la carga explosiva.
	10. Utilizar la wincha métrica como medida de control de altura de la columna explosiva.
	11. Evitar colocar explosivos y accesorios cerca a la boca del taladro para evitar su caída o pérdida.
	12. Si se diera el caso que al momento del carguío se produjera una obstrucción o tapado del taladro que pueda aislar la continuidad de la columna explosiva sin haber llegado a la medida del taco establecida, se deberá colocar otra prima y continuar con el carguío hasta completar la columna explosiva establecida.
	13. Culminado el carguío de taladros, el operario deberá revisar la integridad de las líneas descendentes de los detonadores dando un ligero jalón para verificar la tensión.
	14. Luego los operarios procederán a tapar el taladro con un material fino y granulado utilizando el atacador de madera para lograr el adecuado confinamiento.
	15. En caso de tormenta eléctrica se deberá evacuar el área de voladura a un radio mínimo de 500 m y bloquear las vías de ingreso con vigías.

RESTRICCIONES: Todo lo que se oponga a este procedimiento, estándares y requerimientos legales.

PREPARADO POR: IVÁN SANCHEZ ESCOBAR	REVISADO POR: MANUEL ARANDA VILLAR	REVISADO POR: LUIS VALDIMEZO GUZMÁN	APROBADO POR: RICARDO HUANCAYA DELGADO
 FIRMA:	 FIRMA:	 FIRMA:	 FIRMA:
SUPERVISOR DEL AREA Y TRABAJADORES	SUPERINTENDENTE DEL AREA	SUPERINTENDENTE DE SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL	GERENTE DE UNIDAD
FECHA: 08/01/2017	FECHA: 10/01/2017	FECHA: 12/01/2017	FECHA: 14/01/2017

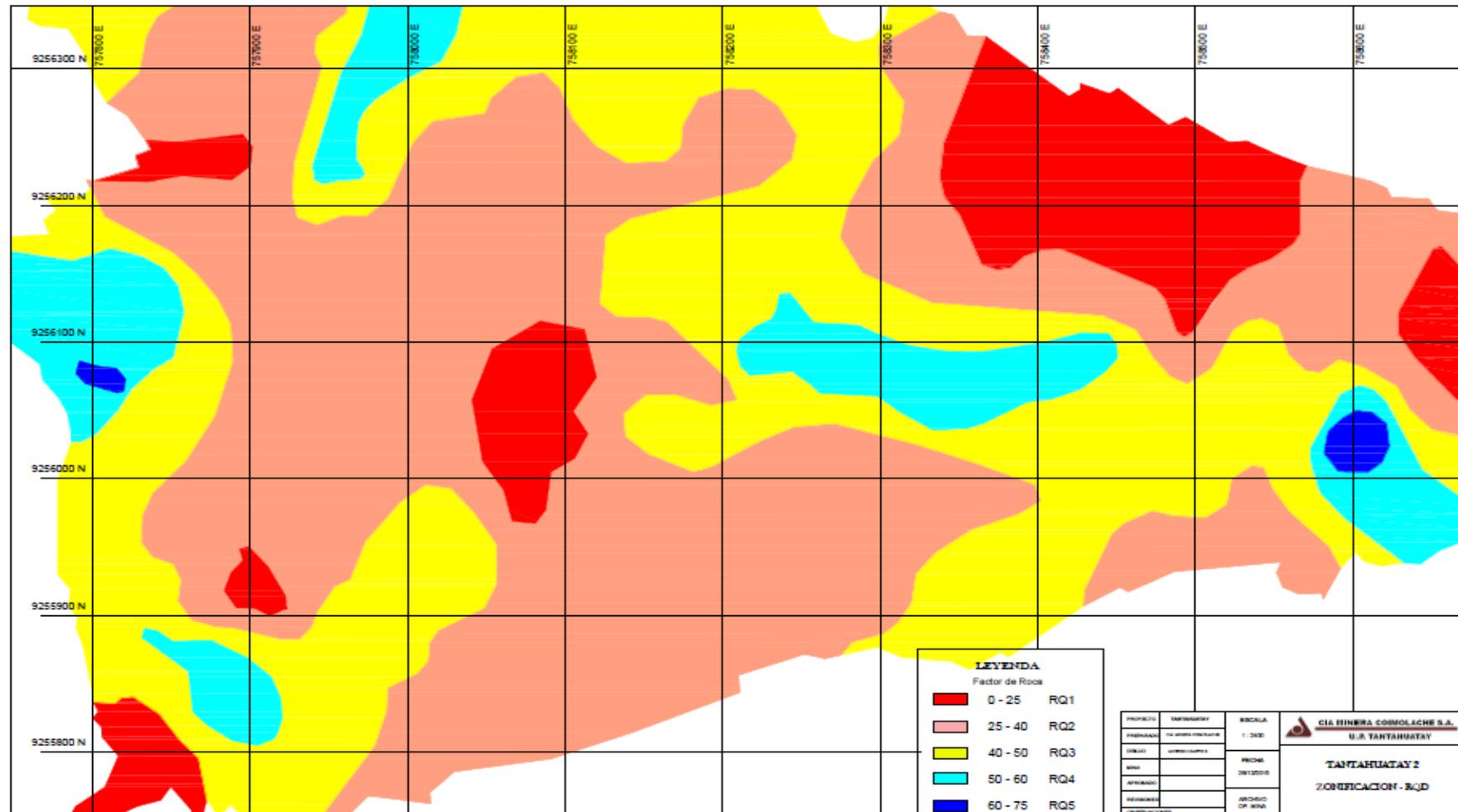
COPIA NO CONTROLADA DE ESTE DOCUMENTO

ANEXO n.º 3. Plano de zonificación – dureza de la U.P TANTAHUATAY.



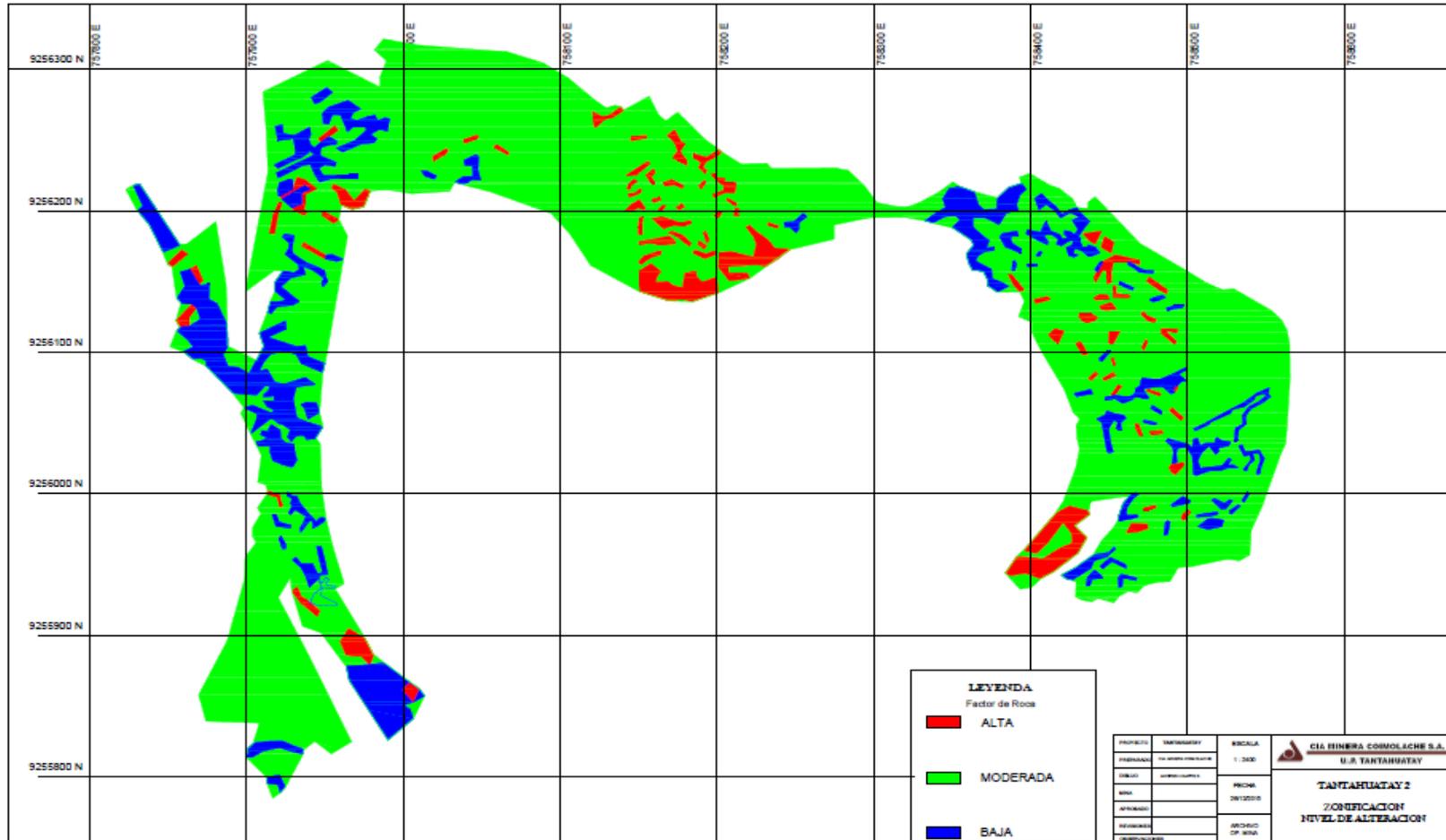
Fuente: Área de Geología Mina de Cia. Minera Coimolache.

ANEXO n.º 4. Plano de zonificación según el RQD de la U.P TANTAHUATAY.



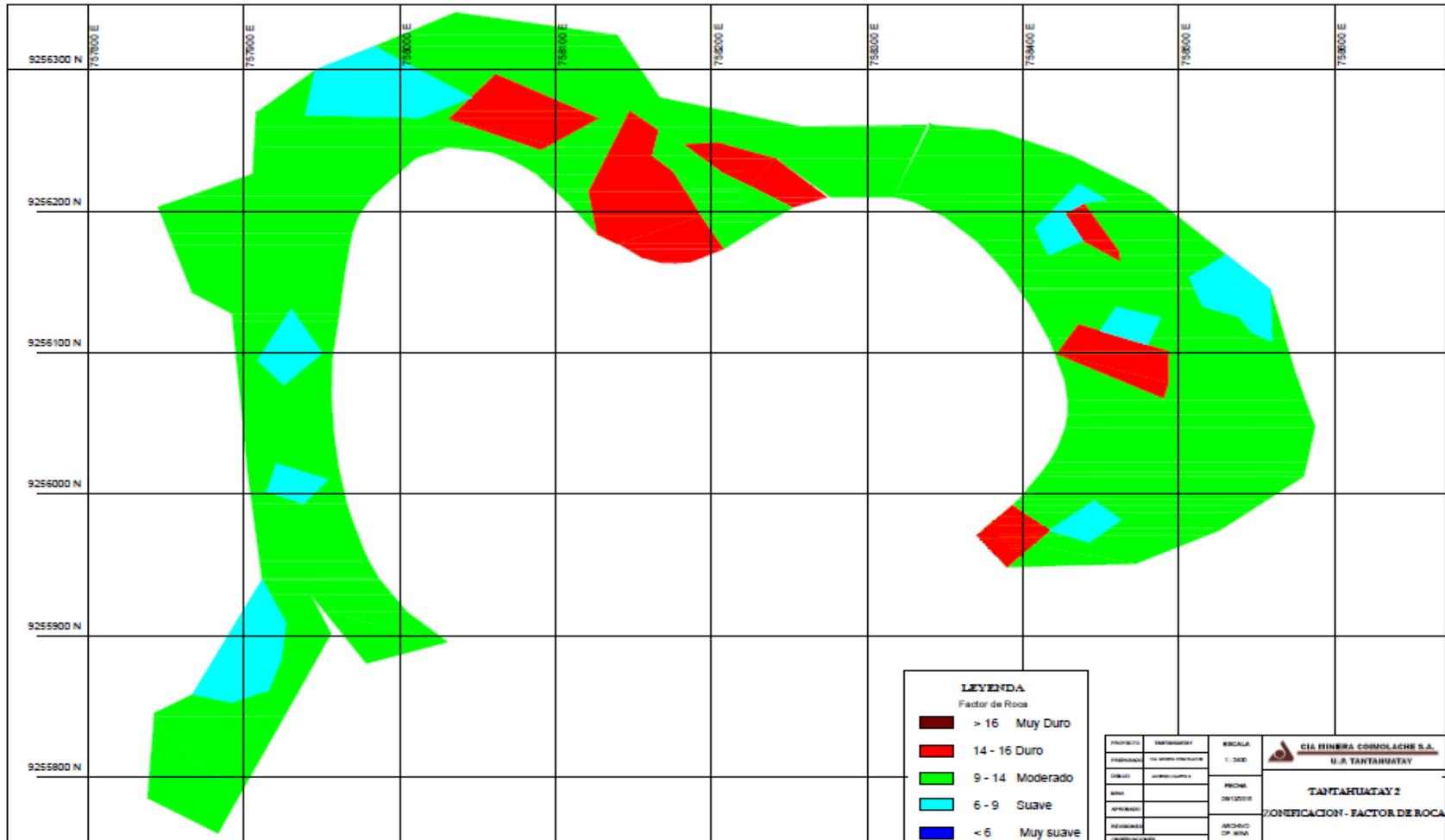
Fuente: Área de Geología Mina de Cia. Minera Coimolache.

ANEXO n.º 5. Plano de zonificación según el nivel de alteración de la U.P TANTAHUATAY.



Fuente: Área de Geología Mina de Cia. Minera Coimolache.

ANEXO n.º 6. Plano de zonificación según el factor de roca de la U.P TANTAHUATAY.



Fuente: Área de Geología Mina de Cia. Minera Coimolache.

ANEXO n.º 7. Reporte de perforación

FECHA		TAJO		ZONA		CAMION											
CLIENTE		NIVEL		BANCO		% N-20											
PROYECTO		ROCA		DIAM.		TEMPERATURA											
N°	ID	PROFUNDIDAD		H2O	CARGA (Kg)	TACO INICIAL	TACO FINAL	OBSER.	N°	ID	PROFUNDIDAD		H2O	CARGA (Kg)	TACO INICIAL	TACO FINAL	OBSER.
		TEOR	REAL								TEOR	REAL					
1										41							
2										42							
3										43							
4										44							
5										45							
6										46							
7										47							
8										48							
9										49							
10										50							
11										51							
12										52							
13										53							
14										54							
15										55							
16										56							
17										57							
18										58							
19										59							
20										60							
21										61							
22										62							
23										63							
24										64							
25										65							
26										66							
27										67							
28										68							
29										69							
30										70							
31										71							
32										72							
33										73							
34										74							
35										75							
36										76							
37										77							
38										78							
39										79							
40										80							
TOTAL CONSUMO					EMULSION (kl)			N20 (kl)			TOTAL TALADROS						

FIRMA OPERADOR

FIRMA DE SUPERVISOR DE FAMESA

Fuente: Área de Perforación y voladura de San Martin Contratistas Generales S.A

“Optimización de costos en voladura reduciendo el consumo de San G con air deck Cartuflex en Cia. Minera Coimolache – U.P. Tantahuatay”

ANEXO n.º 8. Formato de reporte de carguío de camión fabrica con San G.

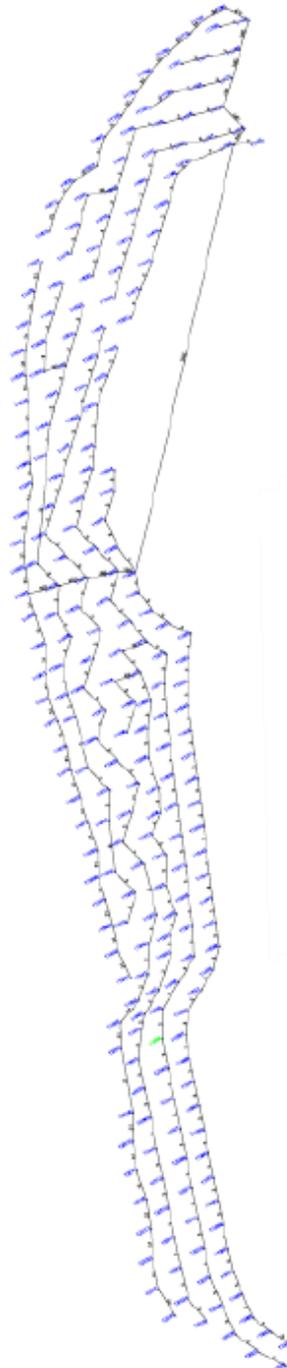
FAMESA EXPLOSIVOS		SISTEMA INTEGRADO DE GESTION										CODIGO FR-GA-003					
		FORMATO:										VERSION N°: 02					
		REPORTE DE CARGUIO DE CAMIÓN FÁBRICA CON.....										FECHA: 02/08/2018					
												Pagina 1 DEL 1					
FECHA		TAJO		ZONA		CAMION											
CLIENTE		NIVEL		BANCO		% N-20											
PROYECTO		ROCA		DIAM.		BX5		TEMPERATURA									
N°	ID	PROFUNDIDAD		H2O	CARGA (Kg)	TACO INICIAL	TACO FINAL	OBSER.	N°	ID	PROFUNDIDAD		H2O	CARGA (Kg)	TACO INICIAL	TACO FINAL	OBSER.
		TEOR	REAL								TEOR	REAL					
1										41							
2										42							
3										43							
4										44							
5										45							
6										46							
7										47							
8										48							
9										49							
10										50							
11										51							
12										52							
13										53							
14										54							
15										55							
16										56							
17										57							
18										58							
19										59							
20										60							
21										61							
22										62							
23										63							
24										64							
25										65							
26										66							
27										67							
28										68							
29										69							
30										70							
31										71							
32										72							
33										73							
34										74							
35										75							
36										76							
37										77							
38										78							
39										79							
40										80							
TOTAL COMSUMO				EMULSION (kl)				N20 (kl)				TOTAL TALADROS					

FIRMA OPERADOR

FIRMA DE SUPERVISOR DE FAMESA

Fuente: Famesa Explosivos SAC

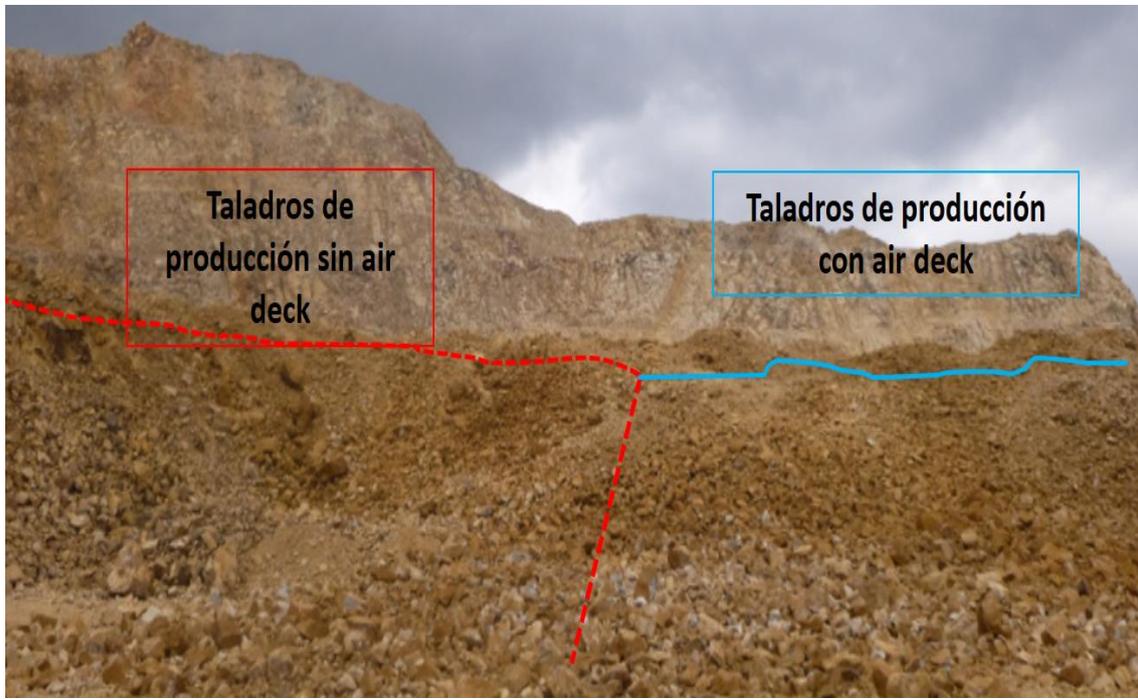
ANEXO n.º 10. Diseño de amarre de voladura.



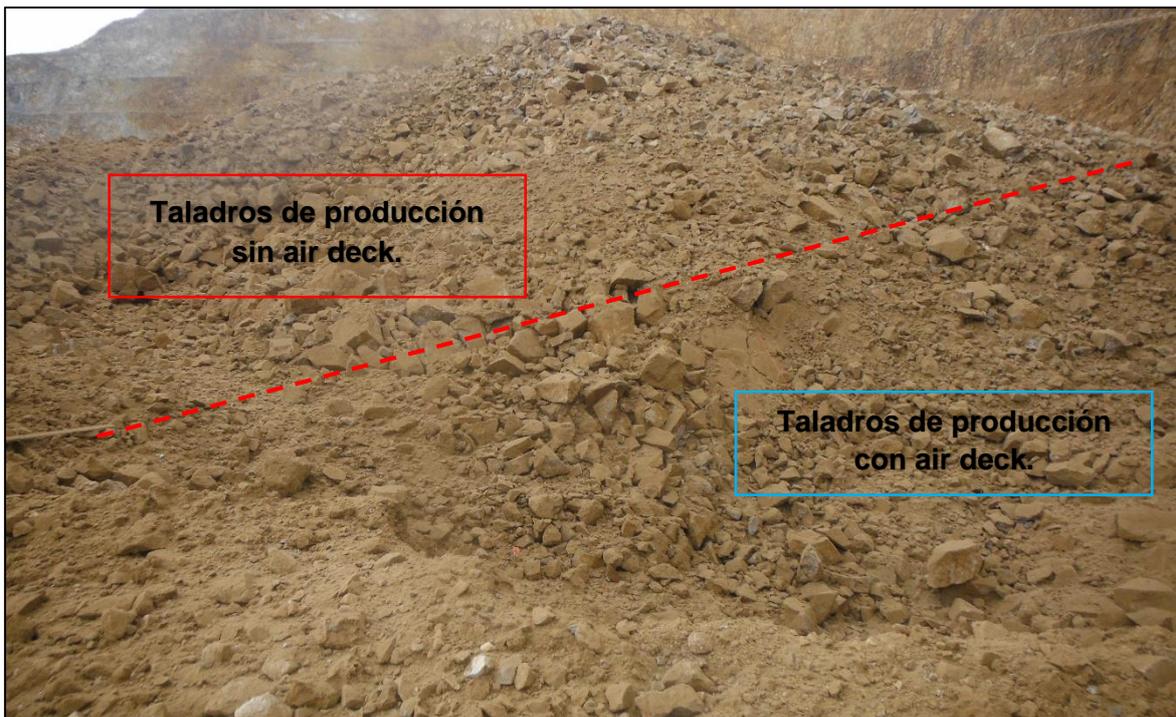
Fuente: Davey Bickford.

ANEXO n.º 11. Fotografías de los proyectos analizados.

Fotografía 1. Fotografía Post Voladura del Py. 032-3916



Fotografía 2. Fotografía Post Voladura del Py. 010-3908



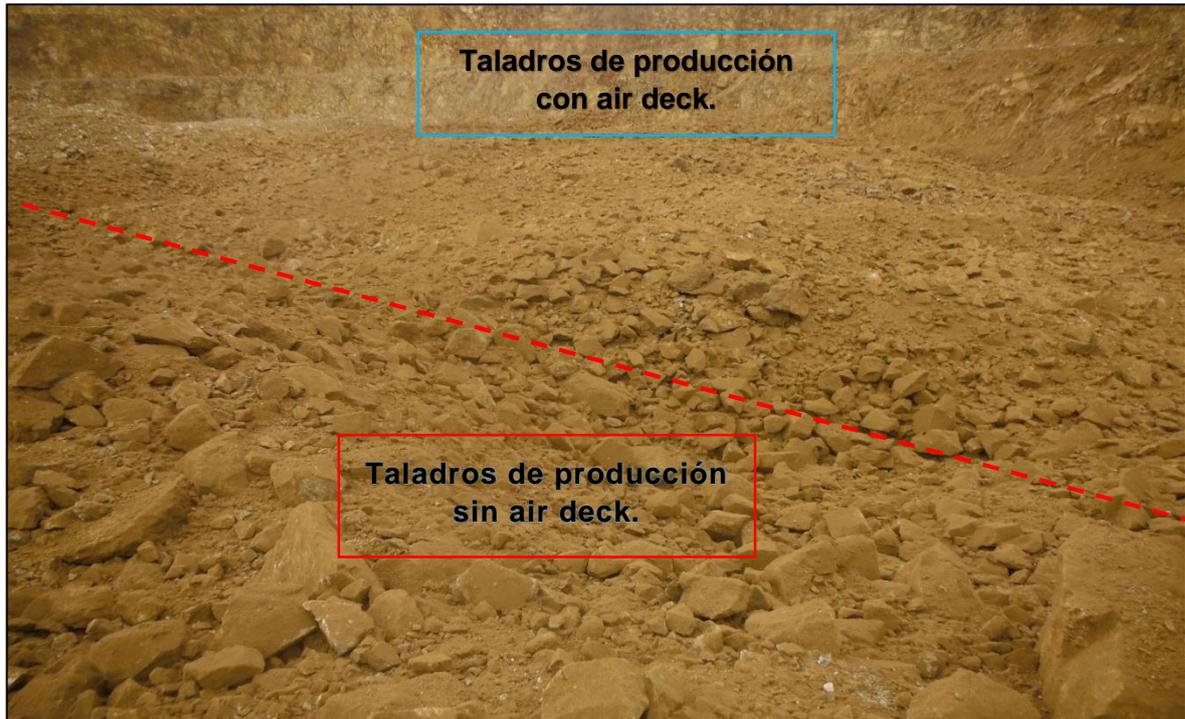
Fotografía 3. Fotografía Post Voladura del Py. 011-3908



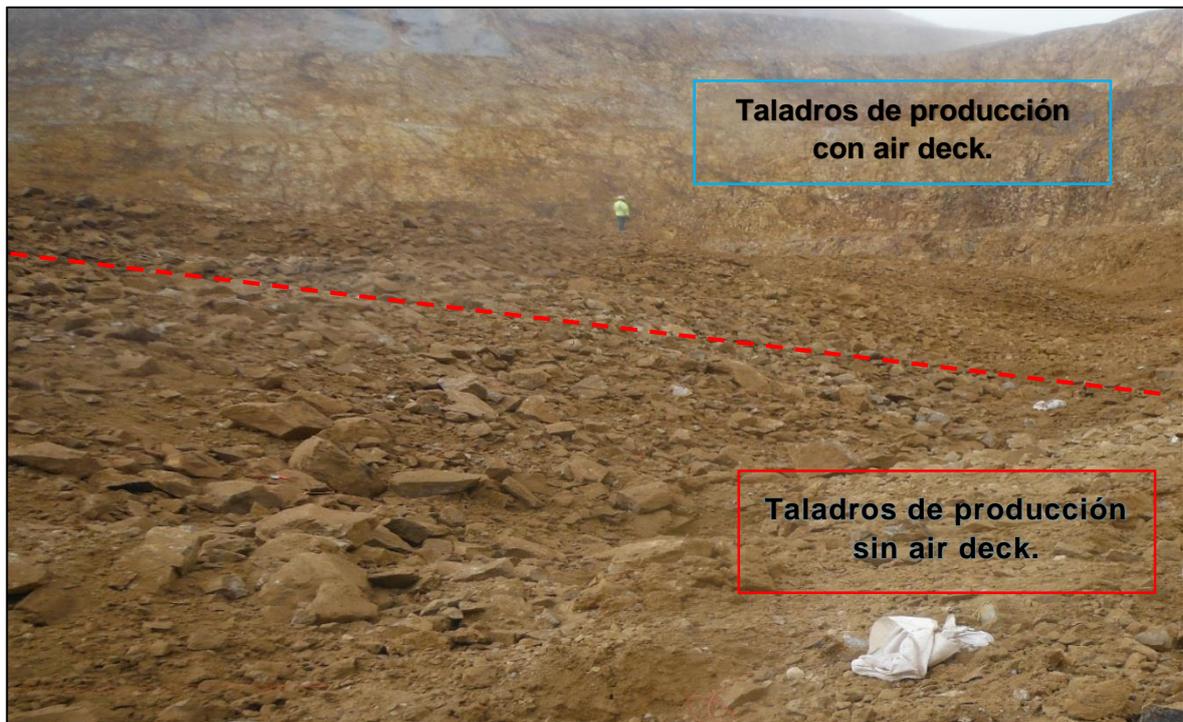
Fotografía 4. Fotografía Post Voladura del Py. 013-3908



Fotografía 5. Fotografía Post Voladura del Py. 012-3908



Fotografía 6. Fotografía Post Voladura del Py. 029-3900



Fotografía 7. Fotografía Post Voladura del Py. 014-3908



Fotografía 8. Fotografía Post Voladura del Py. 015-3908



Fotografía 9. Fotografía Post Voladura del Py. 030-3900



Fotografía 10. Fotografía Post Voladura del Py. 046-3940



Fotografía 11. Fotografía Post Voladura del Py. 031-3900



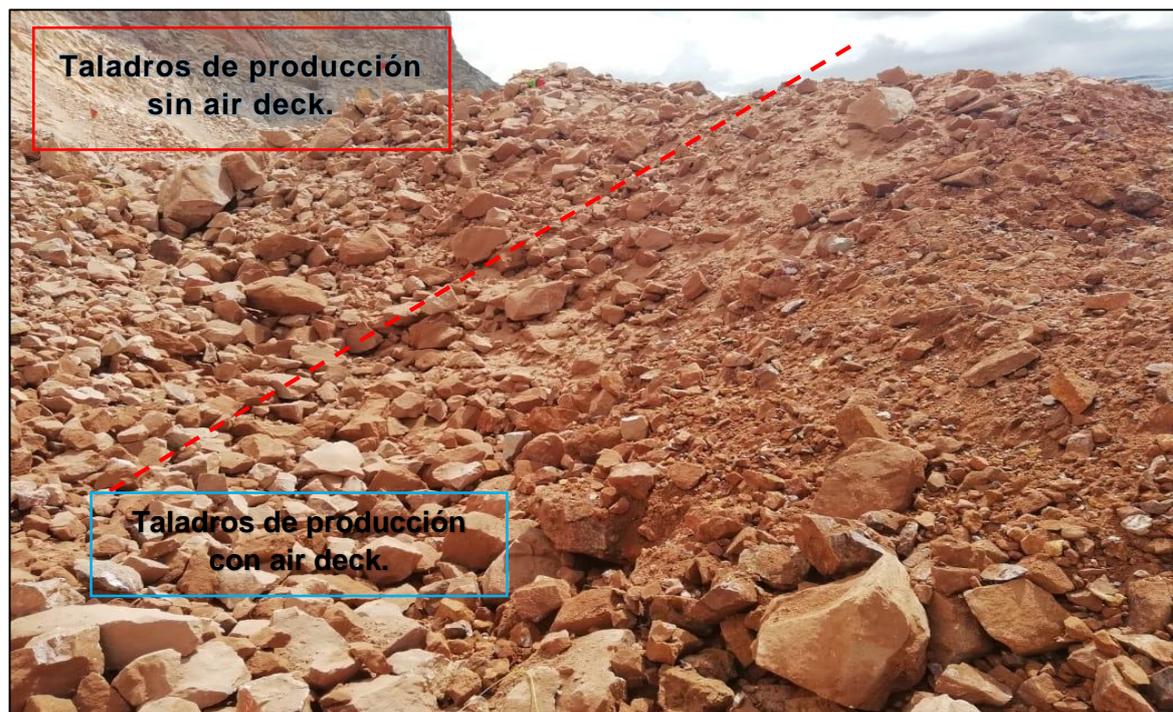
Fotografía 12. Fotografía Post Voladura del Py. 047-3940



Fotografía 13. Fotografía Post Voladura del Py. 024-3924



Fotografía 14. Fotografía Post Voladura del Py. 033-3900



Fotografía 15. Fotografía Post Voladura del Py. 034-3900



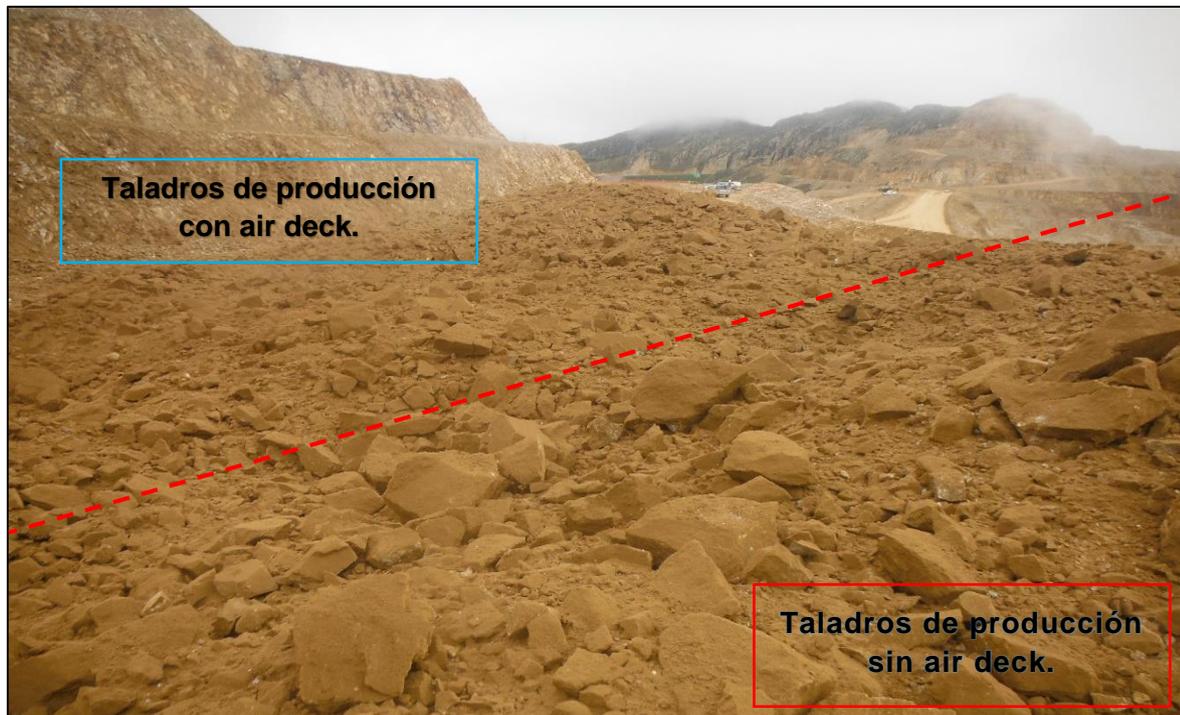
Fotografía 16. Fotografía Post Voladura del Py. 025-3932



Fotografía 17. Fotografía Post Voladura del Py. 035-3900



Fotografía 18. Fotografía Post Voladura del Py. 036-3916



Fotografía 19. Fotografía Post Voladura del Py. 018-3892

