

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA**



**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS**

**TESIS**

**“ESTUDIO DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLE E IMPLEMENTACIÓN DE UN  
MÓDULO DE INFORMACIÓN EN EL SISTEMA DISPATCH PARA LOS  
CAMIONES DE LA CIA MINERA ANTAPACCAY - ESPINAR - CUSCO”**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER:**

**TEJSI WIRACOCHA TITO SURCO**

**PARA**

**OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO DE MINAS**

**ASESOR:**

**ING° ANDRÉS GÓMEZ NOBLEGA**

**CUSCO – PERÚ**

**2019**

## **DEDICATORIA**

A mis padres León Tito Quispe y Jesusa Surco Chuquivilca por su apoyo incondicional en mi desarrollo personal y profesional, a los que siempre estaré agradecido por su apoyo en la culminación de mis estudios y haber hecho posible materializar esta tarea.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios padre celestial; por orientar mi sendero y darme la fortaleza en mi vida espiritual para poder continuar y cumplir una meta más en mi vida.

También manifiesto el debido agradecimiento al Ingeniero José Luis Zabaleta (Administrador Dispatch de Antapaccay) y al Ingeniero Daniel Becerra Valdivieso (Superintendente de Gestión y Planificación Mina). Por haberme apoyado en el desarrollo de este trabajo de investigación. Absolviendo inquietudes y brindándome sus conocimientos para resolver problemas durante el desarrollo del proyecto.

## ÍNDICE GENERAL

<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>II</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>III</b>
<b>GLOSARIO DE TÉRMINOS.....</b>	<b>XXII</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>XXXIII</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>XXXIV</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>XXXVI</b>
<b>CAPITULO I.....</b>	<b>37</b>
<b>1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>37</b>
<b>1.1. Problema general.....</b>	<b>37</b>
<b>1.1.1. Problemas específicos.....</b>	<b>38</b>
<b>1.2. Objetivo general .....</b>	<b>38</b>
<b>1.2.1. Objetivos específicos .....</b>	<b>38</b>
<b>1.3. Justificación y delimitación del problema.....</b>	<b>38</b>
<b>1.4. Hipótesis general .....</b>	<b>39</b>
<b>1.4.1. Hipótesis específicas .....</b>	<b>39</b>
<b>1.5. Tipo de investigación.....</b>	<b>39</b>
<b>1.6. Método de investigación .....</b>	<b>39</b>
<b>1.7. Matriz de consistencia.....</b>	<b>40</b>
<b>CAPÍTULO II .....</b>	<b>41</b>
<b>2. AMBITO DE ESTUDIO.....</b>	<b>41</b>
<b>2.1. Glencore en el mundo .....</b>	<b>41</b>
<b>2.2. Descripción.....</b>	<b>42</b>
<b>2.3. Ubicación.....</b>	<b>42</b>
<b>2.4. Accesibilidad .....</b>	<b>43</b>

2.5.	Reseña histórica.....	44
2.6.	Fisiografía, clima y vegetación .....	45
2.7.	Relieve .....	47
2.8.	Geología.....	47
2.8.1.	Geología Regional.....	48
2.8.2.	Geología del Depósito.....	49
2.8.2.1.	Litología.....	49
2.8.2.2.	Alteración .....	51
2.8.2.3.	Mineralización .....	51
2.8.2.4.	Estructuras.....	52
2.8.2.5.	Exploración .....	53
2.8.2.5.1.	Perforación.....	54
2.8.2.5.2.	Muestreo, análisis y verificación de datos.....	54
2.8.2.5.3.	Procesamiento de mineral y pruebas metalúrgicas.....	55
2.8.2.6.	Recursos de mineral y reservas estimadas de mineral.....	55
2.9.	Operación mina .....	57
2.10.	Ciclo de producción.....	58
2.10.1.	Perforación.....	59
2.10.1.1.	Parámetros de perforación en Antapaccay.....	60
2.10.1.2.	Controles operativos .....	61
2.10.2.	Voladura.....	61
2.10.2.1.	Accesorios de voladura .....	63
2.10.2.2.	Equipos de voladura .....	64
2.10.2.3.	Controles operativos .....	65
2.10.3.	Carguío.....	65

2.10.3.1.	Equipos de carguío .....	66
2.10.3.2.	Condiciones del área de carguío .....	67
2.10.3.3.	Modo de operación, equipos de carguío .....	67
2.10.3.4.	Operación de Palas durante el carguío .....	68
2.10.3.5.	Operación de Cargador frontal durante el carguío .....	69
2.10.3.6.	Operación de Camiones durante el carguío.....	70
2.10.3.7.	Operaciones auxiliares para el carguío .....	70
2.10.4.	Acarreo.....	72
2.10.4.1.	Equipos de acarreo.....	72
2.10.4.2.	Condición de trabajo del área .....	72
2.10.4.3.	Condición de trabajo del equipo .....	73
2.10.5.	Operaciones auxiliares.....	73
<b>CAPÍTULO III.....</b>		<b>74</b>
3.	<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>74</b>
3.1.	Antecedentes .....	74
3.2.	Sistema Dispatch .....	75
3.2.1.	Gestión minera actual .....	76
3.2.2.	Funciones y responsabilidades del administrador Dispatch .....	77
3.2.3.	Funciones y responsabilidades del despachador .....	80
3.2.4.	Herramienta Truck Dispatch.....	82
3.2.5.	Equipamiento de Intellimine .....	83
3.2.6.	Conceptos Dispatch.....	86
3.2.6.1.	Herramienta Lptruck .....	86
3.2.6.2.	Tecnología satelital y GPS .....	87
3.2.6.3.	Baliza virtual.....	88

3.2.6.4.	Asignación dinámica .....	89
3.2.6.5.	Módulo de información del sistema Dispatch.....	93
3.2.6.5.1.	Plataforma .NET .....	94
3.2.6.5.2.	Lenguaje de programación C# (C Sharp).....	95
3.2.6.5.3.	Compilación con Visual Studio.NET.....	95
3.2.7.	Ciclo de carguío y acarreo .....	96
3.2.7.1.	Tiempo de espera por pala .....	97
3.2.7.2.	Tiempo de aculatamiento.....	97
3.2.7.3.	Tiempo de carga .....	98
3.2.7.4.	Tiempo de viaje lleno .....	98
3.2.7.5.	Tiempo de espera para descargar.....	98
3.2.7.6.	Tiempo de descarga.....	99
3.2.7.7.	Tiempo de viaje vacío.....	100
3.2.8.	Auto llegada y auto asignación.....	101
3.2.9.	Monitoreo de operaciones.....	102
3.2.10.	Conceptualización de la distribución de tiempos .....	104
3.2.10.1.	Tiempo calendario (CT).....	104
3.2.10.2.	Tiempo disponible (AT) .....	104
3.2.10.3.	Tiempo improductivo (DT) .....	104
3.2.10.4.	Pérdida planificada (PL) .....	104
3.2.10.5.	Pérdida por Avería o Falla (BL) .....	105
3.2.10.6.	Tiempo de espera de operación (OS).....	105
3.2.10.7.	Tiempo utilizado (UT).....	105
3.2.10.8.	Tiempo de operación (OT) .....	105
3.2.10.9.	Demora en la operación (OD) .....	105

3.2.11.	Definición y cálculo de indicadores de rendimiento.....	105
3.3.	Variables involucradas en el ratio de consumo de combustible en camiones 107	
3.4.	Flota de camiones .....	108
3.4.1.	Camión Komatsu 830E .....	108
3.4.2.	Camiones Komatsu 930E.....	109
3.4.3.	Camión Caterpillar 793 D .....	110
3.4.4.	Camión Caterpillar 797 F.....	112
3.5.	Vías de acarreo .....	114
3.5.1.	Parámetros de diseño de vías .....	114
3.5.2.	Mantenimiento de vías .....	115
3.5.3.	Influencia del diseño de la vía en el consumo de combustible.....	115
3.6.	Grifos de la Empresa Minera Antapaccay .....	116
3.6.1.	Grifo Antapaccay .....	116
3.6.2.	Grifo Formula 1 (F1).....	116
3.6.2.1.	Características del grifo Formula 1 .....	117
3.6.2.1.1.	Mangueras de abastecimiento de combustible .....	117
3.6.2.1.2.	Elementos de seguridad .....	117
3.6.2.2.	Abastecimiento de hidrocarburos.....	118
3.7.	Ciclo de abastecimiento de combustible.....	118
3.7.1.	Procedimiento escrito de trabajo seguro de Abastecimiento de combustible en grifo (PETS) y AST de despacho de combustible .....	118
3.7.2.	Secuencia de actividades para el abastecimiento de combustible.....	119
3.7.3.	Diagrama de flujo del abastecimiento de combustible .....	120
3.7.4.	Consideraciones generales para el abastecimiento en grifo .....	121
3.7.5.	Equipos y herramientas para el abastecimiento de combustible en grifo..	121

3.8.	Consumo de combustible de los camiones en minería .....	121
3.8.1.	Ratio de consumo de combustible de los camiones .....	122
3.8.1.1.	Cálculo del consumo de combustible de los camiones (FC) .....	123
3.8.1.1.1.	Potencia de los camiones (P).....	126
3.9.	Asignación de camiones a grifo.....	128
3.9.1.	Herramienta de grifo en el Houli Route del Sistema Dispatch .....	129
<b>CAPITULO IV .....</b>		<b>130</b>
4.	<b>METODOLOGÍA .....</b>	<b>130</b>
4.1.	Datos de investigación.....	130
4.1.1.	Recolección de datos campo y oficina para el estudio del consumo de combustible	131
4.1.1.1.	Recolección de datos de campo .....	131
4.1.1.2.	Recolección de datos del Sistema Dispatch .....	132
4.2.	Análisis y procesamiento de datos .....	132
4.2.1.	Número de camiones considerados para el estudio.....	133
4.2.2.	Tiempo de abastecimiento de combustible a los camiones .....	133
4.2.3.	Tiempo de espera de camiones en grifo antes de ser abastecido (Cola de camiones)	134
4.2.4.	Velocidad de abastecimiento de combustible (Gal/min) por camión. ....	134
4.2.5.	Nivel de combustible de los camiones al ingresar y salir de grifo.....	135
4.2.5.1.	Nivel de combustible de los camiones al ingresar al grifo .....	135
4.2.5.2.	Nivel de combustible de los camiones al salir del grifo.....	136
4.3.	Observaciones identificadas durante el abastecimiento de combustible a los camiones	139
4.3.1.	Diagrama de Pareto .....	140
4.3.1.1.	Camiones con deficiencias de suministro de combustible .....	142

4.3.1.2.	Camiones con problemas en el medidor de combustible .....	143
4.3.1.3.	Falta de hermetizado del tanque de combustible .....	144
4.3.1.4.	Código de abastecimiento de combustible mal configurado .....	145
4.3.1.5.	Expulsión anticipada de la manguera de abastecimiento de combustible .	145
4.3.1.6.	Portacandado de bloqueo del equipo dañado y Otras observaciones visualizadas durante el proceso de abastecimiento de combustible .....	146
4.4.	Actividades auxiliares realizadas en los camiones durante el abastecimiento de combustible en el grifo.....	149
4.5.	Consumo de combustible de los equipos mina .....	149
4.5.1.	Consumo mensual de combustible de los equipos diésel presentes en el tajo Antapaccay	149
4.6.	Ratio de consumo de combustible de los camiones de acarreo .....	151
4.7.	Ratio de consumo de combustible según las especificaciones técnicas por modelo de flota .....	151
4.7.1.	Ratio de consumo de combustible según los reportes del sistema Dispatch	152
4.7.2.	Ratio de consumo de combustible según horas operativas.....	153
4.7.2.1.	Datos tomados durante el seguimiento del camión .....	153
4.7.2.2.	Calculo del tiempo neto operativo por guardia (To).....	153
4.7.2.3.	Calculo del ratio de consumo de combustible según horas operativas medidas en campo (Gal/h) .....	154
4.7.3.	Ratio de consumo de combustible según el horómetro del camión .....	155
4.7.3.1.	Datos tomados para el análisis estadístico .....	155
4.7.3.2.	Calculo del ratio de consumo de combustible según el horómetro del camión (Gal/h)	156
4.7.4.	Ratio de consumo de combustible de los camiones según la pendiente de la vía (Rampa)	157

4.7.4.1.	Datos tomados para el análisis de datos .....	157
4.7.4.2.	Análisis y procesamiento estadístico de datos para el cálculo de consumo de combustible en pendientes.....	160
4.7.4.3.	Ratio de consumo de combustible de los camiones Caterpillar 797F para diferentes pendientes de la vía de acarreo .....	161
4.7.4.3.1.	Gráfico de tendencia del ratio del consumo de combustible en pendiente para los camiones Caterpillar 797F.....	162
4.7.4.4.	Ratio de consumo de combustible de los camiones KOM 930E para diferentes pendientes de la vía de acarreo.....	166
4.7.4.4.1.	Gráfico de tendencia del ratio de consumo combustible de los camiones KOM 930E en diferentes pendientes de la vía de acarreo .....	168
4.7.4.5.	Observaciones en el cálculo de ratio de consumo de combustible en pendiente de los camiones .....	172
4.7.4.6.	Resultados del Modelo y Estimación de los parámetros del ratio de consumo de combustible de los camiones .....	172
<b>CAPÍTULO V.....</b>		<b>174</b>
<b>5.</b>	<b>ANÁLISIS DE RESULTADOS .....</b>	<b>174</b>
5.1.	Construcción del módulo de información de nivel de combustible .....	174
5.2.	Programación y Creación del módulo de información mediante la herramienta C Sharp de Microsoft .....	174
5.2.1.	Algoritmos de programación.....	174
5.2.1.1.	Mejor Ruta.....	175
5.2.1.2.	Programación lineal .....	175
5.2.1.3.	Programación dinámica.....	176
5.2.1.4.	Programación del módulo de información mediante la herramienta C Sharp de Microsoft	178

5.2.2.	Proceso de cálculo del consumo de combustible de los camiones mediante el módulo de información de nivel de combustible.....	178
5.3.	Cálculo de la cantidad de combustible consumido por el camión .....	180
5.3.1.	Cálculo del consumo de combustible para el camión CAT 797F.....	180
5.3.2.	Cálculo del consumo de combustible para el camión KOMATSU 930E ...	183
5.3.3.	Diagrama de flujo del abastecimiento de combustible en grifo .....	186
5.4.	Utilería para modificaciones de camiones (ModCamión) .....	188
5.4.1.	Datos de la Utilería de ModCamión .....	189
5.4.1.1.	Combustible restante .....	189
5.4.1.2.	Factor consumo combustible.....	189
5.4.1.3.	Opción de registro de combustible del sistema Dispatch .....	189
5.4.1.3.1.	Registro de Combustible.....	190
5.4.1.3.2.	Despliegado de registros de combustible.....	191
5.4.1.3.3.	Ordenamiento de los Registros de Combustible.....	192
5.4.1.3.4.	Búsqueda de los Registros de Combustible .....	192
5.4.1.3.5.	Creación de los Registros de Combustible.....	192
5.4.1.3.6.	Descripciones de los Campos de la Utilidad de Combustible.....	192
5.4.1.3.7.	Modificación de Registros de Combustible.....	193
5.4.1.3.8.	Eliminación de Registros de Combustible .....	193
5.5.	Implementación del módulo de información de nivel de combustible .....	193
5.6.	Manejo del módulo de información de nivel de combustible .....	195
5.6.1.	Asignación de camiones con el módulo de información de nivel de combustible	196
5.6.2.	Optimización de la asignación de camiones a grifo.....	197
5.7.	Resultados de la implementación del módulo de información del nivel de combustible.....	198

<b>5.7.1.</b>	<b>Medición de los indicadores de rendimiento .....</b>	<b>198</b>
<b>5.7.1.1.</b>	<b>Mejora de la Disponibilidad Mecánica de los camiones .....</b>	<b>200</b>
<b>5.7.1.2.</b>	<b>Mejora de la Utilización efectiva de los camiones .....</b>	<b>201</b>
<b>5.7.1.3.</b>	<b>Mejora de la productividad mina .....</b>	<b>202</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>		<b>203</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>		<b>204</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>		<b>205</b>
<b>ANEXOS.....</b>		<b>208</b>

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Proceso de creación de valor de Glencore plc. ....	41
Ilustración 2. Ubicación geográfica de la unidad minera Antapaccay.....	42
Ilustración 3. Vías de acceso terrestre a la U.M. Antapaccay.....	44
Ilustración 4. Flora de la comunidad Altohuarca.....	46
Ilustración 5. Fauna de la comunidad Altohuarca. ....	46
Ilustración 6. Franja Eocena-Oligocena del cinturón Andahuaylas-Yauri. ....	48
Ilustración 7. Plano Geológico del Distrito Minero de Tintaya.....	49
Ilustración 8. Geología del Proyecto Antapaccay.....	50
Ilustración 9. Principales sistemas de fallas interpretadas en Antapaccay Norte y Sur.....	53
Ilustración 10. Sentido de tránsito en mina Antapaccay.....	58
Ilustración 11. Ciclo de las operaciones unitarias.....	59
Ilustración 12. Perforadora eléctrica B & E 49R – Diesel.....	60
Ilustración 13. Malla de perforación en Antapaccay. ....	61
Ilustración 14. Panel informativo del programa de voladura.....	63
Ilustración 15. Accesorios de Voladura. ....	64
Ilustración 16. Camiones mezcladores de ANFO.....	65
Ilustración 17. Pala – Camion en Antapaccay. ....	66
Ilustración 18. Pala eléctrica CAT 495 HR2 de (123 TN).....	69
Ilustración 19. Cargador Frontal CAT 994F de (40 TN).....	70
Ilustración 20. Tractor de ruedas. ....	71
Ilustración 21. Camión CAT 797F de (363 TN).....	72
Ilustración 22. Sistema Dispatch.....	75
Ilustración 23. Haulroute Sistema Dispatch®. ....	76
Ilustración 24. Modelos de programación matemática del sistema Dispatch. ....	83
Ilustración 25. Equipamiento de Intellimine.....	84
Ilustración 26. Aplicación de Intellimine.....	84
Ilustración 27. Esquema del sistema informático de campo de Dispatch.....	85
Ilustración 28. Pantalla de creación del LPTRUCK_tbl del archivo enum.c. ....	86
Ilustración 29. Rastreo de equipo móvil con precisión de 10 metros. ....	87
Ilustración 30. Balizas virtuales (bordes turquesa) circulares y poligonales.....	88

Ilustración 31. Ubicación actualizada de los camiones en el Tajo Sur de la mina Atapaccay.. ...	89
Ilustración 32. Marco de trabajo .NET. ....	94
Ilustración 33. Ventana de creación de nuevo proyecto den Visual Studio .NET.....	95
Ilustración 34. Ciclo de carguío y acarreo, Intelllmine Dispatch. ....	96
Ilustración 35. Camión CAT 793D descargando en el Boradero Sur.....	99
Ilustración 36. Camión CAT 793D descargando en la Chancadora Primaria. ....	100
Ilustración 37. Esquema del ciclo de carguío y acarreo.....	101
Ilustración 38. Pantalla de la Ruta de PL.....	102
Ilustración 39. Pantalla que muestra los iconos rectangulares de distintos colores representando a cada equipo. ....	103
Ilustración 40. modelo de distribución de tiempos. ....	104
Ilustración 41. Determinación del EFH en una ruta. ....	107
Ilustración 42. Grifo Antapaccay.....	116
Ilustración 43. grifo Formula 1. ....	117
Ilustración 44. Diagrama del flujo de abastecimiento de combustible a los camiones.....	120
Ilustración 45. Esquema de los parametros clave que afectan el consumo de combustible de un camión.....	123
Ilustración 46. Diagrama esquemático de un camión de acarro típico y los factores clave que afectan el rendimiento del camión. ....	124
Ilustración 47. Haul route del sistema Dispatch®. ....	129
Ilustración 48. Nivel de combustible de los camiones al ingresar a grifo.). ....	136
Ilustración 49. Nivel de combustible de los camiones al salir de grifo. ....	138
Ilustración 50. Número de camiones observados por flota.....	139
Ilustración 51. Cantidad de camiones observados durante el abastecimiento de combustible.. ...	140
Ilustración 52. Diagrama de Pareto de los camiones observados durante el abastecimiento de combustible. ....	141
Ilustración 53. Fotografía de camión en el momento de rebalse de combustible. ....	145
Ilustración 54. Foto de caja de lock out dañado del camión 25.....	146
Ilustración 55. Foto de camión en grifo sin sus respectivas cuñas. ....	147
Ilustración 56. Foto donde no se puso la conexión a tierra.....	148
Ilustración 57. Foto de los tanques de combustible. ....	148

Ilustración 58. Evolución del consumo de combustible por mes de los equipos mina.....	150
Ilustración 59. Consumo mensual de combustible de los camiones. ....	150
Ilustración 60. Ratio de consumo de combustible de los camiones de acuerdo a los reportes del sistema Dispatch. ....	153
Ilustración 61. Ratio de consumo de combustible de los camiones según las horas operativas medidas en campo.....	155
Ilustración 62. Gráfico de barras de consumo de combustible horario.....	156
Ilustración 63. Plano de la mina, AutoCAD. ....	158
Ilustración 64. Mine Graphics del Mine View en el sistema Dispatch.....	159
Ilustración 65. Mine Graphics y Plano de la mina en AutoCAD.....	160
Ilustración 66. Gráfico de estimación curvilínea del ratio de consumo de combustible y pendiente de la vía para los camiones CAT 797F. ....	163
Ilustración 67. Gráfico de estimación curvilínea del ratio de consumo de combustible y pendiente de la vía para los camiones CAT 797F. ....	165
Ilustración 68. Gráfico de estimación curvilínea del ratio de consumo de combustible y pendiente de la vía para los camiones KOM 930E.....	169
Ilustración 69. Gráfico de estimación curvilínea del ratio de consumo de combustible y pendiente de la vía para los camiones KOM 930E.....	171
Ilustración 70. Fotografía del medidor de combustible del camión CAT 793D.....	172
Ilustración 71. Mejor ruta de recorrido para el equipo de acarreo, Antapaccay (2016). ....	175
Ilustración 72. Menú Principal de Configuración de Programación Lineal.. ....	176
Ilustración 73. pantalla de gráficas de PL para cada circuito de producción.....	177
Ilustración 74. Proceso de calculo de consumo de combustible por el sistema Dispatch. ....	179
Ilustración 81. Diagrama de flujo del abastecimiento de comsbutable. ....	187
Ilustración 76. Utilería ModCamión, Sistema Dispatch, Anatapaccay (2016).....	188
Ilustración 77. Ejemplo de Registros de Combustible.....	190
Ilustración 78. Registro de comsbutable de un Turno. ....	191
Ilustración 79. Nuevo Registro de Combustible. ....	192
Ilustración 80. Pantalla del módulo de información de nivel de combustible (Truckfuelnew)..	194
Ilustración 81. Pantalla del módulo de información de nivel de combustible (Truckfuelnew2).	195
Ilustración 82. Modulo de informacion de nivel de comsbutioble del sitema Dispatch®.....	196

Ilustración 83. Asignacion de camiones a grifo mediante el modulo de informacion de nivel de combustible del sistema Dispatch®.....	197
Ilustración 84. Reportes de operaciones mina . .....	198
Ilustración 85. Disponibilidad de los camiones antes y despues de la implementacion del proyecto de investigacion. ....	200
Ilustración 86. Utilidad de los camiones antes y despues de la implementacion del proyecto de investigacion. ....	201
Ilustración 87. Productividad de los camiones antes y despues de la implementacion del proyecto de investigacion. ....	202

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Vías de acceso terrestre a la U.M. Antapaccay.....	43
Tabla 2. Relación entre orientaciones obtenidas de datos geofísicos con la correlación hecha de estructuras reconocidas y descritas en los logueos geológicos.....	52
Tabla 3. Recursos minerales de Antapaccay (incluidas las reservas minerales) al 31 de diciembre del 2015.....	56
Tabla 4. Reservas de mineral de Antapaccay al 31 de diciembre del 2015.....	56
Tabla 5. Equipos de operación mina, Antapaccay.....	57
Tabla 6. Equipos de carguio, Antapaccay.....	67
Tabla 7. Especificaciones técnicas del camión Komatsu 830E.....	109
Tabla 8. Especificaciones técnicas del camión Komatsu 930E.....	110
Tabla 9. Especificaciones técnicas del camión Caterpillar 793D.....	111
Tabla 10. Especificaciones técnicas del camión Caterpillar 797F.....	113
Tabla 11. Características de las mangueras de abastecimiento de combustible.....	117
Tabla 12. Equipo y herramientas para el abastecimiento de combustible en grifo.....	121
Tabla 13. Capacidad de carguío carga y tamaño de tanque de combustible de los camiones....	122
Tabla 14 . Valores típicos de factores de carga (LF).....	125
Tabla 15. Valor de la resistencia a la rodadura para diferentes condiciones de la vía.....	127
Tabla 16. Especificaciones técnicas de los camiones para el cálculo del consumo de combustible.....	127
Tabla 17. Consumo de combustible de los camiones en litros por hora de acuerdo a diferentes condiciones de trabajo.....	128
Tabla 18. Tabla de variables e indicadores de investigación.....	130
Tabla 19. Numero de camiones estudiados durante el periodo de investigación.....	133
Tabla 20. Tiempo de abastecimiento de combustible a los camiones según el tipo de flota.....	133
Tabla 21. Velocidad de abastecimiento de combustible a los camiones.....	134
Tabla 22. Nivel promedio de combustible de los camiones al ingresar a grifo, Antapaccay (2016).....	135
Tabla 23. Comparación de porcentajes de combustible en el tanque del camión al salir del grifo.....	137

Tabla 24. Observaciones encontradas en los camiones durante el abastecimiento de combustible. .....	139
Tabla 25. Tabla de distribución de frecuencias de los problemas observados en el abastecimiento de combustible .....	140
Tabla 26. Camiones intervenidos por abastecer menor cantidad de combustible que la requerida por el camión.....	143
Tabla 27. Camiones con problemas en el medidor de nivel de combustible.....	144
Tabla 28. Camiones observados por rebalse de combustible. ....	144
Tabla 29. Camiones con código de abastecimiento de combustible mal configurado. ....	145
Tabla 30. Resumen de consumo de combustible por mes por flota de equipo, Antapaccay (2016). .....	149
Tabla 31. Consumo de combustible en galones /hora según Caterpillar y Komatsu.....	151
Tabla 32. Consumo de combustible por flota de camiones. ....	152
Tabla 33. Ratio de consumo de combustible de los camiones según las horas operativas medidas en campo. ....	154
Tabla 34. Ratio de consumo de combustible según el horómetro del equipo.....	156
Tabla 35. Ratio de consumo de combustible en función de la pendiente de la vía de los camiones CAT 797F. ....	161
Tabla 36. Tabla resumen de modelo y estimaciones de parámetro para el ratio de consumo de combustible en una vía de pendiente negativa.....	162
Tabla 37. Tabla resumen de modelo y estimaciones de parámetro para el ratio de consumo de combustible en una vía de pendiente positiva.....	163
Tabla 38. Tabla resumen de modelo y estimaciones de parámetro para el ratio de consumo de combustible en una vía de pendiente negativa.....	164
Tabla 39. Tabla resumen de modelo y estimaciones de parámetro para el ratio de consumo de combustible en una vía de pendiente positiva.....	165
Tabla 40. Ratio de consumo de combustible de los camiones KOM 930E para diferentes pendientes de la vía de acarreo. ....	167
Tabla 41. Tabla resumen de modelo y estimaciones de parámetro para el ratio de consumo de combustible en una vía de pendiente negativa.....	168

Tabla 42. Tabla resumen de modelo y estimaciones de parámetro para el ratio de consumo de combustible en una vía de pendiente positiva.....	168
Tabla 43. Tabla resumen de modelo y estimaciones de parámetro para el ratio de consumo de combustible en una vía de pendiente negativa.....	170
Tabla 44. Tabla resumen de modelo y estimaciones de parámetro para el ratio de consumo de combustible en una vía de pendiente positiva.....	170
Tabla 45. Resultados del ratio de consumo de combustible de los camiones en diferentes pendientes de la vía de acarreo .....	173
Tabla 46. Resumen de datos operativos y resultados del consumo de combustible de los camiones en el Modulo de información de nivel de combustible en el sistema Dispatch.....	182
Tabla 47. Resumen de datos operativos y resultados del consumo de combustible de los camiones en el Modulo de información de nivel de combustible del sistema Dispatch.....	185
Tabla 48. Descripciones de los Campos de la Utilidad de Combustible. ....	193
Tabla 49. Resultados de los indicadores de rendimiento de los camiones antes y despues de la aplicación del módulo de información de combustible. ....	199
Tabla 50. Resultado del movimiento de material de los camiones antes y despues de la aplicación del módulo de información de combustible.....	199
Tabla 51. Disponibilidad de los camiones antes y despues de la implementacion del proyecto de investigacion. ....	200
Tabla 52. Utilidad de los camiones antes y despues de la implementacion del proyecto de investigacion. ....	201
Tabla 53. Productividad de los camiones antes y despues de la implementacion del proyecto de investigacion. ....	202

**ÍNDICE DE ANEXOS**

Anexo 1, Plantilla del check list despachador, Antapaccay (2016).....	208
Anexo 2, procedimiento escrito de trabajo del abastecimiento de combustible.....	210
Anexo 3. AST de despacho de combustible en grifos, Antapaccay (2016).....	219
Anexo 4. Manejo de sustancias quimicas, Petroleo diesel2, Antapaccay (2016). ....	220
Anexo 5. Diseño de ancho de vía para camión CAT 79F, Antapaccay (2016). ....	221
Anexo 6. Diseño de ancho de vía para camión KOM 930E, Antapaccay (2016).....	222
Anexo 7. Analisis de suguridad en el trabajo, Antapaccay (2016). ....	223
Anexo 8. Codigo de sinulacion del modulo de informacion de nivel de combustible .....	226
Anexo 9, indicadores de rendimiento antes de la .aplicación del módulo de información del nivel de combustible .....	232
Anexo 10, indicadores de rendimiento después de la aplicación del módulo de información del nivel de combustible .....	234
Anexo 11. planos .....	236

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

### A

- AC** (Corriente Alterna) una forma de electricidad que cambia regularmente de dirección a medida que fluye, y esa es la forma de electricidad utilizada en algunas máquinas eléctricas.
- ALGORITMO** En el contexto matemático, los algoritmos son una serie de normas o leyes específicas que hace posible la ejecución de actividades, cumpliendo una serie de pasos continuos que no le originen dudas a la persona que realice dicha actividad. Los algoritmos se pueden expresar de diversas formas: lenguaje natural, lenguaje de programación, pseudocódigo y diagramas de flujo.
- ARCHIVO DE TRANSACCIÓN** Todas las bases de datos de SQL Server tienen un registro de transacciones que registra todas las transacciones y las modificaciones que cada transacción realiza en la base de datos.

### B

- BACKUP** Una copia de seguridad, también llamada backup (su nombre en inglés), es una copia íntegra y confiable de los datos originales, que se almacena fuera del dispositivo en donde éstos se alojan, con el fin de disponer de un medio para recuperarlos en caso de su pérdida.
- BALIZA VIRTUAL** Una baliza virtual es un área definida por software que permite que DISPATCH rastree los vehículos equipados con GPS cuando entran o dejan el área.
- BCL** Es la biblioteca de clases base.
- BCM** Con BCM start, BOMAG ofrece un sistema fácil de manejar, compatible con GPS para la documentación continua.
- BP** (Mejor ruta) Calcula las rutas más cortas entre dos ubicaciones en la mina y entrega la información a la PL.

BUDGET	Budget es un presupuesto que define el fondo disponible para determinado periodo, acción o campaña.
B5	Personal encargado de actualizar las leyes de mineral en el MineGraphic del sistema Dispatch.
<b>C</b>	
CAES	Sistema de Movimiento de Tierra Asistido por Computadora. Este sistema integra las operaciones, la planificación y el diseño, para indicar a los operadores del equipo exactamente lo que están haciendo en relación con el plan de trabajo.
CGC	Consola Grafica de Color o computadora de campo del equipo.
CLR	Common Language Runtime o CLR ("entorno en tiempo de ejecución de lenguaje común") es un entorno de ejecución para los códigos de los programas que corren sobre la plataforma Microsoft .NET.
CRONTAB	El comando Crontab se utiliza en sistemas UNIX para programar la ejecución de otros comandos, es decir, para automatizar tareas. Crontab es un simple archivo de texto que guarda una lista de comandos a ejecutar en un tiempo especificado por el usuario. Crontab verificará la fecha y hora en que se debe ejecutar el script o el comando, los permisos de ejecución y lo realizará en el background.
<b>D</b>	
DC	Corriente continua, el flujo de corriente eléctrica se da en un solo sentido. Generalmente se designa con las siglas DC, del inglés Direct Current.
DIPOLO	Dipolo es una antena con alimentación central empleada para transmitir o recibir ondas de radiofrecuencia.
DOS	DOS (Dispatch Operating System) es un Mecanismo Automático. Ésta usa los modelos BP, PL, y PD para crear un plan maestro teórico de

circuitos optimizados de producción y tasas de alimentación y para asegurar que el plan se cumpla en tiempo real durante todo el turno.

DXF/DWG

DXF y DWG son dos formatos de archivo comunes usados para intercambiar información entre diferentes programas CAD y de dibujo, Los archivos DXF y DWG contienen casi la misma información y ambos almacenan todos los mismos objetos.

## E

ECMA

(European Computer Manufacturers Association) es una organización internacional basada en membresías de estándares para la comunicación y la información.

EFH

Distancia equivalente horizontal, es la distancia horizontal que el camión podría recorrer en el mismo tiempo que le demanda sobre una pendiente ya sea positiva o negativa.

ENUM.C

El archivo enum.c contiene numerosas tablas de PL que contienen los tamaños y Tipos LPTRUCK, los Tipos LPEXCAV y los factores de excavación.

ESTRUCTURAS  
SECUENCIALES

La estructura secuencial es aquella en la que una acción sigue a otra en secuencia. Las operaciones se suceden de tal modo que la salida de una es la entrada de la siguiente y así sucesivamente hasta el fin del proceso.

EXTENSIÓN  
ARCHIVO

DE En informática extensión del fichero, es una cadena de caracteres anexada al nombre de un archivo, usualmente precedida por un punto. Su función principal es diferenciar el contenido del archivo de modo que el sistema operativo disponga el procedimiento necesario para ejecutarlo o interpretarlo.

## F

FLOTA

Conjunto de vehículos de transporte.

FORM	En Windows Forms, un formulario es una superficie visual en la que se muestra información al usuario. Windows Forms contiene diversos controles que puede agregar a los formularios: controles que muestran cuadros de texto, botones, cuadros desplegables, botones de radio e incluso páginas web.
FORMULARIO WEB	Un formulario web dentro de una página web permite al usuario introducir datos los cuales son enviados a un servidor para ser procesados.
FORMVIEW	Muestra los valores de un único registro de un origen de datos mediante plantillas definidas por el usuario. El control FormView permite editar, eliminar e insertar registros.
FORECAST	Es una afirmación de lo que se espera que ocurra en el futuro, especialmente en relación con un evento o situación particular
FUEL	Líquido constituido por una mezcla de hidrocarburos que se obtiene por destilación fraccionada del petróleo natural; se emplea como combustible.
<b>G</b>	
GEOLocalIZACIÓN	La geolocalización es la capacidad para obtener la ubicación geográfica real de un objeto, como un radar, un teléfono móvil o un ordenador conectado a Internet.
GPS	El Sistema de Posicionamiento Global (en inglés, GPS; Global Positioning System), es un sistema que permite determinar en toda la Tierra la posición de un objeto (una persona, un vehículo) con una precisión de hasta centímetros (si se utiliza GPS diferencial), aunque lo habitual son unos pocos metros de precisión.
GD	(Grade resistance) Es la fuerza, debido a la gravedad, que resiste el movimiento de un vehículo cuesta arriba.
GVW	(Gross vehicle weight) Es el peso del producto (neto) incluyendo el peso del contenedor o empaque (tara).

**H**

**HARDWARE** La palabra hardware en informática se refiere a las partes físicas tangibles de un sistema informático.

**HAULROUTE** La perspectiva de HaulRoute se usa para monitorear las ubicaciones y estados de los camiones de acarreo en tiempo real. Para satisfacer los requisitos de producción variables, también puede modificar las asignaciones de los camiones.

**HORÓMETRO** Un Horómetro es un dispositivo que registra el número de horas en que un motor o un equipo, generalmente eléctrico o mecánico ha funcionado desde la última vez que se ha inicializado el dispositivo. Estos dispositivos son utilizados para controlar las intervenciones de mantenimiento preventivo de los equipos.

**HUB** Es una estación de radio terrestre para telecomunicaciones para la retransmisión de distintos servicios de televisión, voz y datos vía satélite.

**I**

**ID** ID o identificador es el número de identificación de una persona o equipo.

**IDLE TIME** Es el tiempo de inactividad o tiempo improductivo por parte de los empleados o las máquinas causadas por la administración o como resultado de factores fuera de su control. El tiempo de inactividad es el tiempo asociado con la espera, o cuando una pieza de maquinaria no se está utilizando pero podría estarlo. También podría asociarse con la informática, y en ese caso, se refiere al tiempo de procesamiento.

**IEC** (Comisión Electrotécnica Internacional) Es una organización de normalización en los campos: eléctrico, electrónico y tecnologías relacionadas.

INTELLIMINE	Intellimine o Modular proporciona aplicaciones de software y productos de hardware diseñados para mejorar la productividad, la seguridad y la disponibilidad / utilización de los equipos de minería.
I-BLAST	Software de diseño y simulación de voladuras basados en fundamentos físicos.
I-KOM	Sistema de detonación electrónica.
ITERACIÓN	Iteración significa el acto de repetir un proceso con la intención de alcanzar una meta deseada, objetivo o resultado. Cada repetición del proceso también se le denomina una "iteración", y los resultados de una iteración se utilizan como punto de partida para la siguiente iteración.
ISO	(Organización Internacional de Normalización) Es la Organización Internacional para la Estandarización, que regula una serie de normas para fabricación, comercio y comunicación, en todas las ramas industriales.
<b>K</b>	
KPI	Un KPI (key performance indicator), conocido también como indicador clave o medidor de desempeño o indicador clave de rendimiento, es una medida del nivel del rendimiento de un proceso
K1	Supervisor de construcción mina.
<b>L</b>	
LOCK OUT	Bloqueo de nueva puesta en marcha.
LOG OUT	Es el cierre de sesión o salida del sistema.
LOM	Live of mine o vida de la mina.
LPEXCAV	Niveles de capacidad de producción de la pala.
LPMATCHTRUCK	Opción de permitir palas no utilizadas en déficit camiones.
LPTRUCK	Factores promedio de excavación de la flota de camiones.

**M**

**MINEGRAPHICS** La perspectiva MineGraphics ofrece hasta tres mapas de la mina diferentes para mostrar la red de rutas de acarreo de la mina y las ubicaciones de los equipos en tiempo real para así manejar los ciclos de acarreo.

**MINESTAR** CAT MineStar system es el sistema de gestión de equipos más amplio e integrado de la industria minera.

**MMS** Modular Minig System (Sistemas modulares de minería).

**MODULO** En programación, un módulo es una porción de un programa de ordenador. De las varias tareas que debe realizar un programa para cumplir con su función u objetivos, un módulo realizará, comúnmente, una de dichas tareas (o varias, en algún caso).

**MTBF** MTBF es el acrónimo de las palabras inglesas Mean Time Between Failures, o tiempo medio entre fallos.

**MTTR** MTTR es el acrónimo de las palabras inglesas Medium Time To Repair, es el tiempo promedio que toma reparar algo después de una falla.

**O**

**O1** Supervisor principal de las operaciones mineras.

**OFF ROAD** Camino rural no pavimentado o más habitualmente a una superficie que no es un camino, donde es difícil transitar en vehículos comunes.

**OVERTRUCKED** Cantidad de camiones más de lo necesario.

**P**

**PERTIGA** Recomendado para ser usadas en camionetas que se desplazan donde transitan grandes camiones de volteo de más de 200 toneladas, con el fin de ser vistos desde grandes alturas y no ser objeto de aplastamiento de los mismos.

PD	Programación dinámica que se encarga de llevar a cabo, en tiempo real, los circuitos de producción en la solución de PL teórica.
PDA	PDA, del inglés Personal Digital Assistant, Asistente Digital Personal, computadora de bolsillo, organizador personal o agenda electrónica de bolsillo,
PITDAT. DDB	Base de datos mina.
PL	Programación lineal o plan maestro teórico para maximizar la productividad general de camiones en la mina.
PSEUDOCÓDIGO	El pseudocódigo (o falso lenguaje) es comúnmente utilizado por los programadores para omitir secciones de código o para dar una explicación del paradigma que tomó el mismo programador para hacer sus códigos, esto quiere decir que el pseudocódigo no es programable sino facilita la programación.
<b>R</b>	
RR	(Rolling resistance) la resistencia a la rodadura se presenta cuando un cuerpo rueda sobre una superficie, deformándose uno de ellos o ambos, aunque sólo sea ligeramente, a causa de las grandes presiones existentes en los puntos de contacto
<b>S</b>	
SCRIPT	Archivo de órdenes o archivo de procesamiento por lotes.
SDK	(Software Development Kit) es un kit de desarrollo de software de Microsoft.
SENSOR	Es un dispositivo diseñado para recibir información de una magnitud del exterior y transformarla en otra magnitud, normalmente eléctrica, que se pueda cuantificar y manipular.
SERVIDOR	Un servidor es una aplicación en ejecución (software) capaz de atender las peticiones de un cliente y devolverle una respuesta en concordancia. Los servidores se pueden ejecutar en cualquier tipo de

computadora, incluso en computadoras dedicadas a las cuales se les conoce individualmente como «el servidor».

SITEVISION	Es un sistema de realidad aumentada de alta precisión desarrollado por Trimble ®.
SOLARIS	Es un sistema operativo de tipo UNIX desarrollado por Sun Microsystems.
SPARE	Estado de asignación en reserva.
SPEED	Velocidad o rapidez
SPOT	El tiempo entre que un camión llegue y cargue en una pala.
SQL	SQL (por sus siglas en inglés Structured Query Language; en español lenguaje de consulta estructurada) es un lenguaje específico del dominio utilizado en programación, diseñado para administrar sistemas de gestión de bases de datos relacionales.
STAND BY	Modo de espera o en reposo.
STOCK	Cantidad de bienes o productos que se dispone en un determinado momento para el cumplimiento de ciertos objetivos.
SUN	Son servidores Oracle que ofrecen la infraestructura de TI segura que se necesita para transformar una empresa.
<b>T</b>	
TAG OUT	Etiquetado salvavidas en el punto de bloqueo con los datos de la persona responsable de la consignación.
TAPE BACKUP	La copia de seguridad en cinta es la práctica de copiar periódicamente datos desde un dispositivo de almacenamiento primario a un cartucho de cinta para que los datos puedan recuperarse si se produce un bloqueo o falla del disco duro.
TARGET	Objetivo, meta o blanco.

TIEMPO REAL	Un sistema de tiempo real es un sistema informático que interacciona con su entorno físico y responde a los estímulos del entorno dentro de un plazo de tiempo determinado.
TRANSACT-SQL	(T-SQL) es una extensión al SQL de Microsoft y Sybase. SQL, que frecuentemente se dice ser un Lenguaje de Búsquedas Estructurado (por sus siglas en inglés), es un lenguaje de cómputo estandarizado, desarrollado originalmente por IBM para realizar búsquedas, alterar y definir bases de datos relacionales utilizando sentencias declarativas.
TRUCK	Un Truck o camión es un vehículo de motor diseñado para transportar carga.
<b>U</b>	
UHF	UHF (siglas del inglés Ultra High Frequency, ‘frecuencia ultra alta’) es una banda del espectro electromagnético que ocupa el rango de frecuencias de 300 MHz a 3 GHz
UNDER TRACKED	Cantidad de camiones menos de lo necesario.
UTILERIA MODCAMION	La Utilería ModCamión permite agregar y eliminar camiones de acarreo. También puede desplegar y cambiar la información de los camiones de acarreo.
UTM	El sistema de coordenadas universal transversal de Mercator (en inglés Universal Transverse Mercator, UTM) es un sistema de coordenadas basado en la proyección cartográfica transversa de Mercator.
<b>V</b>	
VIMS	El Sistema de Administración de Información Vital (VIMS) de Caterpillar es una poderosa herramienta para la administración de la máquina que proporciona a los operadores, al personal de servicio y a los gerentes información en una amplia gama de funciones vitales de la máquina.

**W****WEMCO**

Wenco International Mining Systems, Ltd. (Wenco) es una compañía canadiense de tecnología que desarrolla, fabrica y distribuye sistemas informáticos para administrar y controlar equipos de minería de superficie.

**WORK STATION**

Una work station es una computadora especial diseñada para aplicaciones técnicas o científicas. Destinadas principalmente para ser usadas por una persona a la vez, comúnmente están conectadas a una red de área local y ejecutan sistemas operativos multiusuario.

## INTRODUCCIÓN

La empresa minera Antapaccay viene trabajando con la última tecnología de administración y control de equipos (Dispatch), con el fin de maximizar la productividad y proporcionar asignaciones optimizadas de los camiones de acarreo. Sin embargo, el sistema Dispatch tiene un déficit en el manejo del servicio de combustible y en la asignación de los equipos de acarreo hacia los grifos, generando cola de camiones, el cual repercute en la producción mina. Es por este motivo que el presente proyecto busca solucionar el problema mediante el diagnóstico del consumo de combustible e implementación de un módulo de información del nivel de combustible en el sistema Dispatch para un mejor control del consumo de combustible y la apropiada asignación de los camiones al grifo.

Este trabajo presenta los siguientes capítulos:

En el capítulo I se presenta el planteamiento de la investigación, el problema, los objetivos, la justificación, los alcances y limitaciones de la misma.

En el capítulo II se aborda los aspectos teóricos relacionados al área mina como son las operaciones unitarias, el sistema Dispatch y el ciclo de carguío y acarreo. Adicionalmente, se fundamenta el monitoreo de operaciones, la clasificación de tiempos y los indicadores de rendimiento.

En el capítulo III se aborda los aspectos relacionados con el estudio de consumo de combustible de los camiones, para el cual fue necesario la descripción de la flota de camiones, vías de acarreo, características del grifo, el ciclo de abastecimiento y el proceso asignación de los camiones a grifo.

En el capítulo IV se efectuó la recolección y análisis de datos para obtener los tiempos del proceso de abastecimiento en grifo, así como los niveles de combustible de los camiones, el cual permitió determinar el ratio de consumo de combustible e identificar las observaciones en el proceso de abastecimiento.

En el capítulo V se plasma la construcción y la implementación del módulo de información de nivel de combustible, el cual permite la asignación eficiente de camiones a grifo, así como la mejora de la disponibilidad, la utilidad y la productividad de los camiones.

Finalmente, se presentan las conclusiones y recomendaciones de esta tesis.

## RESUMEN

En la actualidad la empresa minera Antapaccay viene utilizando la última tecnología de administración y control de equipos (Dispatch), con el fin de maximizar la productividad y proporcionar asignaciones optimizadas de los camiones de acarreo; sin embargo, este sistema tiene un déficit en el manejo del servicio de combustible y en la asignación de los equipos de acarreo hacia los grifos, debido al desconocimiento del nivel real de combustible restante en el equipo, generando así cola de camiones y dificultades en la asignación de camiones a grifo.

El abastecimiento de combustible a los camiones en el grifo es una de las actividades no operativas que representa el 7.5% del tiempo total de la guardia y el tiempo de espera de los camiones en grifo (Cola de camiones) es el 26% del tiempo de abastecimiento de combustible.

El problema de cola de camiones en grifo se debía al incorrecto cálculo de consumo de combustible del sistema Dispatch, el cual estaba basado en tablas prediseñadas del consumo de combustible, los cuales eran diferentes a la realidad de la empresa Antapaccay, adicionalmente; es necesario mencionar que el sistema utilizaba un nivel inicial de combustible impreciso, a partir del cual se iniciaba los cálculos del nivel de combustible en los equipos; es así que se vio conveniente implementar un nuevo módulo de información del nivel de combustible en el sistema Dispatch, en base a los datos operativos reales de la mina.

Posterior a la recopilación de los datos de campo se procedió a la programación del algoritmo matemático encargado de calcular e informar el nivel de combustible de los camiones en tiempo real. El pseudocódigo de este nuevo módulo de información estuvo desarrollado a partir de ecuaciones y manuales del fabricante (OEM). Los modelos matemáticos usados para el cálculo del ratio de consumo de combustible FC (l/h) fueron los de Runge, (1998) y Filas, (2002); los cuales dependían de los siguientes factores; carga del camión, velocidad, potencia del motor, condiciones de la vía de acarreo, factor de carga (LF), potencia del equipo, etc.

La evaluación de las variables y el desarrollo de un nuevo algoritmo matemático de consumo de combustible, permitió la creación e implementación de un nuevo módulo de información de nivel de combustible en el sistema Dispatch (Truckfuelnew y Truckfuelnew2), para calcular e informar en tiempo real el nivel de combustible restante en los camiones.

Finalmente, la asignación óptima de los camiones a grifo permitió reducir los tiempos de espera (Tiempo no operativo) y realizar una mejor gestión de los equipos para mejorar los resultados en los indicadores de rendimiento y producción mina.

## ABSTRACT

Nowadays, Antapaccay is using the last technology in equipment management and control (Dispatch), the company's goal is to maximize the productivity and provide an optimize trucks assignment. However, this system has a deficit in the gas service and truck assignment to the gas station, and it generates trucks queue in the gas station. The gas supplying is one of the no operative activity that represents the 7.5 % from the work shift time, and the hang time in the gas station represents the 26% of the gas supplying time, these problems in the operation time activity are generated by the bad truck assignment to the gas station.

On the other hand, to estimate the truck fuel consumption is necessary to evaluate different haulage variables that affect the fuel consumption that depends of the truck model, haulage road, truck's velocity, operation altitude, equipment performance in pend, and so on.

The evaluation of this data will have the purpose of implementing a new fuel level information module (Truckfuelnew and Truckfuelnew2), that can estimate and inform the level of remaining fuel in a truck in real time with the purpose of optimizing the truck assignment to the gas station; therefore, reduce the hang time (No operative time).

The optimized truck assignment to the gas station will allow to improve the operation management and reduce the hang and queue time of the equipment in the gas station, and as a result we will achieve an efficient truck assignment with the goal of obtaining good results in the mine production.

## **CAPITULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La Empresa Minera Antapaccay dispone de la última tecnología de control y administración de camiones (Dispatch Intellmine), para maximizar la producción y minimizar los costos operativos; sin embargo, este sistema tiene ciertas carencias en la asignación de los camiones al grifo, debido al mal manejo del nivel real de combustible existente en el equipo. El déficit del sistema Dispatch en el manejo del servicio de combustible y en la asignación de los equipos de acarreo hacia los grifos, genera cola de camiones en la estación de servicio, que en algunos casos son dos en cola y uno en servicio, haciendo un tiempo aproximado de 20 minutos de espera por camión el cual afecta la producción y el rendimiento de los equipos. Este problema se debe a que el sistema trabaja con datos desactualizados y en forma subjetiva, el cual se basa solamente en la información brindada por el operador del equipo que por lo general es antojadizo, es decir los operadores aprovechan ese tiempo para darse un pequeño descanso o dirigirse a los servicios higiénicos. Adicionalmente, cerca del 70 % (27 camiones) del total de camiones abastecen combustible de día para evitar realizar las inspecciones reglamentarias del camión en el turno noche debido a las inclemencias del tiempo y de seguridad, generando así, una mayor presencia de camiones durante el turno día. Por otro lado los despachadores se empeñan en solucionar este problema, pero sin obtener buenos resultados, debido al desconocimiento del nivel real de combustible de los camiones de acarreo. Finalmente, la falta de conocimiento y control del nivel real de combustible restante en el equipo genera una inadecuada asignación de los camiones a grifo, ocasionando así cola de camiones y reducción de la productividad mina.

#### **1.1. Problema general**

¿Será posible diagnosticar el consumo de combustible e implementar un módulo de información del nivel de combustible en el sistema Dispatch para una mejor asignación de los camiones al grifo?

### **1.1.1. Problemas específicos**

1. ¿Cómo varía el consumo de combustible en los camiones y que factores afectan esto?
2. ¿De qué forma se puede determinar el nivel de combustible de los camiones en tiempo real?
3. ¿Se logrará implementar un módulo de información de nivel de combustible para mejorar la asignación de los camiones al grifo en el sistema Dispatch?

### **1.2. Objetivo general**

El objetivo principal de la investigación es diagnosticar el consumo de combustible de los camiones e implementar un módulo de información del nivel de combustible en el sistema Dispatch para un mejor control del consumo de combustible y la apropiada asignación de los camiones al grifo.

#### **1.2.1. Objetivos específicos**

1. Conocer el consumo de combustible de los camiones y los factores que afecta esto.
2. Determinar el nivel de combustible de los camiones en tiempo real.
3. Implementar un módulo de información que permita informar el nivel de combustible en tiempo real y mejorar la asignación de los camiones al grifo en el sistema Dispatch.

### **1.3. Justificación y delimitación del problema**

Las empresas mineras desde siempre han buscado optimizar sus operaciones, reducir los costos e incrementar la producción, con el fin de obtener mejores resultados, motivo por el cual toda empresa hace uso de la última tecnología existente (Intellmine Dispatch, 2005).

En Antapaccay el abastecimiento de combustible es una de las actividades que utiliza mayor tiempo dentro de las operaciones mineras y una mala asignación de los camiones al grifo puede ocasionar grandes tiempos de espera (cola de camiones) y repercutir en la producción mina. Dentro de las operaciones mineras, la asignación óptima de los equipos es una tarea compleja, porque intervienen muchas variables técnicas, geométricas y económicas; es así que, para realizar una mejor asignación de los camiones a grifo es necesario conocer el nivel de combustible de los camiones en tiempo real.

Finalmente, cabe mencionar que los resultados obtenidos en la investigación permitirán obtener una asignación óptima de camiones a grifo, así como mejorar los resultados en los indicadores de rendimiento y producción mina.

#### **1.4. Hipótesis general**

El diagnóstico del consumo de combustible de los camiones y la implementación del módulo de información en el sistema Dispatch permite un mejor control del nivel de combustible y una apropiada asignación de los camiones al grifo.

##### **1.4.1. Hipótesis específicas**

1. El consumo de combustible de los camiones varía de acuerdo a diferentes parámetros operativos.
2. El nivel de combustible de los camiones en tiempo real se determina mediante la programación de un algoritmo matemático de cálculos iterativos.
3. La implementación del módulo de información del nivel de combustible mejora la asignación de los camiones al grifo en el sistema Dispatch.

#### **1.5. Tipo de investigación**

De acuerdo al estado del conocimiento sobre el problema de investigación y la perspectiva del estudio se determinó que la siguiente investigación es de alcance **Descriptivo y Correlacional**.

Es Descriptivo porque se busca especificar las propiedades y características importantes del consumo de combustible de los camiones y los factores que afectan en este.

Es Correlacional porque permiten predecir y asociar las variables independientes y dependientes que intervienen en la asignación de camiones a grifo, es decir la implementación del módulo de información influye positivamente en la asignación óptima de camiones a grifo.

#### **1.6. Método de investigación**

El método de investigación a emplear para el presente trabajo será el ANALITICO-APLICADA.

Es Analítico debido a que en base a los análisis realizados se generó analogías y nuevas teorías, es decir se estudió a mayor profundidad los factores que intervienen en el consumo de combustible de los camiones y en la implementación del módulo de información de nivel de combustible en tiempo real.

Es Aplicada porque se busca la estrategia que permita optimizar la asignación de camiones a grifo es decir solucionar el problema de la inadecuada asignación de camiones a grifo para mejorar los resultados en los indicadores de rendimiento y producción mina.

### 1.7. Matriz de consistencia

"ESTUDIO DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLE E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DE INFORMACIÓN EN EL SISTEMA DISPATCH PARA LOS CAMIONES DE LA CIA MINERA ANTAPACAY ESPINAR - CUSCO"				
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION	HIPOTESIS DE LA INVESTIGACION	VARIABLES DEPENDIENTES	INDICADORES
<p><b>A.- PROBLEMA GENERAL</b></p> <p>¿Será posible diagnosticar el consumo de combustible e implementar un módulo de información del nivel de combustible en el sistema Dispatch para una mejor asignación de los camiones al grifo?</p>	<p><b>A.- OBJETIVO GENERAL</b></p> <p>Diagnosticar el consumo de combustible de los camiones e implementar un módulo de información del nivel de combustible en el sistema Dispatch para un mejor control del consumo de combustible y la apropiada asignación de los camiones al grifo.</p>	<p><b>A.- HIPOTESIS GENERAL</b></p> <p>El diagnóstico del consumo de combustible de los camiones y la implementación del módulo de información en el sistema Dispatch permite un mejor control del nivel de combustible y una apropiada asignación de los camiones al grifo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ratio de consumo de combustible</li> <li>• Cálculo matemático de nivel de combustible en tiempo real</li> <li>• Asignación óptima de camiones al grifo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Consumo de combustible (Gal/h)</li> <li>- Programación (C#)</li> <li>- Nivel de combustible del camión (%)</li> <li>- Módulo de información</li> <li>- Sistema Dispatch</li> <li>- Indicadores de rendimiento (UE, DM, Etc.)</li> </ul>
<p><b>B.- PROBLEMAS ESPECÍFICOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Cómo varía el consumo de combustible en los camiones y que factores afectan esto?</li> <li>• ¿De qué forma se puede determinar el nivel de combustible de los camiones en tiempo real?</li> <li>• ¿Se logrará implementar un módulo de información de nivel de combustible para mejorar la asignación de los camiones al grifo en el sistema Dispatch?</li> </ul>	<p><b>B.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conocer el consumo de combustible de los camiones y los factores que afecta esto.</li> <li>• Determinar el nivel de combustible de los camiones en tiempo real.</li> <li>• Implementar un módulo de información que permita informar el nivel de combustible en tiempo real y mejorar la asignación de los camiones al grifo en el sistema Dispatch.</li> </ul>	<p><b>B.- HIPOTESIS ESPECÍFICAS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El consumo de combustible de los camiones varía de acuerdo a diferentes parámetros operativos.</li> <li>• El nivel de combustible de los camiones en tiempo real se determina mediante la programación de un algoritmo matemático de cálculos iterativos.</li> <li>• La implementación del módulo de información del nivel de combustible mejora la asignación de los camiones al grifo en el sistema Dispatch.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Camiones</li> <li>• Parámetros operacionales</li> <li>• Tecnología</li> </ul>	<p><b>INDICADORES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Capacidad de carga (Ton)</li> <li>- Capacidad del tanque (Gal)</li> <li>- Velocidad de acarreo (Km/h)</li> <li>- Distancia de acarreo (Km)</li> <li>- Pendiente de las vías (%)</li> <li>- Resistencia a la rodadura (%)</li> <li>- Alta precisión y tiempo real</li> </ul>

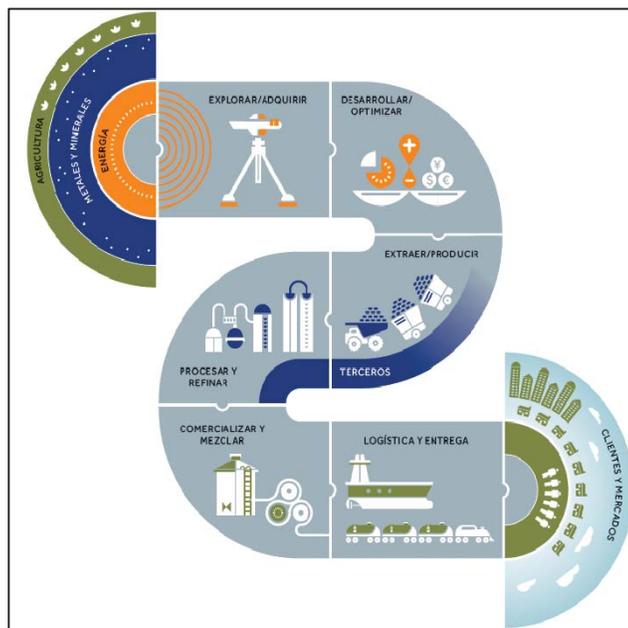
## CAPÍTULO II

### AMBITO DE ESTUDIO

#### 2.1. Glencore en el mundo

Glencore plc, con sede en Suiza, es uno de los productores y comercializadores de alimentos y materias primas más importantes del mundo. Glencore controla el 50% del mercado mundial de cobre, el 60% de zinc, el 38 % de alúmina, el 45% de plomo y el 28% de carbón para centrales térmicas. Adicionalmente, Glencore está posicionado para obtener valor en cada etapa de la cadena de abastecimiento de materias primas, extracción, procesamiento, transporte, logística, tecnología, almacenamiento y comercialización.

La combinación entre sus amplias actividades e instalaciones de producción industrial junto con sus capacidades internacionales en materia de marketing y distribución, apuntan a lograr un crecimiento superior y a crear valor para el beneficio de sus grupos de interés. En la siguiente infografía (*Ilustración 1*), se resumen los procesos de creación de valor de Glencore.



*Ilustración 1. Proceso de creación de valor de Glencore plc.*

Fuente: Glencore plc, 2012.

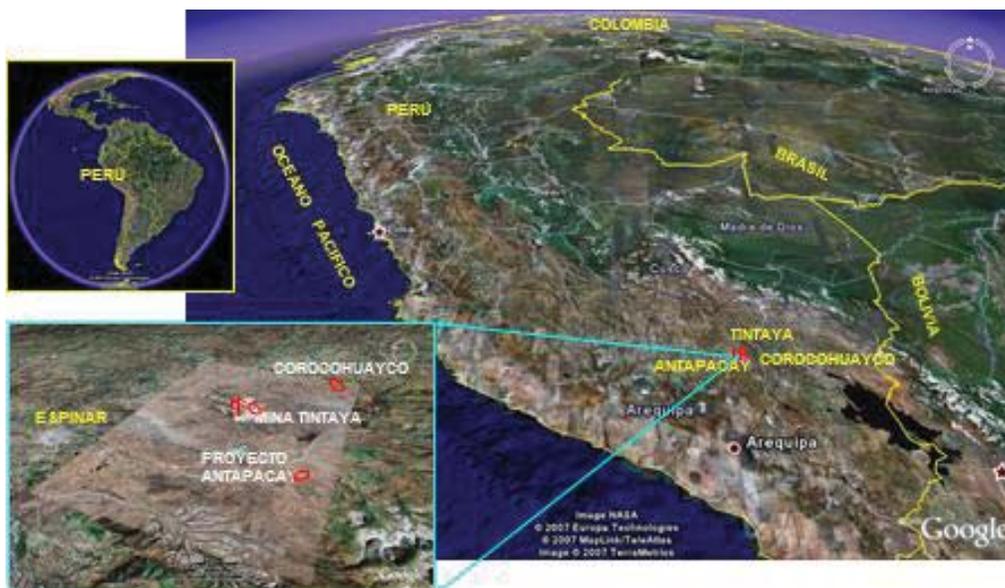
## 2.2. Descripción

El proyecto Antapaccay es propiedad y operada por la Compañía Minera Antapaccay S.A. (“CMA”), una empresa peruana que es una división de propiedad absoluta de Glencore plc (“Glencore”). Glencore adquirió indirectamente CMA en mayo del 2013 como un resultado de su adquisición de Xtrata plc (“Xtrata”).

## 2.3. Ubicación

La U.M. Antapaccay se encuentra ubicado en la comunidad de Alto Huarca, en la zona sur de los andes del Perú, en el distrito y provincia de Espinar, en el departamento del Cusco; localizado a 15 Km del distrito de Espinar, aproximadamente a 256 Km al SE de la ciudad de Cusco y 265 Km al NE de la ciudad de Arequipa. Antapaccay está aproximadamente a 9.4 Km al sur- oeste de la mina Tintaya, y la planta concentradora de Antapaccay está localizada a 4.5 Km al sur de la planta concentradora de Tintaya (*Ilustración 2*).

La concesión minera es de propiedad de Glencore y las coordenadas del proyecto son 243283E y 8345572N en el sistema de coordenadas UTM, el cual corresponde a la Zona19 y Franja L. Adicionalmente, la mina Antapaccay se encuentra en el rango de elevación es de 3,980 a 4,050 m.s.n.m.



*Ilustración 2. Ubicación geográfica de la unidad minera Antapaccay.*

Fuente: Glencore, 2016.

La propiedad de la CMA consiste en numerosas concesiones mineras y petitorios mineros que cubren un área de 99 766 Ha., que incluye la antigua mina Tintaya, la actual mina Antapaccay y el proyecto Coroccohuayco. Estas concesiones y petitorios pueden mantenerse de manera indefinida, dependiendo del pago de los aranceles de licencia anual y de la provisión de cierta información de producción e inversión. La U.M. Antapaccay así mismo comprende 13 concesiones mineras que cubren un área total de 7 944 Ha, los terrenos superficiales pertenecen tanto a Glencore como a propietarios individuales de las comunidades de Alto Huarca, Huisa y productores independientes. Los centros poblados más cercanos al área del proyecto son Alto Huarca, Huisa, Tintaya Marquiri, Cala, Huisa Collana y la ciudad de Yauri.

CMA tiene derechos de superficie sobre aproximadamente 10 321 Hectáreas del total de áreas concesionadas. Los derechos superficiales han sido adquiridos para todas las necesidades operativas actuales con respecto al proyecto Antapaccay. Los derechos superficiales adicionales serían necesarios para el desarrollo de ciertas reservas y recursos minerales

CMA opera bajo un acuerdo de estabilidad tributaria con el gobierno de Perú, en virtud del cual paga regalías del 1% del ingreso neto de hasta los US\$ 60 millones, 2% del ingreso neto entre US\$ 60 millones y US\$ 120 millones, y el 3% del ingreso neto superior a los US\$ 120 millones. CMA también está sujeto a la contribución minera especial que aplica a su ingreso operativo basado en una escala móvil progresiva que va del 4% al 13%.

#### 2.4. Accesibilidad

Las principales vías de acceso son:

- Aérea, mediante el Aeródromo de Yauri, ubicado a 15 Km. de la U.M. Antapaccay.
- Terrestre, se emplean dos rutas principales para acceder a la U.M. Antapaccay (*Ilustración 3*), el cual se detalla a continuación en la *tabla 1*.

*Tabla 1. Vías de acceso terrestre a la U.M. Antapaccay.*

RUTA	DISTANCIA	DESCRIPCIÓN
Lima - Cusco – Sicuani – Yauri – U.M. Antapaccay.	1346 Km.	Carretera asfaltada, excepto el tramo Yauri – U.M. Antapaccay, carretera afirmada
Lima – Arequipa – Imata – U.M. Antapaccay.	1240 Km.	Carretera asfaltada, excepto el tramo Imata – U.M. Antapaccay, carretera afirmada.

Fuente: Glencore Antapaccay, 2016.



*Ilustración 3. Vías de acceso terrestre a la U.M. Antapaccay.*

Fuente: Adaptación propia a partir del mapa vial del Ministerio de Transportes y Comunicaciones de Perú, 2015.

## 2.5. Reseña histórica

1. **Atalaya.-** La existencia de minerales de cobre en el distrito se conoció desde hace mucho tiempo atrás y ya en 1935 la mina Atalaya era trabajada de manera artesanal con labores cercanas a la superficie. El mineral era tratado en una planta de quimbaletes con capacidad de 10 Ton/día. En el año 1984, Mariano Velasco deviene propietario del derecho minero denominado Atalaya de 120 hectáreas, iniciando e intensificado por iniciativa propia; los trabajos de exploración y desarrollo, incrementando sucesivamente las reservas de mineral.
2. El 22 de mayo de 1970 se constituye la Compañía Minera Atalaya S.A. adquiriendo todos los derechos y acciones de Mariano Velasco, Con ayuda crediticia de Banco Minero del Perú donde se instala una planta de tratamiento de minerales de cobre por flotación, con capacidad de 150Ton/día.
3. En 1971 se eleva la capacidad de tratamiento de la planta de beneficio a 450 ton/día.

4. En 1974 se contrató al Ing. José Arce para realizar geofísica (IP) en los alrededores (300 hectáreas) de la mina subterránea. Dos anomalías grandes de cargabilidad fueron delineadas.: La primera sobrelapando la mina y extendiéndose 150 m al este; la segunda localizada a 1.2 km al NW de la mina en la concesión Huarcas 1. José Arce recomendó perforar dichas anomalías, dichas perforaciones no se realizaron.
5. Posteriormente en el año 1979 se inicia el cambio del sistema de extracción convencional por el sistema de minería sin rieles con la construcción de rampas e implementación de equipos de carguío y transporte de bajo perfil diésel.
6. El Año 1994 BHP hace de conocimiento del potencial geológico del distrito minero de Tintaya; durante las evaluaciones de los recursos de la empresa Especial Tintaya S.A.
7. Entre los años de 1998-2000, Se realiza la perforación diamantina (85,246 m.) Se descubre el pórfido con los primeros taladros y luego se continuó perforando para delimitar los cuerpos mineralizados
8. En el 2005 se perforó 5,254 metros tanto en Antapaccay Norte y Sur detectando algunos contactos de pórfido mineralizado.
9. Posteriormente en el año 2006 Xstrata Copper adquirió el proyecto de cobre y oro Antapaccay mediante la compra de Tintaya.
10. Finalmente el 2012 las operaciones de la empresa Xstrata Copper pasan a las manos de la empresa transnacional Glencore quien a partir de esa fecha viene explotando el yacimiento minero Antapaccay.

## **2.6. Fisiografía, clima y vegetación**

La comunidad de Altohuarca posee un ecosistema producto de la sucesión de altas mesetas, cuencas y cerros de paisajes predominantes de altiplano que corresponde a una prolongación occidental de la Meseta de Collao, destacando cumbres que sobrepasan los 5000 m.s.n.m.

El clima de la región se caracteriza por un clima frío y húmedo con dos estaciones definidas: la estación húmeda (de noviembre a marzo) y la estación seca (de abril a octubre) típico de la región sierra.

La fortaleza de la nación K'ana, también esta expresada en la flora que pese a la poca profundidad del suelo humífero y su débil aporte nutritivo produce una cobertura vegetal de estepa constituida por plantas de poca elevación como el Ichu. (*Ilustración 4*)



*Ilustración 4. Flora de la comunidad Altohuarca.*

Fuente: adaptación propia a partir de las fotografías del área de medio ambiente de Antapaccay, 2015.

El área del proyecto se caracteriza por presentar diversos recursos hídricos (quebradas) donde varios de estos son temporales. La actividad laboral en el área del proyecto es básicamente ganadera, los pastos que existen en la comunidad son naturales y la ganadería está comprendido por los camélidos sudamericanos, ovinos y vacunos (*Ilustración 5*).

Se identifica tres grupos de uso potencial de tierras: Tierras aptas para cultivo en limpio, tierras aptas para pastos y tierras de protección. Así mismo respecto al uso actual de las tierras se han identificado tierras de pastoreo de ovinos y vacunos.



*Ilustración 5. Fauna de la comunidad Altohuarca.*

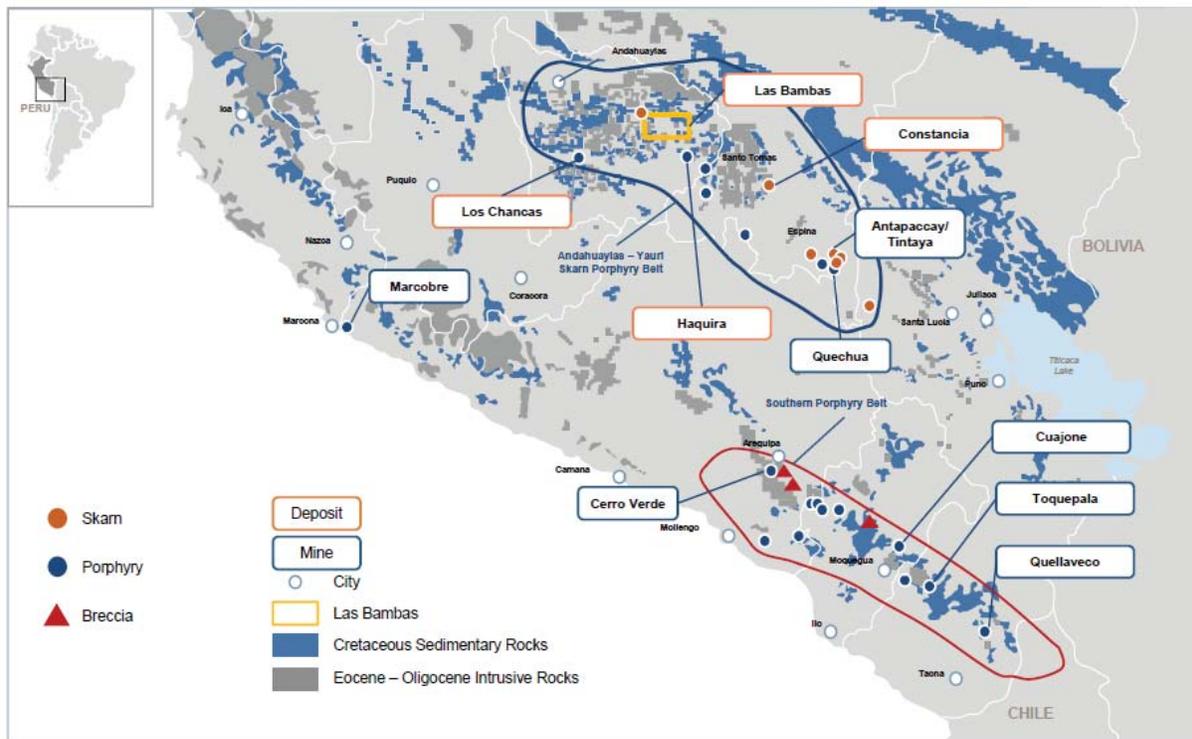
Fuente: adaptación propia a partir de las fotografías del área de medio ambiente de Antapaccay, 2015.

## 2.7. Relieve

El territorio está conformado por un extenso altiplano en forma de estrella rodeada de un gran cordón de montañas residuales que lo encierran. No dejan de faltar los valles, pero estos son poco profundos. El altiplano de Yauri, es parte del elevado territorio de la provincia de Espinar, que como se sabe es la más alta del departamento del Cusco (4,000 o 4,500 m.s.n.m.) Esta provincia, en su relieve se caracteriza por tener un altiplano, formado por dilatadas pampas, por encima del nivel de las pampas se observa una serie de colinas, que tienen gran importancia humana, pues sobre ellas se han instalado algunos poblados y aldeas, debido a que están libres de la humedad y de los pantanos que se forman en las partes bajas en la estación lluviosa. Al sur de Espinar en que el altiplano tiene una mayor elevación (4,200 m.s.n.m), los ríos han formado cañones de paredes verticales, aunque poco profundos (menos de 80 m) tallados entre suaves zonas volcánicas. Existen también valles cuyos suelos se aprovechan en la agricultura. Las montañas que encierran la cuenca de Yauri forman tres alineamientos que en general no tienen gran elevación con respecto al pico del altiplano, la presencia de abundantes materiales volcánicos nos indica que en Espinar hubo en tiempos geológicos pasados gran actividad volcánica. La provincia de Espinar ofrece una configuración ambiental variada representada por zonas de vida dentro de la región latitudinal subtropical.

## 2.8. Geología

El depósito de skarn-pórfido de Antapaccay se encuentra dentro de la Franja Eocena-Oligocena del cinturón Andahuaylas-Yauri (*Ilustración 6*). Este cinturón alberga varios proyectos importantes como Las Bambas, Haquira, quechua y Constancia.



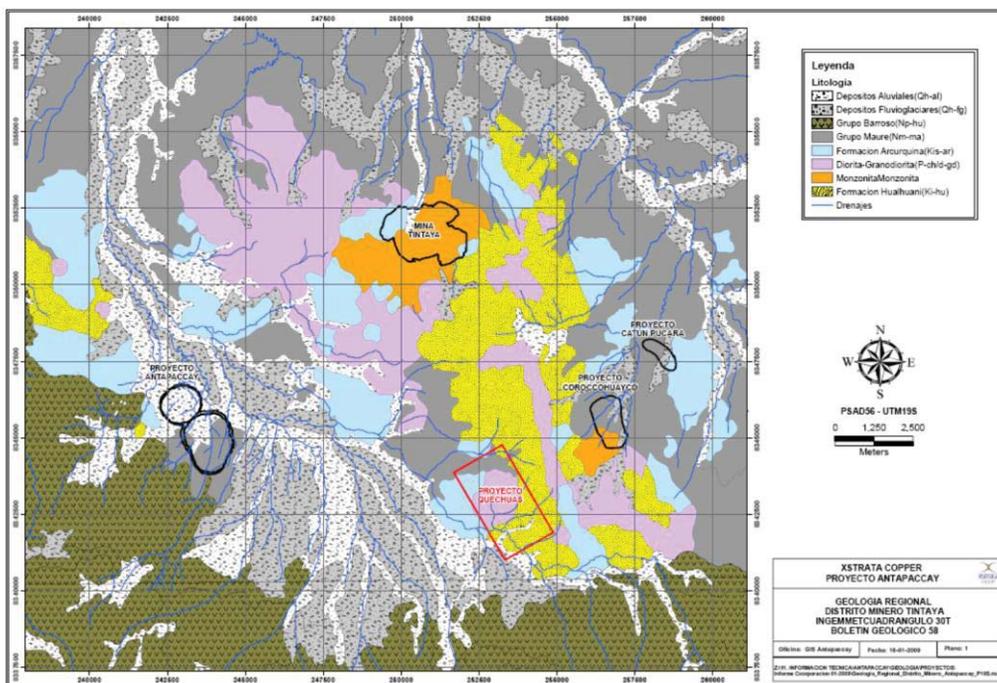
*Ilustración 6. Franja Eocena-Oligocena del cinturón Andahuaylas-Yauri.*  
Fuente: Área de geología mina, Antapaccay, 2016.

### 2.8.1. Geología Regional

El Proyecto Antapaccay es un depósito tipo pórfido-skarn (Cu-Ag-Au) localizado a 9.4 Km., en línea recta, hacia el SW de la Mina Tintaya en el entorno de la Antigua Mina Atalaya; políticamente se encuentra en la Comunidad Campesina de Alto Urraca, distrito y provincia de Espinar, Región Cusco.

La Franja Eocena-Oligocena del cinturón de Andahuaylas-Yauri se localiza a una distancia de 250 a 300 Km. al oeste de la actual fosa Perú – Chile. Se encuentra sobre una gruesa capa de corteza sálica (50 a 60 Km.; James, 1971), en la zona de transición entre el régimen de subducción plana del centro del Perú y el régimen de subducción normal del sur del Perú y norte de Chile (Caía y Isacks, 1992). Inmediatamente al sureste de la deflexión de Abancay (Marocco, 1978).

Geológicamente consiste de una gruesa secuencia sedimentaria cretácica plegada durante las deformaciones andinas y ampliamente intruída por stocks, sills y diques del Batolito Andahuaylas – Yauri, cubierta por depósitos lacustrinos y volcánicos cenozoicos y depósitos cuaternarios (*Ilustración 7*).



*Ilustración 7. Plano Geológico del Distrito Minero de Tintaya.*

Fuente: Área de geología mina, Antapaccay, 2015.

## 2.8.2. Geología del Depósito

El Proyecto Antapaccay corresponde a un depósito tipo pórfido (Cu-Ag-Au), la mineralización de cobre se encuentra diseminada y en venillas hospedada en diorita y principalmente en diversos pórfidos Nitra-mineral. Al contacto con las rocas sedimentarias cretácicas formaron cuerpos irregulares de skarn (calizas) y stockwork (hornfels y cuarcitas) conteniendo valores altos de cobre, pero estos representan un componente menor de todos los recursos.

Se han diferenciado dos sectores denominados: Antapaccay Norte con 300 m. en dirección NW-SE y ancho de 450 m. y Antapaccay Sur siendo el más extenso con 1,300 m. en dirección NW-SE y ancho variable de 250 a 430 m.

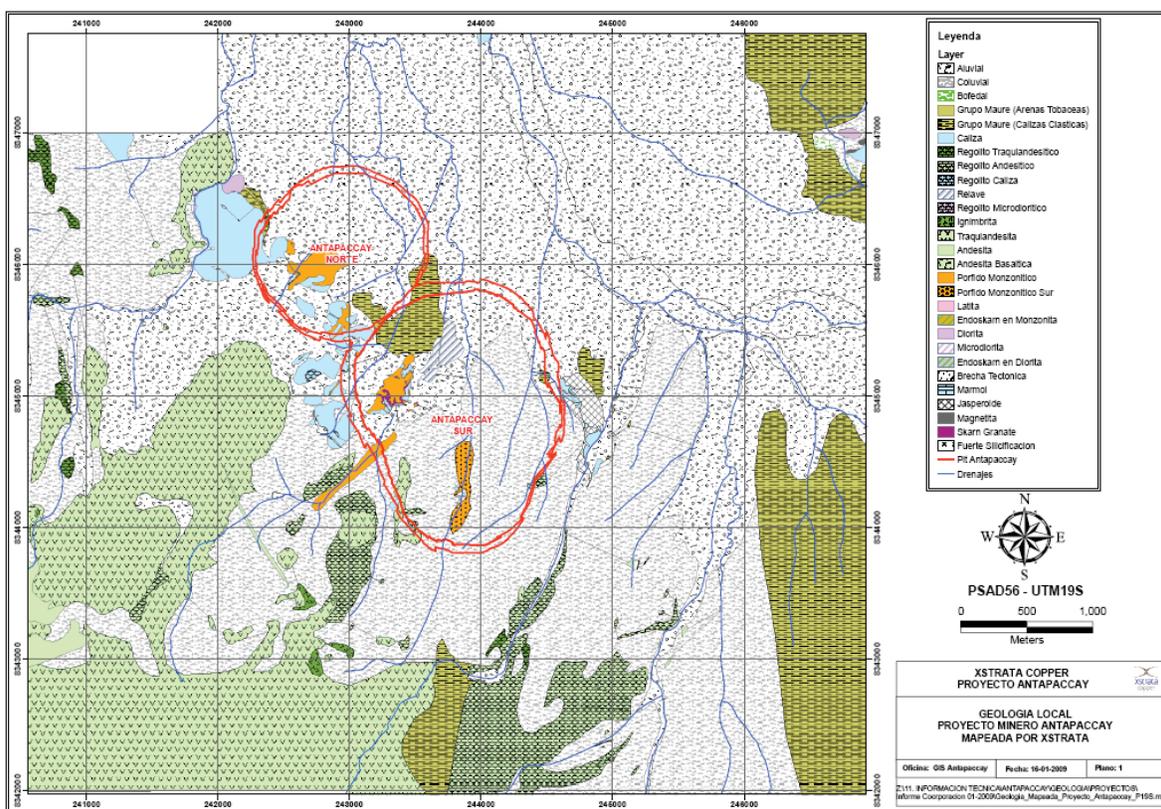
Los afloramientos en el área del Proyecto son limitados a algunos afloramientos de caliza y mármol al NW y SE; así como afloramientos de intrusivos dacíticos en el área de Atalaya. Muchas de las descripciones litológicas fueron hechas de muestras de perforación.

### 2.8.2.1. Litología

En Antapaccay Norte el 6% corresponde a afloramientos, básicamente en el Cerro Juto que se ubica en el extremo NW del proyecto, está constituido por un potente afloramiento de calizas.

Ferrobamba, hacia el SE atravesando una pequeña quebrada sin nombre (con rumbo N35°E) se alcanza el flanco NE del Cerro Quello; entre las cotas 4050 y 4000, se ha cartografiado pequeños afloramientos de intrusivos (Pórfido 75 y 79) que interceptan afloramientos mayores de mármol gris y pardo, de grano fino a medio, bandas de blanqueamiento con venillas de calcita y OxFe. Ambos intrusivos al oeste están en contacto con calizas, generando una delgada franja de Skarn de magnetita, granate y piroxeno (G. Villón y E. Vicharra, E., 2006). El resto del área (94% aprox.), está cubierta por depósitos cuaternarios morrénicos y aluviales.

En Antapaccay Sur el 7% del área corresponde a un conjunto de afloramientos de rocas intrusivas (Pórfido 80, Pórfido 74 y diorita) que intruyen calizas de la Formación Ferrobamba, restringiendo su afloramiento a pequeños parches entre los intrusivos. El 50% del área del proyecto, está cubierta por tobas de color gris claro, con ligera tonalidad rosada con matriz afanítica de grano fino a medio y fragmentos líticos. El 15% corresponde a la Grupo. Maure y el resto del área está cubierta por material cuaternario (*Ilustración 8*).



*Ilustración 8. Geología del Proyecto Antapaccay.*

Fuente: Área de geología mina, Antapaccay, 2016.

### **2.8.2.2. Alteración**

Antapaccay presenta un patrón asimétrico de zonamiento de alteraciones, resultado de cambios litológicos marcados debido principalmente a la ocurrencia de pliegues asimétricos con convergencia al este que junto a fallas principales controlaron el emplazamiento de los intrusitos (G. Villón, 2008). Se definieron 7 ensambles de alteración tipo pórfido-skarn (se está trabajando en la zonación a detalle en las rocas sedimentarias).

### **2.8.2.3. Mineralización**

La mineralización cuprífera del proyecto Antapaccay está emplazada principalmente en rocas intrusivas intermedias con diseminación, venillas, brechas hidrotermales que entran en contacto con las rocas pre-minerales tales como dioritas y rocas sedimentarias (calizas, lutitas calcáreas, limonitas y areniscas) formando así brechas mineralizadas por contacto, exoskarn y stockwork en cuerpos sedimentarios con un marcado predominio de calcopirita sobre bornita hasta los 350m; a mayor profundidad se invierte el rol y se asocia a un nivel de anhidrita-yeso.

La mineralización dominante dentro del pórfido es calcopirita, seguida por la bornita y calcocita. La mineralización de ambos consiste en diseminación y vetillas, con las más altas leyes de oro correspondientes a zonas de stockwork intensas de bornita. El tipo de alteración dominante dentro del pórfido es una alteración potásica de la diorita huésped. El pórfido también está en contacto con rocas sedimentarias cretáceas, que han formado skarn (piedra caliza) irregular y stockwork (cuernos y cuarcitas) que contienen altos valores de cobre, pero representan un componente menor de todos los recursos.

Se han identificado dos cuerpos aparentemente aislados, siendo el cuerpo sur el más extenso con 1,300 m. en dirección NW-SE y ancho variable de 250 a 430 m. Y el cuerpo norte con 300 m. en dirección NW-SE y ancho de 450 m.

Al contacto con las calizas se dan las condiciones para que ocurra metasomatismo generando cuerpos irregulares de exoskarn de granate-magnetita+/-píroxeno con parches de calcopirita principalmente. Además se identificó amplias zonas con intenso venilleo de cuarzo gris “stockwork” con fuerte contenido de bornita y calcopirita siempre cerca al contacto hornfels-intrusivo llegando a expandirse varios metros en el hornfels.

La diferenciación de las zonas mineralizadas, están principalmente definidas por la predominancia de minerales que se encuentren en cada una de ellas y el índice Ratox, definido por la relación de los valores de leyes de Cobre Oxidado sobre Cobre total.

#### 2.8.2.4. Estructuras

El Proyecto Antapaccay se encuentra dentro del cinturón metalogénico Andahuaylas-Yauri, el cual está controlado por un juego de bloques que generaron altos estructurales como es el caso del Alto Cuzco-Puno controlado por fallas NW-SE Cuzco-Lagunillas-Mañaso. Ubicando nuestro entorno de trabajo, estaríamos al oeste de este umbral (*Ilustración 9*).

El sistema de fallas Cuzco-Lagunillas-Mañaso habría controlado los cabalgamientos con convergencia NE, que luego durante el Eoceno medio en un corto periodo de alivio regional sirvieron para el emplazamiento de los cuerpos dioríticos y porfiríticos del batolito Andahuaylas-Yauri. El magmatismo asociado con la mineralización porfirítica de Cu-Au en Antapaccay fue coincidente con un periodo de rápido crecimiento cortical de más de 10km de espesor en menos de 5 MA, creando un proto-altiplano con 58 km. de espesor en el Eoceno tardío.

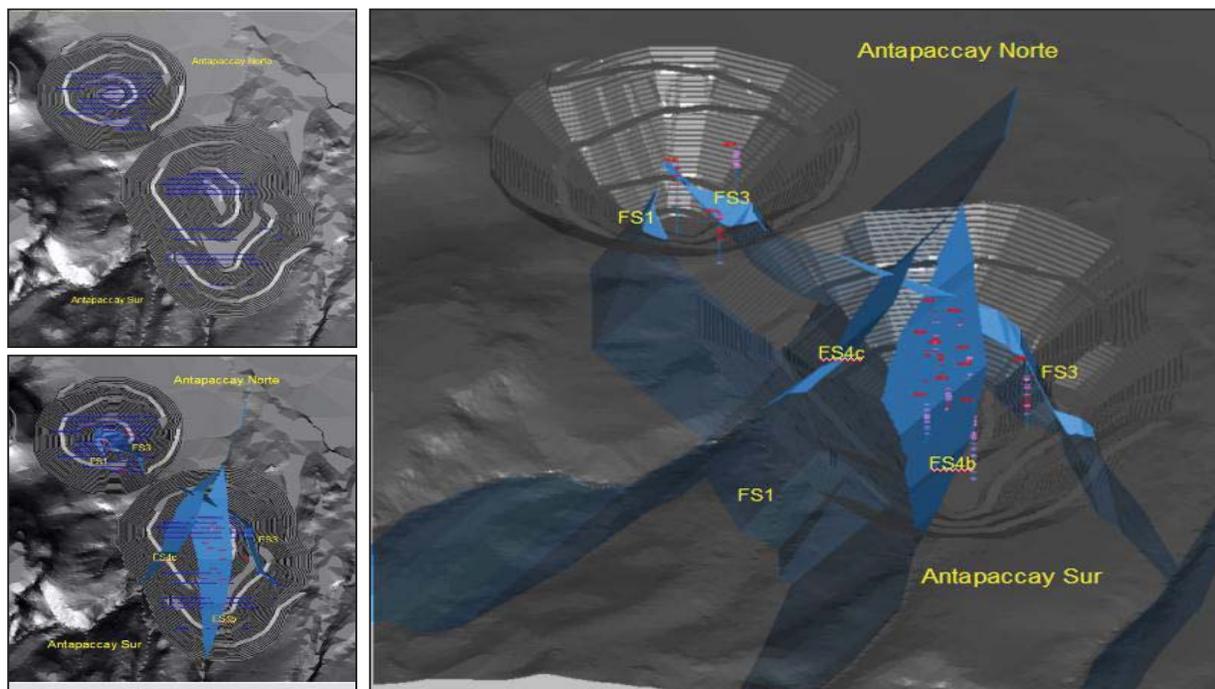
En base a la interpretación de lineamientos y mapeo estructural en el distrito de Tintaya, se establece que existe repetición en los patrones estructurales de pliegues y fallas desde la escala distrital a escala de detalle (Proyecto Atapaccay), destacando entre ellos los patrones NNW-NW y NS por ser propios de pliegues y cabalgamientos asociados. Y los patrones NE como propios de estructuras frágiles. Ocurren estructuras frágiles secundarias en la tendencia NW y NS así como algunos pliegues de orientación EW (*Tabla 2*).

*Tabla 2. Relación entre orientaciones obtenidas de datos geofísicos con la correlación hecha de estructuras reconocidas y descritas en los logueos geológicos.*

Antapaccay Norte		Antapaccay Sur	
E>40	E10 a 40	E>40	E 10 a 40
165/68 (FS1)	150/60 (FS1)	104/65	240/58 (FS4c)
8/62 (FS3)	280/78	73/62	338/73
		244/50(FS4c)	0/47
			352/62 (FS3)

Fuente: Área de geología mina, Antapaccay, 2016.

Las fallas con más de 40cm de espesor de los 13 taladros con registro estructural geofísico, han sido correlacionadas con las estructuras código 60 y 62 en los taladros no orientados. Se elaboraron 12 secciones en Antapaccay Norte y 11 en Antapaccay Sur, pudiéndose definir 3 sistemas de fallas principales (FS1, FS3 y FS4c) y en base a la relación con la topografía, se infieren 2 sistemas de falla (FS4a y FS4b), está pendiente definir la interacción de las mismas con la mineralización (*Ilustración 9*).



*Ilustración 9. Principales sistemas de fallas interpretadas en Antapaccay Norte y Sur.*

Fuente: Área de geología mina, Antapaccay, 2016.

#### 2.8.2.5. Exploración

Las técnicas geológicas generales utilizadas en el proyecto Antapaccay incluyen mapeo geológico, geoquímica del suelo, estudios geofísicos (polarización inducida y magnética), cartografía, perforación diamantina, muestreo e interpretación. Además, se han recolectado fotografías aéreas actualizadas del proyecto para generar relieves topográficos digitales a 5 metros, los trabajos de exploración realizados hasta la fecha indican el potencial de descubrimientos adicionales de cobre dentro del área de propiedad de CMA.

#### **2.8.2.5.1. Perforación**

La estimación del recurso mineral para el proyecto Antapaccay que se completó en diciembre de 2015 utilizó datos de 638 taladros, con 221 811 metros completados desde 1998, a una profundidad promedio de 330 metros. La distancia promedio entre taladros es de 64 metros, con aproximadamente el 96.5% de los taladros totales son taladros de perforación diamantina, aproximadamente el 2.8% son taladros de circulación de aire reverso y aproximadamente el 0.7% son taladros combinados.

Entre junio de 2007 y diciembre de 2015, los programas de perforación de diamantina fueron llevados a cabo por Xstrata/Glencore con el fin de aumentar la cantidad de recursos minerales en el proyecto Antapaccay y definir los cuerpos intrusivos mineralizados presentes en el tajo sur, tanto horizontalmente como en profundidad. Más recientemente, en 2014, se llevó a cabo la perforación exploratoria de relleno para mejorar la certidumbre geológica en el recurso mineral, con varios taladros exploratorios que interceptan cuerpos de skarn en el área sureste del tajo sur. La perforaciones del 2014 (aproximadamente 4,900 metros) tuvo como objetivo definir los contactos litológicos entre el dique dacítico y el pórfido mineralizado (delineación del dique estéril) y refinar el límite entre el pórfido mineralizado y un pórfido estéril. En 2015, se completaron aproximadamente 5900 metros de perforación diamantina en el proyecto Antapaccay para definir la litología del recurso en profundidad

#### **2.8.2.5.2. Muestreo, análisis y verificación de datos**

Se recogieron muestras de perforaciones diamantinas en cajas de cartón en el área de perforación y en el área de registro para registrar datos geológicos, geomecánicos y geotécnicos, y para ser fotografiados. Los intervalos de muestreo predominantemente usados fueron de 2, 2.5 y 3 metros, y los intervalos de 2 metros fueron estándar para las rocas mineralizadas. Las muestras se enviaron al área de muestreo de Tintaya para su preparación de acuerdo con los protocolos estándar. Los materiales restantes, que son medias muestras y pulpas gruesas y finas, se almacenaron en las áreas cerradas ubicadas en el campamento de Tintaya.

La metodología de muestreo de la muestra de perforación para las campañas de perforación de Antapaccay siguió un procedimiento estandarizado para el cobre. La muestra de perforación se dividió por la mitad, respetando la distribución de la mineralización indicada por el geólogo de registro, y la muestra luego se redujo hasta en un 90% de su tamaño con una malla progresivamente

más pequeña (hasta 2 milímetros de tamaño de tamiz). La muestra se redujo luego con el cuarteador de Jones Riffle obteniéndose 2 kilogramos de muestra, que se embolsó para guardar en el archivo respectivo. El resto de la muestra se dividió en cuartos para obtener cuatro muestras de 0,5 kilogramos, que luego se secaron y pulverizaron hasta el 95% de su tamaño con una malla # 140 (tamaño de tamiz de 0,106 milímetros). Las muestras pulverizadas se colocaron en frascos y se colocaron en un homogeneizador durante 5 minutos y luego se colocaron en sobres, con un sobre enviado al laboratorio y los 3 sobres restantes almacenados para futuros requerimientos. Se tomó un duplicado cada 20 intervalos de muestras con clasificación de cobre mayor a 0.30%. Al obtener 30 muestras, las muestras fueron recodificadas y enviadas al mismo laboratorio. Las muestras estándar se colocaron a intervalos indicados por el geólogo de CMA.

Para todos los programas de perforación ejecutados por CMA, los procedimientos de preparación de muestras, ensayo, análisis y control de calidad han seguido prácticas aceptables de la industria. El control de calidad actual de los procedimientos de análisis químico incluye preparación estándar de muestras de material de baja, media y alta ley del depósito, preparación de muestras blancas finas, protocolos para taladros de voladura, perforaciones, gravedad específica para programas de perforación diamantina y una garantía de calidad general y el programa de control de calidad, basado en los últimos desarrollos de la industria.

#### **2.8.2.5.3. Procesamiento de mineral y pruebas metalúrgicas**

Extensos trabajos y estudios de pruebas metalúrgicas se han completado en el mineral de Antapaccay, tanto antes de la construcción de la planta de Antapaccay como desde la puesta en marcha en 2012. El trabajo fue completado por una serie de prestigiosos laboratorios de ingeniería y metalúrgicos

#### **2.8.2.6. Recursos de mineral y reservas estimadas de mineral**

Los recursos minerales para el proyecto Antapaccay se estimaron a partir de la información de muestras de perforación y se evaluaron utilizando métodos geológicos estándar y geoestadísticos de modelamiento de bloques. La metodología de estimación primaria fue Kriging ordinario. La estimación de la reserva mineral se basa en un plan de mina y diseños de tajo abierto desarrollados utilizando parámetros modificadores que incluyen el precio del metal, recuperación de metales, costos de operación y estimaciones del costo de capital sustentable en función del cronograma de producción y los requerimientos de los equipos.

Los recursos minerales (Tabla 3) y las reservas minerales (Tabla 4) para el depósito Antapaccay hasta el 31 de diciembre de 2015, son los siguientes:

*Tabla 3. Recursos minerales de Antapaccay (incluidas las reservas minerales) al 31 de diciembre del 2015*

<b>Recursos minerales de Antapaccay</b>									
<b>clasificación</b>	<b>categoría</b>					<b>Contenido metálico</b>			
	<b>Cantidad (Mt)</b>	<b>Cobre (%)</b>	<b>Oro (g/t)</b>	<b>Plata (g/t)</b>	<b>Molibdeno (%)</b>	<b>Cobre (Kt)</b>	<b>Oro (Koz)</b>	<b>Plata (Koz)</b>	<b>Molibdeno (t)</b>
Medido	198	0.60	0.13	1.55	0.005	1,188	828	9,867	9,900
Indicado	4888	0.45	0.09	1.33	0.005	2,245	1,412	20,867	24,400
<b>Medido &amp; Indicado</b>	<b>686</b>	<b>0.50</b>	<b>0.10</b>	<b>1.39</b>	<b>0.005</b>	<b>3,430</b>	<b>2,206</b>	<b>30,657</b>	<b>34,300</b>
Inferido	165	0.40	0.10	0.90	0.005	660	530	4,774	8,250

Fuente: Área de geología mina, Antapaccay, 2015.

*Tabla 4. Reservas de mineral de Antapaccay al 31 de diciembre del 2015.*

<b>Reservas de mineral de Antapaccay</b>							
<b>clasificación</b>	<b>categoría</b>				<b>Contenido metálico</b>		
	<b>Cantidad (Mt)</b>	<b>Cobre (%)</b>	<b>Oro (g/t)</b>	<b>Plata (g/t)</b>	<b>Cobre (Kt)</b>	<b>Oro (Koz)</b>	<b>Plata (Koz)</b>
Probado	194	0.60	0.13	1.56	1,164	811	9,730
Probable	353	0.48	0.10	1.37	1,694	1,135	15,548
<b>Total</b>	<b>547</b>	<b>0.52</b>	<b>0.11</b>	<b>1.44</b>	<b>2,858</b>	<b>1,946</b>	<b>25,279</b>

Fuente: Área de geología mina, Antapaccay, 2015.

## 2.9. Operación mina

Antapaccay inició sus operación mineras con la limpieza de la superficie y retiro del Top soil, el cual fue almacenados en los stocks para la futura rehabilitación de las tierras intervenidas. Las actividades que se llevan a cabo en la operación minera son la perforación, voladura y remoción del material, hasta exponer los depósitos de cobre. El mineral extraído es transportado por los camiones hacia la chancadora primaria o stocks de almacenamiento para que finalmente sean transportados a la planta para su tratamiento.

Los equipos empleados en la mina Antapaccay están entre los de mayor tamaño y capacidad de la región (*Tabla 5*), los cuales cuentan con la última tecnología avanzada para el desarrollo de las actividades operativas de extracción de mineral.

*Tabla 5. Equipos de operación mina, Antapaccay.*

<b>Equipos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Modelo</b>
Perforadoras	2	P&H 100B
	1	Drillteck D90
	1	Bucyrus 39 HR
	2	Bucyrus 49 HR
	2	Truck Drill - Diesel
Palas	2	P&H 2800
	3	Bucyrus 495HR2
	1	Caterpillar 6060
Cargador	3	Caterpillar 994
	1	LT 1850
Camión	10	Komatsu 830
	11	Caterpillar 793
	8	Komatsu 930
	11	Caterpillar 797
Tractor de ruedas	3	Caterpillar 834H
	3	Caterpillar 844H
	1	Caterpillar D10T
	5	Caterpillar D11T
	1	Komatsu WD
	1	Caterpillar D10-R
Motoniveladora	4	Caterpillar 16M
	2	Caterpillar 24M
Excavadora	2	Caterpillar 385CL
	2	Caterpillar 390DL
Rodillo	2	Caterpillar CS7B

Fuente: Área de operaciones mina, Antapaccay, 2015.

Para el ingreso a operaciones mina es necesario tener en cuenta lo siguiente:

- La licencia interna (Roja) para conducir en mina y la autorización del supervisor de carguío y acarreo (O1).
- La conducción en mina es por la izquierda (*Ilustración 10*).
- La comunicación en mina es en frecuencia 11.
- La velocidad máxima en mina es de 50 Km/Hr.



*Ilustración 10. Sentido de tránsito en mina Antapaccay.*  
Fuente: Área de operaciones mina, Antapaccay, 2016.

## **2.10. Ciclo de producción**

Las operaciones unitarias son operaciones fundamentales realizadas para liberar y transportar el material de minado, también llamados operaciones de producción y se caracterizan principalmente por el equipo que las realiza (*Ilustración 11*).



*Ilustración 11. Ciclo de las operaciones unitarias.*

Fuente: Área de operaciones mina, Antapaccay, 2016.

La secuencia de operaciones unitarias utilizadas para acompañar el desarrollo o explotación es llamada *ciclo de producción*; el cual está conformado por 4 operaciones básicas.

Ciclo de producción = Perforación + voladura + carguío + acarreo

### 2.10.1. Perforación

Es la primera operación unitaria dentro de las actividades mineras; cuyo objetivo es realizar taladros de minado en los bancos para cargarlo con explosivo. La perforación de taladros, en los que se colocara el explosivo, supone la ejecución de las siguientes actividades:

1. Replanteo de los taladros de perforación según el diseño de la malla de perforación.
2. Preparación de la zona de trabajo (Topografía y limpieza).
3. Posicionamiento de los equipos sobre los taladros replanteados.
4. Perforación de cada taladro.

5. Muestreo y retiro de detritos.
6. Verificación de la calidad y cantidad de taladros perforados.
7. Retiro del equipo del sector.

La mayoría de las mallas de perforación tienen un diseño rectangular para lograr una buena fragmentación. Por lo tanto cada taladro queda definido por su longitud y diámetro (*Ilustración 12*).

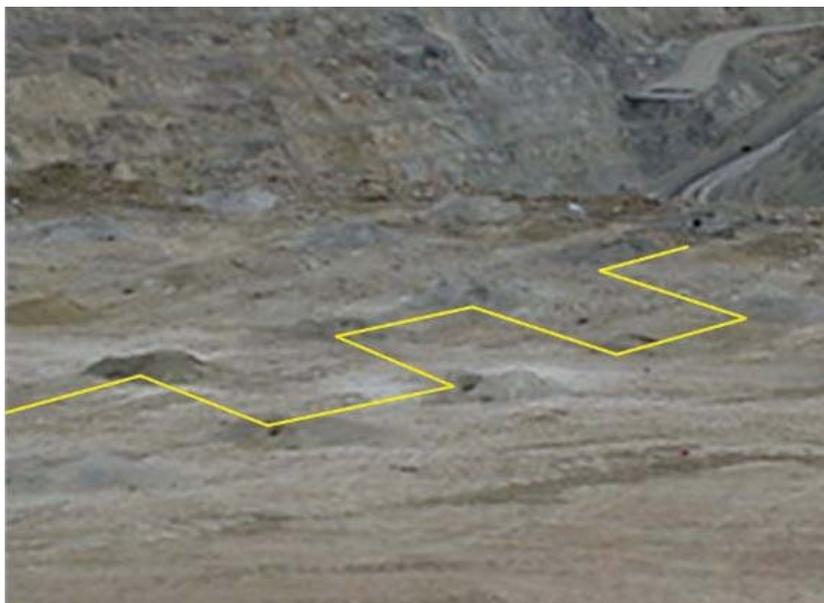


*Ilustración 12. Perforadora eléctrica B & E 49R – Diesel.*  
Fuente: Área de operaciones mina, Antapaccay, 2016.

#### **2.10.1.1. Parámetros de perforación en Antapaccay**

Parámetros de perforación de Antapaccay (*Ilustración 13*).

- Diámetro de taladro : 12 ¼”
- Profundidad de taladro : 15 – 16.5 Mts.
- Sobre perforación : 1.5 Mts
- Malla de perforación Rectangulares : 8.0 x 8.5, 8.5 x 8.5 y 9.0 x 10.0
- Velocidad de penetración : 55 – 62 Mts/hr.



*Ilustración 13. Malla de perforación en Antapaccay.*  
Fuente: Área de operaciones mina, Antapaccay, 2016.

#### **2.10.1.2. Controles operativos**

- Procedimientos PET, AST, Check List diarios.
- Charlas de Seguridad.
- Supervisión de tarea.
- Control topográfico
- Delimitación de áreas de perforación
- Señalización de cables.
- Mantenimiento de equipos.
- Verificación del operador.
- Plan de manejo de tierras contaminadas.
- Revisión de accesorios y herramientas de trabajo específico

#### **2.10.2. Voladura**

La fragmentación de rocas requiere de aplicación de energía, la cual se obtiene, en casi todos los casos, a partir de una reacción química resultante de la detonación de cargas explosivas colocadas en el macizo rocoso. El material tronado debe cumplir con una granulometría y una disposición espacial apta para los posteriores procesos asociados.

La voladura cumple o realiza una secuencia de trabajos que consisten en:

1. Preparación de los taladros, explosivos y accesorios, comprobando la longitud y limpieza de los taladros, acondicionando y/o mezclas de los materiales explosivos.
2. Carguío de los taladros con explosivos y sus accesorios respectivos.
3. Realización del sistema de amarre si el caso lo requiere.
4. Disparo (encendido, chispeo o iniciado de voladura).

Actualmente en la empresa minera Antapaccay los trabajos de voladura son tercerizados a la Empresa Orica Mining service, quienes son encargados de realizar toda la secuencia de trabajos para la fragmentación de la rocas.

Para la ejecución la voladura la empresa contratista hace uso de muchas herramientas informáticas, de los cuales podemos mencionar el software minero de simulación de voladura 2D Bench, el cual es utilizado para calcular el tiempo de disparo al iniciar el chispeo, definir la granulometría y determinar el número de taladros detonantes al mismo tiempo con el fin de desarrollar un trabajo más eficiente y seguro. Otra de las tecnologías electrónicas modernas utilizadas para la optimización de la voladura es el I – kon el cual es una herramienta que permite realizara una voladura electrónica más eficiente y más segura.

En Antapaccay lo ideal es que detonen 8 taladros al mismo tiempo y que la fragmentación adecuada de las rocas para las operaciones de carguío y chancado primario sea de 8 Pulg. A continuación se muestra alguna de las consideraciones importantes para la voladura de rocas.

- El horario de voladura en la mina es 12:40 P.M., y es informado a través del correo electrónico, paneles informativos al ingreso de mina (*Ilustración 14*) y reuniones de coordinación.



*Ilustración 14. Panel informativo del programa de voladura.*

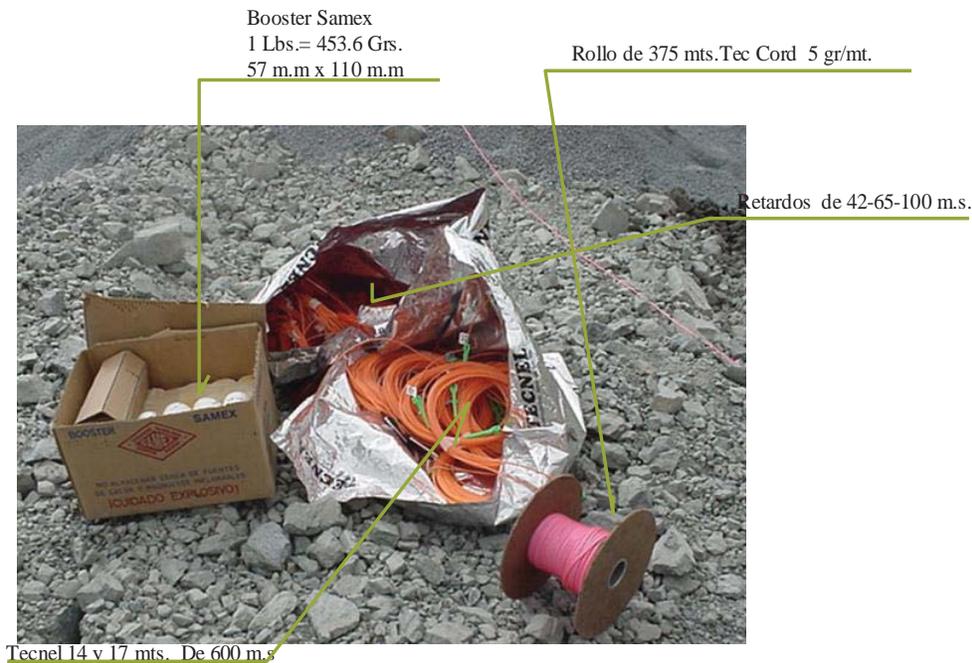
Fuente: Área de operaciones mina, Antapaccay, 2015.

Durante la coordinación de la voladura la frecuencia 11 debe mantenerse libre de interferencia.

#### **2.10.2.1. Accesorios de voladura**

Los accesorios de voladura (*Ilustración 15*) utilizados en la voladura de los bancos del tajo Antapaccay son una gama diversa de suministros explosivos o pirotécnicos que se utilizan en una operación de voladura haciendo que este resulte más eficiente y productivo. A continuación se muestra los accesorios utilizados:

- Nitrato de Amonio.
- Petróleo Diesel Nro. 2.
- Emulsión Matriz.
- Booster de 1 lb.
- Cordón Detonante 5G.
- Detonador no Eléctrico de 400, 500, 600, 700 y 800 ms.
- Retardos Superficiales.
- Líneas Silenciosas.



*Ilustración 15. Accesorios de Voladura.*  
Fuente: Área de operaciones mina, Antapaccay, 2015.

### 2.10.2.2. Equipos de voladura

Los equipos utilizados para llevar a cabo el proceso de voladura en Antapaccay son los siguientes:

- Tres camiones mezcladores de Anfo Pesado (*Ilustración 16*)
- Medidor de velocidad de detonación y vibración.
- Camionetas para el transporte de accesorios de voladura.
- Monta cargas.
- Mini Cargador.
- Cisternas de Emulsión.
- Filmadores.



*Ilustración 16. Camiones mezcladores de ANFO.*

Fuente: Área de operaciones mina, Antapaccay, 2016.

### **2.10.2.3. Controles operativos**

Los controles operativos realizados en el proceso de voladura son los siguientes:

- Información de voladura mediante paneles, e-mail y radio.
- Procedimiento de Voladura.
- Evacuación de personal a 600 mts. del disparo.
- Ubicación de equipos para el disparo.
- Control de accesos (vigías).
- Verificación de área despejada.
- Disparo.
- Verificación de área después del disparo.
- Procedimientos PET, AST, check lists diarios.
- Programas de mantenimiento.
- Supervisión diaria y constante.
- Pararrayos con puesta a tierra.
- Charlas de 5 min.
- Control de calidad de accesorios y productos (ORICA) Prueba de dispersión.

### **2.10.3. Carguío**

Las etapas de carguío y acarreo en Antapaccay suponen la ejecución conjunta de cargar material en los equipos de gran tamaño y transportarlos al lugar de destino correspondiente. Dependiendo

de la calidad del mineral, las siguientes etapas pueden ser: Chancado (en el caso de mineral sobre ley de corte) y a botaderos (en caso de ser considerado material estéril).

Para la simulación de rutas mediante un software tendremos que tener en cuenta la disponibilidad, la utilización y la capacidad de los equipos de minado (palas y cargadores) y de los camiones para su transporte.

En la operación de carguío se relacionan:

- Pala – Camiones (*Ilustración 17*)
- Cargador - Camiones
- Equipos de apoyo (Equipo auxiliar)



*Ilustración 17. Pala – Camion en Antapaccay.*  
Fuente: Área de capacitación mina, Antapaccay, 2016.

### **2.10.3.1. Equipos de carguío**

La flota seleccionada tendrá relación directa con las características de la mina, tanto físicas, geométrica y operacionales. Los equipos se clasifican según la función que cumplen, a continuación se muestran los equipos de carguío existentes en la mina (*Tabla 6*).

*Tabla 6. Equipos de carguio, Antapaccay.*

CANTIDAD	EQUIPO	CAPACIDAD DE CARGUIO (Tn)
02	Palas P&H 2800 XPB	77
01	Pala CAT 6060 FS	75
01	Cargador Le Tourneau L 1850	45
02	Cargador CAT 994F	40

Fuente: Área de administración mina, ingeniería mina, Antapaccay, 2016.

### **2.10.3.2. Condiciones del área de carguío**

Los siguientes datos son las condiciones necesarias para realizar el carguío de los equipos:

1. Ancho operativo mínimo de frente de carguío
  - Cargador Frontal = 40 m
  - Pala = 50 m
  - En rampa Cargador Frontal = 30 m
2. Bermas Finales = 3 m
3. Pisos:
  - Uniformes (En buen estado, parejos).
  - Competentes (No material saturado, ni material que ocasione patinaje)
4. Nivel:
  - Horizontal.
  - Inclinado con pendiente no mayor a 10%.
5. Frente:
  - Mala condición, material morrenico.
  - Duro, amarrado, presencia de boloneria, etc.
  - (T. Excavación 80 % como mínimo y seguro)
6. Polígonos señalizados

### **2.10.3.3. Modo de operación, equipos de carguío**

1. Mantener el frente con el ángulo de reposo, nunca vertical; si se tiene boloneria se deberá desquinchar y descrestar.

2. En caso de piso inestable se bajara el nivel en 0.50 ó 1.00 m (según sea el caso) para rellenar con material de tipo lastre, adecuado hasta el nivel del diseño.
3. Corregir por radio, en forma corta y precisa, al operador del camión si se le observa alguna mala maniobra.
4. Parar o cambiar de frente cuando el personal de topografía se encuentra marcando el piso.
5. Ante la presencia de tiro cortado alejarse a 5 metros y/o cambiar de frente; comunicar al jefe de guardia o jefe de perforación y voladura, así como aislar y señalizar la zona.
6. El primer pase se recomienda en lo posible que sea realizado con material fino y depositado suavemente para evitar la caída directa de grandes rocas que ocasionen daños a la tolva del camión y perjudique al operador con movimientos bruscos.

#### **2.10.3.4. Operación de Palas durante el carguío**

En Antapaccay la pala es uno de los equipos más utilizados en las operaciones mineras debido a que son equipos de gran envergadura, que alcanzan elevadas producciones, con costos unitarios bajos y una alta disponibilidad mecánica los cuales necesitan las siguientes condiciones:

1. De no haber equipo de limpieza disponible se cambiara de frente.
2. La pala no debe girar más de 90° para cargar un volquete (pierde eficiencia y aumenta el riesgo de choque de contrapeso y escalera).
3. Está prohibido pasar el cucharón cargado por encima de la cabina del camión, ya que podría caer material, ocasionando serios daños personales y materiales.
4. Evitar alargar al máximo el accesorio cuando el cucharón está cargado porque podría volcar el equipo.
5. Nunca se deberá acercarse al borde del pit y menos aún con las orugas paralelas al mismo, ya que el piso podría ceder y no daría opción a retirar el equipo. Mantenerse a 18 metros de distancia de dicho borde.
6. Durante el traslado por rampas, la pala deberá mantenerse a 18 metros de distancia del borde de la rampa.
7. Depositar el primer pase siempre en forma suave, lo más cerca posible a la base superior de la tolva de camión.
8. Cuando el camión está siendo cargado, este no debe moverse por ningún motivo, salvo indicación expresada del operador de la pala (*Ilustración 18*).



*Ilustración 18. Pala eléctrica CAT 495 HR2 de (123 TN).  
Fuente: Área de operaciones mina, Antapaccay, 2016.*

#### **2.10.3.5. Operación de Cargador frontal durante el carguío**

En Antapaccay los cargadores frontales son equipos principalmente asociados a realizar labores de carga de camiones; carga y transporte para distancias cortas, ya sea a una chancadora o al stock pile, y constituye una maquina auxiliar y/o de empuje en labores de limpieza o preparación de rampas, para los cuales serán necesarios las siguientes condiciones de trabajo:

1. Atacar al frente con el bastidor recto, para mantenerse tracción equilibrada y continua en las cuatro ruedas (*Ilustración 19*).
2. Realizar corrección de piso cuando se encuentra dentro del rango +/- 30 cm.
3. El operador cargara por el lado derecho ocasionalmente, cuando la operación lo requiera, previa comunicación a los operadores de camiones y con la debida autorización de la supervisión.
4. Para evitar perdida de potencia: No extremar el radio de curvatura.



*Ilustración 19. Cargador Frontal CAT 994F de (40 TN).*

Fuente: Área de operaciones mina, Antapaccay, 2016.

#### **2.10.3.6. Operación de Camiones durante el carguío**

1. Los camiones deben usar como referencia la pértiga que está ubicada en la parte superior del contrapeso de la pala (perdiga = 5 metros), la distancia para cuadrarse es a 10 metros del contrapeso de la pala.
2. Los camiones ingresaran; por el lado izquierdo y derecho en sentido horario.
3. El operador del camión en espera debe estar siempre en contacto visual con el frente de carguío.
4. El camión puede terminar de cuadrarse antes de que la pala presente el cucharón con la finalidad de que la pala no espere.

#### **2.10.3.7. Operaciones auxiliares para el carguío**

##### **A. Frentes duros (amarrados)**

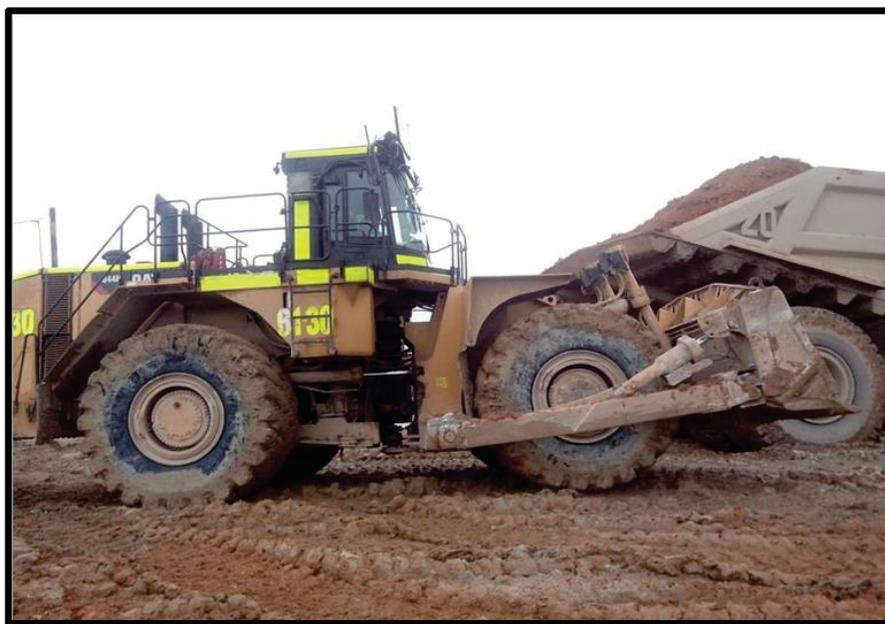
1. Máximo 18 m de altura y lo normal 15 m, sobrepasa esos límites, un tractor tiene que descrestar.
2. El desquinche, descrestado y corrección de talud vertical se realiza con un tractor de orugas procediendo de arriba hacia abajo para evitar caída de rocas hacia la pala o equipo que esté realizando el carguío.
3. En ninguna circunstancia el tractor alimentará de frente al cucharón.

## B. Corrección de piso

1. Solamente se corregirán con tractor de orugas las zonas de corte mayores a 30 cm. y menores a 1.50 m. en caso de relleno quedara así.
2. Cuando se tenga que corregir zonas donde hay tráfico de camiones, esta se delimitara con conos, cilindros de seguridad comunicando vía radio a los demás operadores de su restricción.
3. En los cortes para acumulación de material se deberá tener presente la delimitación previa de polígonos del área, para evitar mezcla de materiales.

## C. Limpieza de piso de pala con tractor de ruedas

1. El tractor de ruedas debe mantenerse a una distancia no menor de 2 m. del radio de giro del contrapeso de la pala y deberá limpiar en dirección perpendicular al talud.
2. El tractor de ruedas hará la limpieza del lado que este libre, previa comunicación radial entre ambos operadores.
3. El tractor solamente realizara limpieza de material chorreado y piedras caídas, no deberá hacer corrección del piso (*Ilustración 20*).
4. El tractor trabaja normalmente en segunda marcha durante la limpieza, pero podrá ajustar su marcha en función a la cantidad de material a empujar.



*Ilustración 20. Tractor de ruedas.*  
Fuente: Área de operaciones mina, Antapaccay.

#### 2.10.4. Acarreo

En Antapaccay el transporte de material es una de las actividades mineras más importantes de los camiones de acarreo. Los camiones son los equipos encargados de trasladar el material y este proceso de transporte inicia en los frentes de minado y finaliza en la chancadora, stock o botaderos; y para que el acarreo sea eficiente y seguro es imprescindible contar con adecuadas condiciones de vías, estado del equipo, clima y destreza del operador (*Ilustración 21*).

##### 2.10.4.1. Equipos de acarreo

- 10 camiones Komatsu 830E de 210 Tn de capacidad.
- 08 camiones Komatsu 930E de 290 Tn de capacidad.
- 11 camiones Caterpillar 793D de 220 Tn de capacidad.
- 11 camiones Caterpillar 797F de 363 Tn de capacidad.



*Ilustración 21. Camión CAT 797F de (363 TN).*  
Fuente: Área de operaciones mina, Antapaccay.

##### 2.10.4.2. Condición de trabajo del área

1. El ancho de las vías de acarreo no será menor que 38.23 metros de ancho debido al ancho de la flota de camiones KOM 930E (*Anexo 5*).
2. Las vías tendrán una pendiente longitudinal máxima de 10 %.

3. Condición de las vías que cumplan con las especificaciones estandarizadas:
  - a. Peralte adecuado
  - b. Bermas con altura estándar
  - c. Lastrado continuo
  - d. Radio de curvatura que cumplan las condiciones
  - e. Señalizaciones: cruces, niveles en tajos, botaderos, bermas, áreas de volteo, curvas, óvalos, etc.

#### **2.10.4.3. Condición de trabajo del equipo**

1. El sistema de frenos de los camiones consta de 4 circuitos controlados independientemente: freno de estacionamiento, freno retardador, freno de servicio y freno de emergencia.
2. Debe efectuarse una inspección permanente de las partes críticas o sistemas que comprometan la eficacia de los sistemas de acarreo:
  - a. Sistema de dirección.
  - b. Sistema de suspensión.
  - c. Sistema automático contra incendios.
  - d. Sistema de calefacción y aire acondicionado.
  - e. Sistema de Limpia parabrisas.
  - f. Sistema de luces de trabajo y neblineros.
  - g. Bocina, alarma de retroceso audible y visible.
  - h. Neumáticos.

#### **2.10.5. Operaciones auxiliares**

Todas las operaciones unitarias requieren del soporte de los equipos auxiliares para hacer productiva las operaciones mineras. Dentro de las operaciones auxiliares más importantes tenemos: construcción mina, drenaje y bombeo y disposición de estéril.

## CAPÍTULO III

### MARCO TEÓRICO

#### 3.1. Antecedentes

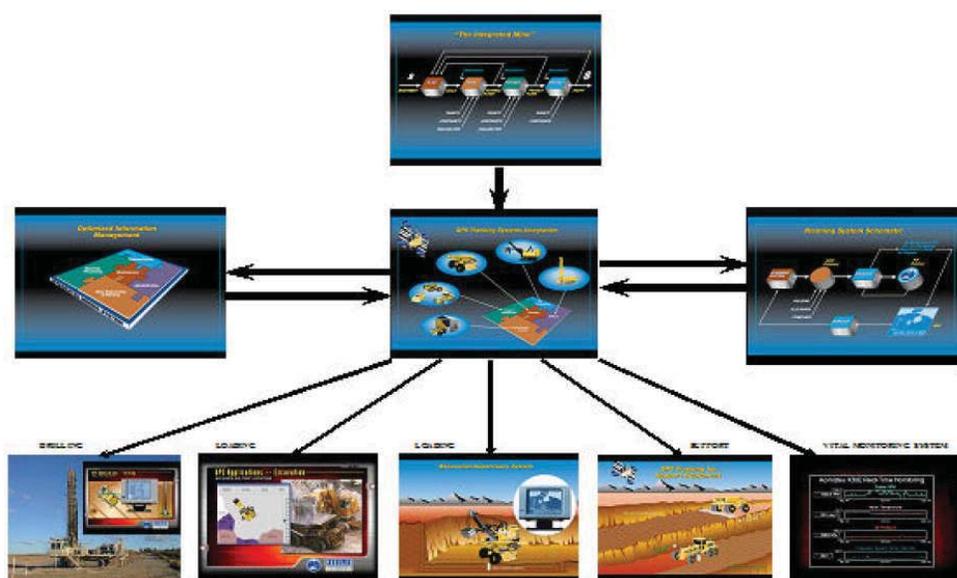
Oropeza (2014) en la tesis “Determinación del Ratio de Consumo de Petróleo en Camiones Gigantes” para obtener el título profesional de Ingeniero de Minas en la Universidad Nacional de Ingeniería, llegó a las siguientes conclusiones: Primero, el consumo de combustible debe estimarse con respecto a los perfiles de acarreo, la velocidad y la pendiente de la ruta de acarreo por locación o tajo. Segundo, en época de lluvias la desviación por condiciones es mayor lo que disminuye en época seca debido a que los ciclos de acarreo son más estables. Tercero, la determinación de ratios de consumo elevados superiores a 48 galones por hora en proyectos de ampliación puede significar un perfil de acarreo con pendientes muy elevadas lo que podría evitarse con un diseño de vías de acarreo donde la distancia equivalente no sea muy elevada con respecto a la distancia horizontal. Finalmente, llevar una base de datos ordenada por consumo a nivel de equipos permitirá comparar consumos presupuestados con consumos reales además de poseer una herramienta para estimar costos operativos para proyectos futuros.

Otro estudio realizado es el artículo científico de Sofastiy, Aminossadati, Kizil, Knights y Lever (2016) titulado “Reducción del Consumo de Combustible de los Camiones de Carreo en Minería Superficial Usando Modelos de Inteligencia Artificial” desarrollado en la Universidad de Queensland Australia donde el objetivo de este estudio fue desarrollar un modelo basado en los métodos ANN (Red Neuronal Artificial) y GA (Algoritmo Genético) para mejorar el consumo de combustible de los camiones de acarreo. La relación entre L (carga), S (velocidad), TR (resistencia total) y FC (consumo de combustible) en un sitio de mina real es compleja. En la primera parte del estudio, se desarrolló un método ANN para encontrar una correlación entre los parámetros clave y FC. Los resultados mostraron que el consumo de combustible (FC) tiene una relación no lineal con los parámetros investigados. La ANN se generó y probó utilizando los datos reales de la mina y los resultados mostraron que hubo una concordancia entre los valores reales y los estimados del FC. En la última parte de este estudio, para mejorar la eficiencia energética en las operaciones de

carreo, se desarrolló un método GA. Los resultados mostraron que mediante el uso de este método, la optimización de los parámetros efectivos en el consumo de energía fue posible. El método desarrollado se utilizó para estimar los mínimos locales para la función más ajustada. El método del Algoritmo Genético presentado resaltó los resultados aceptables para minimizar el ratio de consumo de combustible. El rango de todos los parámetros efectivos estudiados en el consumo de combustible de los camiones de acarreo fueron optimizados, y se destacaron los mejores valores de P, S y TR para minimizar el FCindex (Índice de Consumo de Combustible). El modelo desarrollado se aplicó para analizar los datos de cuatro grandes minas de superficiales de carbón y metal (Open-cut y Open-pit) en los Estados Unidos y Australia.

### 3.2. Sistema Dispatch

Dispatch es un sistema de control y administración de minas de gran escala (minas a tajo abierto), su principal función es proveer asignaciones automáticas optimizadas de camiones de acarreo, a través del uso de algoritmos en el servidor central, junto con hardware en el campo y sistemas de comunicaciones sofisticados, para entregar una productividad más alta e incrementar la eficiencia y la optimización total de la flota. Dispatch maximiza la productividad proporcionando asignaciones optimizadas de camiones de acarreo, posiciones de equipos basados en GPS (Sistema de Posicionamiento Global), monitoreo del estado de los equipos, rastreo de mantenimiento, mezclas, producción, reportes y más (*Ilustración 22*).



*Ilustración 22. Sistema Dispatch.*

Fuente: Dispatch\_6.3\_Help\_System, Modular Mining System, Inc., 2016.

El sistema Dispatch es fácilmente escalable y es considerado como el estándar de la industria en sistema de administración de minas debido a que optimiza la asignación de camiones de acarreo a través del uso de los algoritmos que son visibles por medio de una pantalla llamada Haulroute (Ilustración 23).

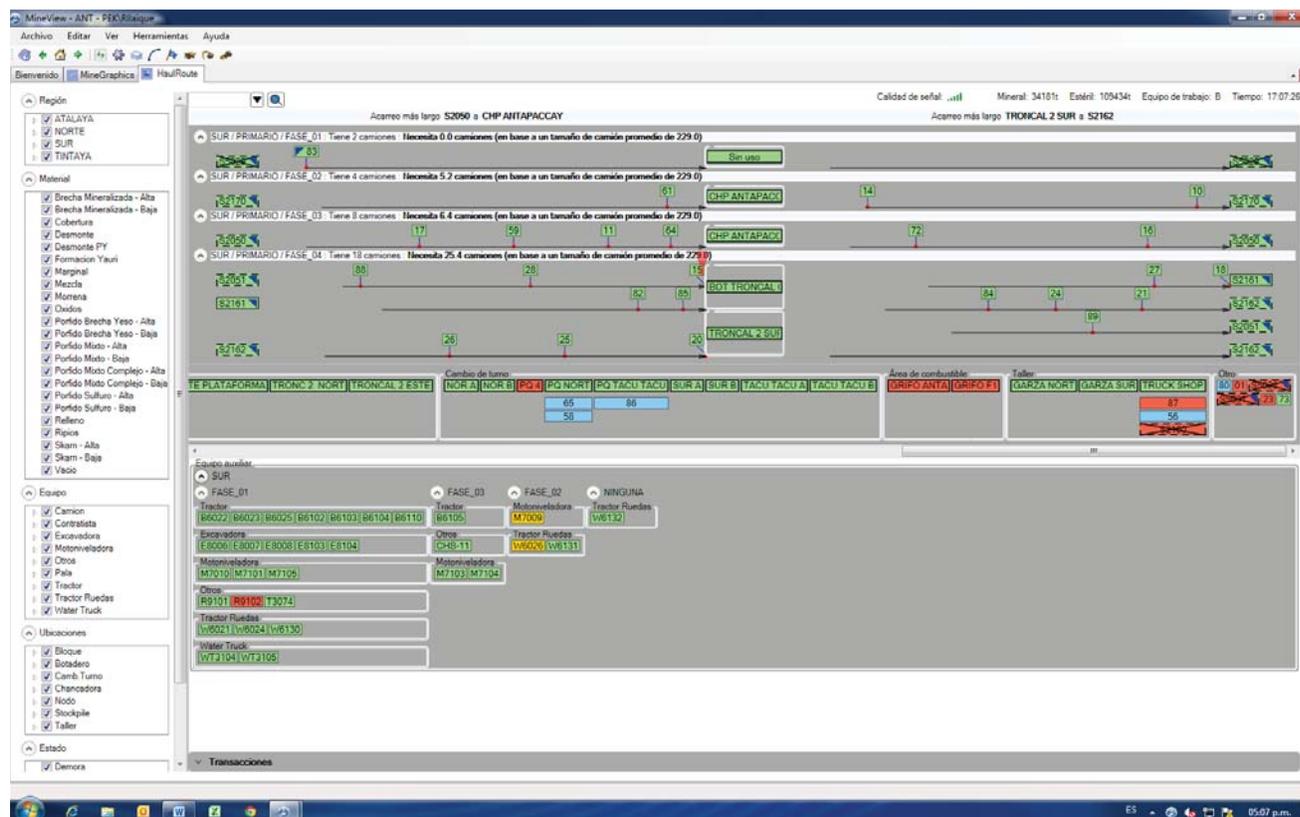


Ilustración 23. Haulroute Sistema Dispatch®.  
Fuente: Dispatch, Modular Mining System, Inc., 2016.

### 3.2.1. Gestión minera actual

En la actualidad la tecnología de control de las operaciones mineras está representada por los siguientes sistemas:

- Wemco de Canadá.
- MineStar de Caterpillar.
- Intellmine Dispatch de la norteamericana Modular.
- Aquila que ha sido comprada por Caterpillar y enfocada en la alta precisión para perforación,
- Site Vision de Trimble para el control de equipos dozers y graders

- Caes de Caterpillar con el mismo objetivo que Site Vision.
- BCM de la alemana Bomag para el control de compactación.

Los tres primeros son modelos dinámicos de asignación para la flota de acarreo, pero el sistema de despacho de Modular utiliza la *tecnología de control de procesos* y ofrece una solución completa y probada para el negocio minero.

### **3.2.2. Funciones y responsabilidades del administrador Dispatch**

El administrador del sistema “Intellimine”, es responsable de administrar y monitorear el sistema de despacho de Modular Mining Systems y de hacer gestión con la información del sistema para soporte de las áreas involucradas con la operación minera. A continuación se detallan las principales funciones:

1. Administrar el sistema Intellimine y los recursos del mismo asegurando su correcto y eficiente funcionamiento.
2. Revisar, actualizar y evaluar constantemente la información en los servidores SUN (servidores Oracle):
  - Mantener actualizada la información de la pitdat: promedio de demoras operativas, rutas, balizas, puntos de descarga, restricciones mineras, etc. Revisar la información de los turnos asegurando la integridad de la base de datos.
  - Actualizar las velocidades de los camiones para una mejor distribución por medio de la Programación Lineal. Setear el archivo speed.prv.
  - Evaluar los factores de carga de los camiones y reconfigurar los nuevos valores para cada tipo de material (factores.prv). Actualizar los cambios realizados a los archivos con extensión \*.prv.
  - Configurar el match (equilibrio pala camión-variable LPMATCHTRUCK) en el enum.c.
  - Configurar y crear nuevos equipos o nuevas flotas de minado usando el archivo enum.c y la pitdat.ddb.
  - Configuración de nuevos materiales, nuevas leyes en el enum.c.
  - Actualizar y compilar los nuevos cambios realizados en el archivo enum.c-archivo propio del lenguaje C para generar los archivos objeto (\*.O)

- Solicitar al área de Topografía un plano de las rutas de acarreo de toda la mina en formato DXF (Formato de archivo para dibujos), para actualizar los cambios que se hayan generado en las rutas y mantenerlas lo más real posible en el Dispatch.
- Evaluar y analizar los KPIs (Indicadores clave de rendimiento), reconfigurando nuevas fórmulas y valores así como creando otros cuando se requieran.
- Medir periódicamente (en terreno) la geometría de las palas y perforadoras configuradas con alta precisión y setearlos en los respectivos archivos de la alta precisión.
- Chequear periódicamente los datos proporcionados por la alta precisión (palas) y redefinir de la geometría en base a los requerimientos de control de calidad y operaciones.
- Analizar los archivos que entregan los mensajes de error del sistema: /dsp/cli/dcv/opns/utility.err, tk.err; /var/adm/ messages.
- Analizar los datos de salida del sistema identificando tendencias en los datos por ende oportunidades de mejora, investigando a fondo información de considerable dificultad para llegar a conclusiones válidas que entreguen valor agregado a las operaciones. En el análisis que incluyen por ejemplo los archivos de transacciones (\*.transact) con el objetivo de buscar oportunidades de mejora en el sistema.
- Evaluar las comunicaciones radiales entre el equipo de mina y la SUN principal (que corre Dispatch) encontrando oportunidades de mejora.
- Configurar algunos Crontabs (tareas automáticas) con la finalidad de generar archivos, mostrar en tiempo real información del turno, etc.
- El script /dsp/cli/dcv/com/respaldo\* está corriendo todos los días a las 10:30 a.m. para grabar toda la información del directorio /dsp/cli/dcv/opns del presente año.
- Los scripts speed\*, están corriendo a una determinada hora de los turnos para capturar la información de las velocidades de los camiones para cada tipo de pendiente.
- Programar en Form (Etiqueta de HTML que representa un formulario), creando o modificando módulos así como pantallas del sistema que se requieren para el buen uso del sistema por parte de los usuarios.
- Controlar la seguridad del sistema, creando cuentas de usuarios consistentes y con los derechos y atributos adecuados para el usuario.

3. Generación de reportes para los departamentos involucrados con el Dispatch, Implementando reportes y gestionando la base de datos asegurando la disponibilidad y exactitud de los reportes del sistema de despacho. Manejar la base de datos SQL (Lenguaje de consulta estructurada) y Access (generada por una interface existente en Dispatch-SAMBA) para evaluar, analizar y reportar la información solicitada.
4. Proporcionar la información de los tiempos de los eventos del ciclo de acarreo, el cual es empleado en la planificación mensual del requerimiento de camiones en la operación de cada mes.
5. Configuración del hardware de terreno: Goics, Hubs, Repetidoras; es responsabilidad primaria de los eléctricos de mina, pero el administrador debe tener conocimiento en caso sea requerido.
6. Participar en el entrenamiento y capacitación de los usuarios del Dispatch, ya sea con los módulos actuales o los que a futuro se implementen. Esta capacitación debe abarcar:
  - Programar capacitaciones periódicas a los operadores de la mina, evitando de esta forma la pérdida de eficiencia en el uso del sistema por dilución de los conocimientos en el tiempo.
  - Capacitar, entrenar y soportar a los despachadores, monitoreando la performance del Sistema Dispatch, desarrollando mejores prácticas para optimizar el sistema, recomendando mejoras en tiempo real y mediante la retroalimentación al despachador.
7. Reiniciar la SUN de respaldo para correr Dispatch en el caso de que la SUN Principal tenga alguna falla. Participar en auditorias de control y verificación de desastres.
8. Administra y prioriza el trabajo coordinado con Modular Mining Systems para el correcto funcionamiento del sistema, para esto es necesario conocer los alcances del contrato con MMS (Sistemas modulares de minería), para lograr hacer que los requerimientos que se generen propios de la configuración del sistema puedan ser determinados y definidos, y consecuentemente tomar acción inmediata; discutir los temas que puedan quedar pendientes y discriminar cuales son de responsabilidad de MMS y cuales son prioritarios según las política corporativas.
9. La logística de los repuestos, accesorios y equipos que forman parte de Dispatch, está a cargo del departamento Eléctrico de Mina, sin embargo es necesario mantenerse informado del hardware en spare y stock; para que podamos solucionar cualquier situación en la que se ponga

en riesgo la paralización del Dispatch en algún equipo de mina, lo que significa perder información valiosa a la hora del análisis y toma de decisiones.

10. Los respaldos periódicos de la información generada en Dispatch son muy valiosos para la empresa, de tal modo que cada departamento que genera información en Bases de datos tiene la obligación de mantener un backup completo de toda esta información y con mayor razón el hardware y software de Dispatch cuenta con un Plan de Recuperación de Desastres.

- Se cuenta con un sistema de respaldo completo de la Sun Principal; es decir que la Sun de respaldo cuenta con una conexión independiente de antenas GPS, antena de Radio, Tape Backup.

11. Informar en las reuniones semanales la evolución de la semana de los KPIs correspondientes a las operaciones mineras con la finalidad de conocer la situación real de las operaciones y poder tomar acción. Los puntos son referente a:

- Evolución en la productividad y producción planeada.
- Delta “C”, valores óptimos versus los reales.
- Disponibilidad y uso de la disponibilidad de los equipos y KPIs de confiabilidad de mantenimiento (MTBF y MTTR).
- Tiempo de esperas de Camiones versus tiempo de espera de palas.
- Evolución de la productividad y cobertura de palas por camiones así como las oportunidades de mejora en la operación.
- Estudios de mejora continua y evaluación de proyectos.

### **3.2.3. Funciones y responsabilidades del despachador**

El personal encargado de despachar con el Sistema Dispatch, tiene las siguientes funciones y responsabilidades:

1. Mantener una buena configuración del sistema Dispatch, para lograr una eficiente asignación de camiones a las palas, controlando y minimizando los tiempos de cola (tiempo muerto por espera en puntos de carga y descarga); todo esto en tiempo real. Los despachadores han recibido cursos formales de Dispatch y estadística, para alcanzar este propósito es importante tener un nivel de ingeniería en el despacho.

2. Poseer capacidad de liderazgo y una buena actitud con el personal con el que comparte el turno en la operación, se debe de realizar las comunicaciones de coordinación con el equipo de trabajo tomando acción inmediata que apoye el logro de los objetivos.
3. Mantener y mejorar la eficiencia y productividad de la extracción de la mina, ya que el despachador tiene la responsabilidad y autoridad de detener o iniciar la operación de palas y camiones cuando sea necesario de acuerdo al plan operativo de la mina. Los despachadores deberán ser dinámicos y con la capacidad de anticipar y estar preparados ante cambios en la operación por falla de los equipos u otra situación imprevista. También deben conocer la política gerencial en lo que se refiere a reducción de costos, tomando como base la información de Dispatch para apoyar en la optimización de los procesos extractivo; es decir que pueden sugerir el empleo de los equipos que tienen menor costo y los que en resumen proporcionan la mejor performance.
4. Llevar el control de estado de todos los equipos de la mina (incluyendo de los equipos auxiliares que no tienen Dispatch, los cuales serán alimentados manualmente al sistema Dispatch). Esta información es de vital importancia porque a partir de esta información se obtiene la disponibilidad, eficiencia y uso de activos de todos los equipos de mina con el fin de realizar la planificación del mantenimiento programado del equipo. La información de los KPIs de Operaciones Mina (Productividad, Tiempos de espera, Velocidades, etc.) y de Mantenimiento (MTBF, MTTR) son proporcionados para llevar a cabo la planificación minera (Plan anual y Forecast, es decir parámetros para llevar a cabo dicha planificación).
5. El despachador tiene la responsabilidad de mantener limpia, clara y precisa toda la base de datos del sistema Dispatch de todos los equipos de la mina. Además se debe de proporcionar diariamente la información detallada de producción, estado de los equipos, e incidentes a la superintendencia de operaciones, con la cual asiste a la reunión diaria de coordinación.
6. El despachador es el asistente principal del Jefe de turno (O1), ya que lo retroalimenta con la información de Dispatch para la toma de decisiones propias de la operación. Además de esto el despachador tiene la capacidad de reemplazar y asumir la responsabilidad del líder o supervisor de la mina cuando la situación lo amerite. Otra responsabilidad que se le asume es ser el soporte de las comunicaciones entre los operadores de los equipos de mina con el personal de mantenimiento mina, supervisión de perforación y voladura, ingeniería mina, contratistas, etc.

El personal encargado de despachar además de las anteriores actividades, debe de realizar el Check List Despachador (Anexo 1) antes de iniciar con la guardia.

### **3.2.4. Herramienta Truck Dispatch**

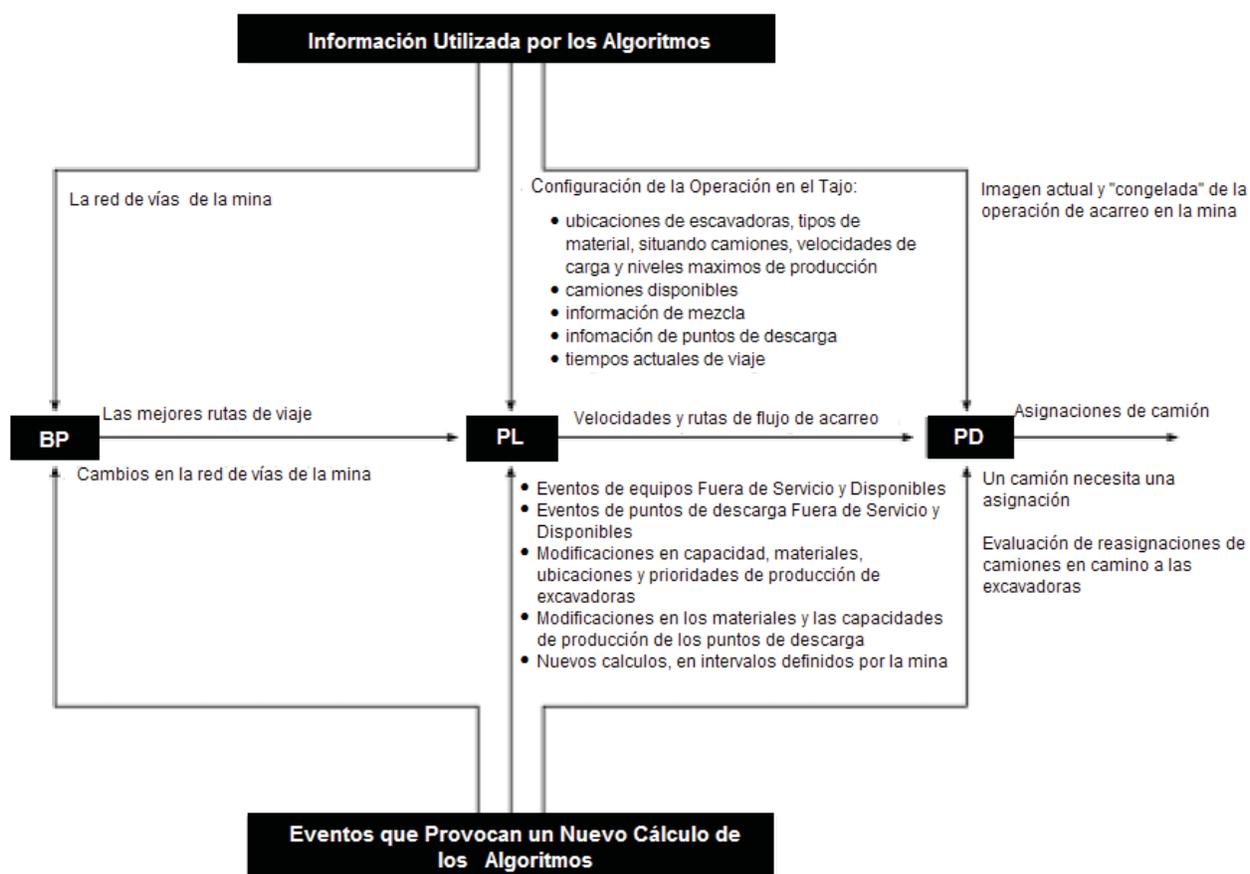
Dispatch permite la interacción en tiempo real entre el sistema, el operador y el despachador; dando así paso al control del proceso y programación de las acciones en las operaciones en forma remota. Con Dispatch los jefes de turno de la mina y mantenimiento pasan a ser administradores de la operación, dejando al despacho el trabajo de asignación de equipos y tiempos, así como la captura de datos y cálculo de los indicadores claves de desempeño (KPI), ya que se tiene información desde el origen y la gestión de los datos es instantánea

La estrategia de optimización DISPATCH (DOS), es un mecanismo de dos fases que usa tres modelos de programación matemática: Programación Lineal (PL), Programación Dinámica (PD), y la Mejor Ruta (BP); con el fin de obtener la mayor productividad de camiones posible en la mina.

DOS (Sistema Operativo Dispatch) es un mecanismo automático que utilizando los modelos mencionados crea un plan maestro teórico de circuitos optimizados de producción y tasas de alimentación para asegurar que el plan se cumpla en tiempo real durante todo el turno. Aunque DOS es un sistema automático, DISPATCH también incluye el módulo de Configuración de la Programación Lineal para poder hacer cambios específicos en cuanto a la forma en la cual la PL crea circuitos de producción y tasas de alimentación, el cual permite mayor flexibilidad para cumplir con los requisitos de producción de la mina. Los objetivos de los planes de minado se ingresan como variables dentro de la PL del sistema, permitiendo tener el control de estos planes en tiempo real. Esta funcionalidad permite cambiar las directivas del planeamiento por algún cambio en el rumbo debido a una estrategia, para que estos tomen efecto desde el momento que se cambia las variables que intervienen en la PL.

La información de la BP (mejor ruta) así como información de ubicación, match factor palacamiión, velocidades por pendiente cargado y vacío, prioridad de palas, porcentaje de utilización de equipos de carguío, capacidades en destinos, características de los equipos, restricciones operativas y demás variables; se ingresan a la PL (programación lineal) la que proporcionan velocidades y rutas de flujo de acarreo a la PD (programación dinámica) la que con esta información proporciona las asignaciones.

La *ilustración 24* muestra como los modelos trabajan juntos para maximizar la productividad general de los camiones en la mina.

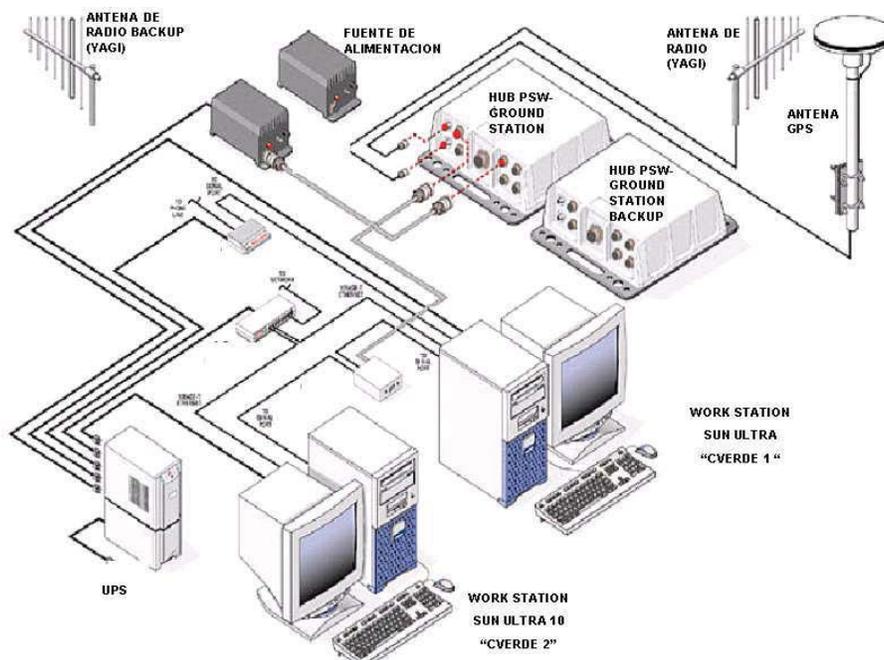


*Ilustración 24. Modelos de programación matemática del sistema Dispatch.*

Fuente: Dispatch\_6.3\_Help\_System, Intellimine Dispatch, page. 306, 2016.

### 3.2.5. Equipamiento de Intellimine

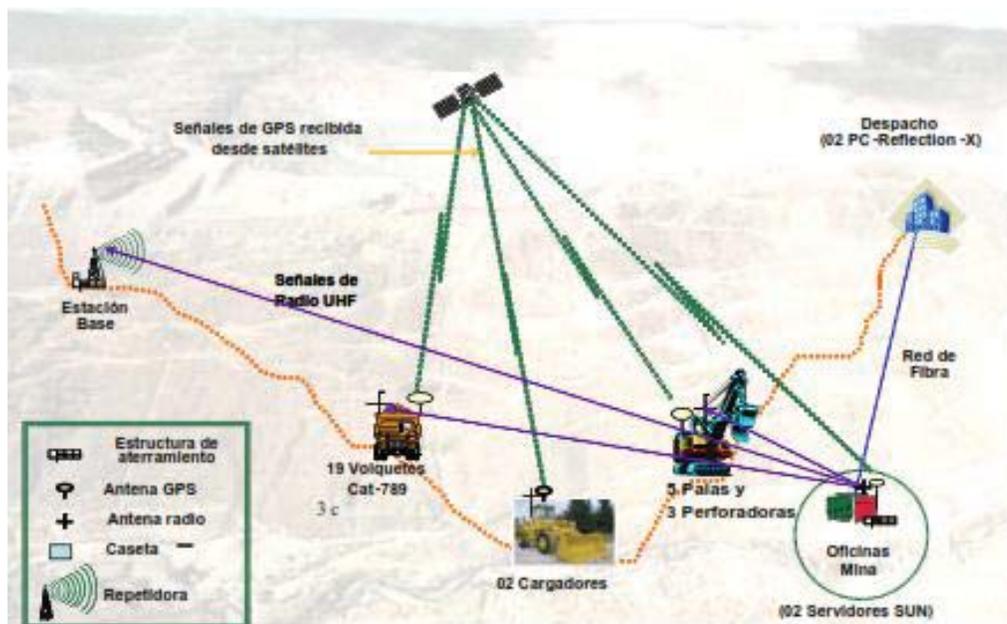
El equipamiento de Intellimine está compuesto de una Work Station con sistema operativo Solaris Versión 5.7 de SUN Microsystems donde se instalan el sistema Dispatch-Intellimine de Modular (*Ilustración 25*).



*Ilustración 25. Equipamiento de Intellimine.*

Fuente: Dispatch\_6.3\_Help\_System, Modular Minig System, Inc., 2012.

Esta aplicación permite crear y almacenar turno a turno las bases de datos de producción, los estados de los equipos mineros y más información adicional (*Ilustración 26*).

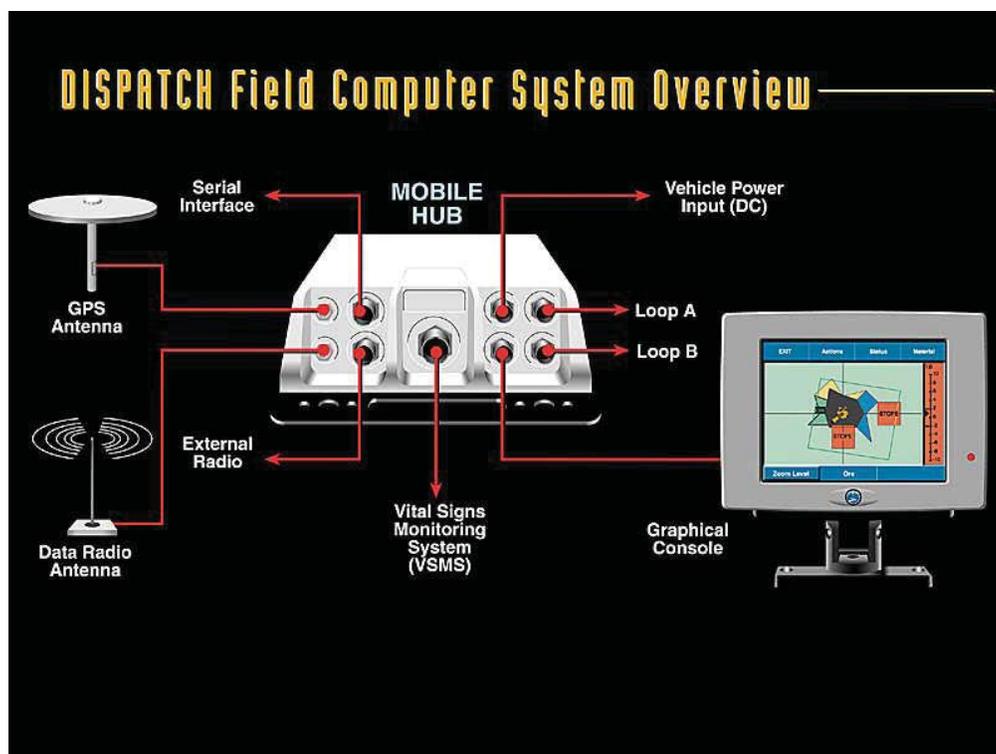


*Ilustración 26. Aplicación de Intellimine.*

Fuente: Dispatch\_6.3\_Help\_System, Modular Minig System, Inc., 2012.

El equipamiento de campo (*Ilustración 27*) es similar en todos los equipos y consta de:

- Una consola de interface gráfica del operador (GOIC), que es una pantalla sensible al tacto y que es utilizada como interface para la interacción con el operador.
- Unidad central de proceso dentro de un concentrador llamado HUB (Estación de radio terrestre para telecomunicaciones).
- Un receptor de radio UHF (Frecuencia Ultra Alta) configurado con frecuencias de transmisión y recepción otorgadas por el ministerio de transportes y comunicaciones.
- Un receptor GPS marca Ashtech modelo Eurocard en la mayoría de minas que utilizan la revisión D del Dispatch.
- Antena UHF modelo Dipolo marca Sinclair.
- Antena GPS de alta o baja precisión y cantidad dependiendo si es equipo de baja o alta precisión.



*Ilustración 27. Esquema del sistema informático de campo de Dispatch.*

Fuente: Dispatch\_6.3\_Help\_System, Modular Minig System, Inc., 2012.

### 3.2.6. Conceptos Dispatch

#### 3.2.6.1. Herramienta Lptruck

Existen varios tipos de LPTRUCK, clasificados en grupos de camiones según el tamaño del camión y cuando es posible, según la velocidad promedio de carga que dichos tipos de camiones registraron al trabajar en ciertas palas (también clasificadas según tipo) durante un periodo (tres meses por lo menos). El propósito de esto es informar al modelo de PD qué tipos LPTRUCK existe en la flota de acarreo, de esta forma, cuando el modelo de PL asigna los tipos LPTRUCK a las rutas de PL, la PD sabrá que camiones puede asignar a cada ruta.

Al agregar un nuevo camión a la mina, la PD no puede asignarlo a una ruta de PL hasta no conocer su tipo LPTRUCK. Por esta razón es necesario determinar el tipo LPTRUCK adecuado para dicho camión. Para que un camión reciba asignaciones válidas es necesario determinar si un camión nuevo es lo suficientemente similar a otro camión para asignarle el mismo tipo LPTRUCK (similar en términos de tamaño y velocidad de carga). Si el camión nuevo *no* es similar a ninguno de los camiones existentes, se debe crear otro tipo LPTRUCK en la tabla LPTRUCK\_tbl del archivo *enum.c*. (Ilustración 28).

SYSLAB2 UTILERIA PARA MODIFICACION DE CAMIONES

Archivo Ver Herramientas Ayuda

Ejecutar formulario: key220 color Ir

C A M I O N : T 1 0 2

Eliminar camion?

Cuadrilla: C

Numero Actual de Operador: 000132 # Operador Permanente: NINGUNA  
 Nombre: Truck T102 Nombre: NINGUNA  
 Ubicacion: Chancador CRUSHER1 Estatus: Operativo  
 Voladura: NINGUNA Numero de Panel: 102  
 Tipo de Material: Vacio Tipo de Camion: Camion 1  
 Tipo de PL a Camiones LPCamion 3  
 Vaciadero: NINGUNA  
 Cap. Tanque Combustible: NINGUN Gallon  
 Hrs. Desde Ultimo Servicio: 0.0  
 Factor Velocidad Camion 1.00  
 Tamano vacio: 0.0  
 Camion Agua/Entrenam. ? NO  
 Ultima Hora Estado: 07-ABR-11 14:49:0  
 Fecha: 13-ENE-07 14:21:15  
 Excluir Asig. a Palas:  
 Asignacion Fija a Pala: NINGUNA  
 Combustible Restante: NINGUN Gallons  
 Factor Consumo Combust.: 1.0  
 Capacidad de Camion: 150.0 Tons  
 Actual TMPH: 0.0 Max TMPH: 0.0  
 Retorque Viaje Restante: NINGUNA  
 Ultima Razon de Estado: 0  
 Ultima Hora Motor: Horas- 345098  
 Este: 0  
 Norte: 1  
 Ultimo GPS: E305 Ultima Hora GPS: 07-ABR-11 14:49:04

localhost C:/Program Files/intellimine/mms/dsp/cli/syslab2/com

Ilustración 28. Pantalla de creación del LPTRUCK\_tbl del archivo *enum.c*.  
 Fuente: Dispatch\_6.3\_Help\_System, Modular Minig System, Inc., 2012.

### 3.2.6.2. Tecnología satelital y GPS

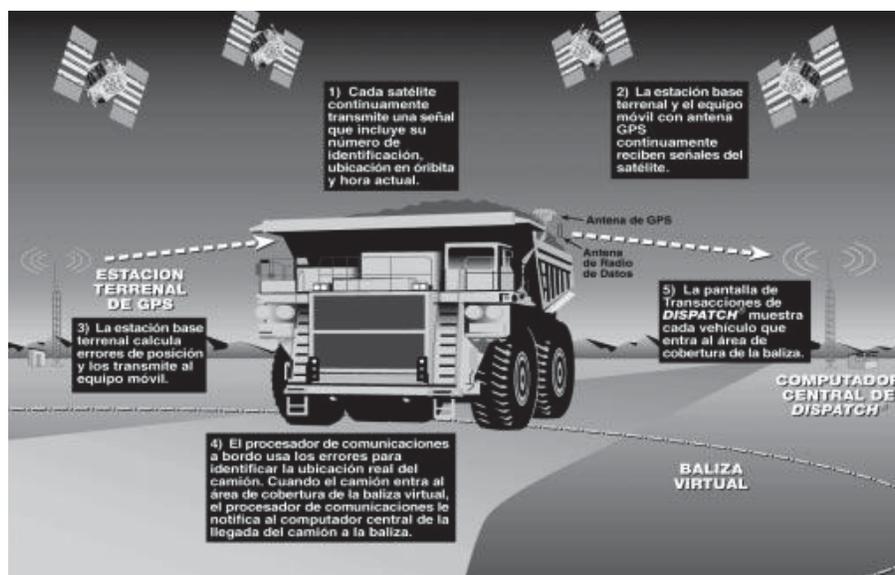
DISPATCH utiliza tecnología GPS avanzada para proveer rastreo de equipo móvil con una precisión de 10 metros o 100 metros. La precisión GPS de 100 metros es suficiente para rastrear camiones de acarreo y otros equipos móviles en la mina, y el GPS con precisión de 10 metros es utilizada para realiza un monitoreo más cercano de los camiones en las trituradoras y de las palas en los bancos, todo esto con el fin de satisfacer las necesidades específicas de la mina ya que el sistema DISPATCH está configurado para ejecutar en uno de los dos modos.

Los componentes GPS principales para el rastreo de equipo móvil incluyen:

- Receptores GPS en los camiones, palas y (como opción) equipo auxiliar.
- Una estación de referencia terrestre GPS (se requiere para precisión GPS de 10 metros).
- Balizas de ubicación virtuales (no físicas).
- Software GPS integrado y de alto nivel.

Durante el turno, los receptores GPS instalados en el equipo móvil determinan en forma continuada las coordenadas Norte y Este del equipo usando información de posicionamiento de satélites GPS. Para GPS con precisión de 10 metros (*Ilustración 29*), los receptores usan datos de corrección de error GPS transmitidos desde una estación de referencia terrestre GPS.

Las lecturas de ubicación para el rastreo GPS de equipo móvil con 100 metros de precisión no requieren de correcciones diferenciales. Estas lecturas se conocen como lecturas no diferenciales.



*Ilustración 29. Rastreo de equipo móvil con precisión de 10 metros.*

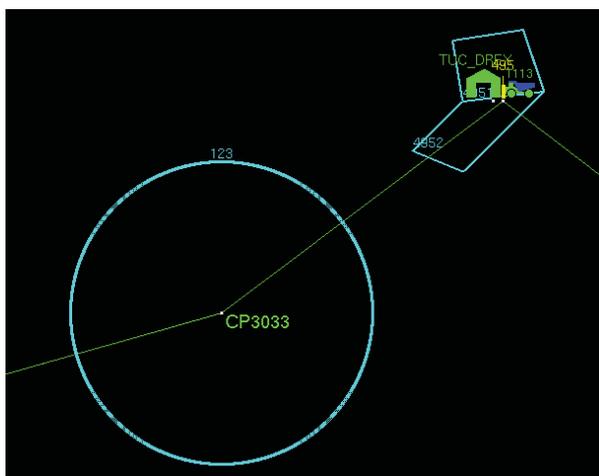
Fuente: Dispatch\_6.3\_Help\_System, Modular Minig System, Inc., 2012.

Dispatch ofrece amplios reportes GPS para monitorear los equipos en tiempo real o en forma histórica. Con los reportes GPS, se puede:

- Desplegar gráficamente ubicaciones de equipo actuales y generar playbacks GPS animados de actividades de los equipos para un turno especificado o un rango de turnos, usando el programa Mine Graphics de DISPATCH.
- Consultar las ubicaciones actuales de equipo individual.
- Localizar problemas en el equipo GPS.

### 3.2.6.3. Baliza virtual

Una baliza virtual es un área definida por software que permite que DISPATCH rastree los vehículos equipados con GPS cuando entran o dejan el área. Las balizas virtuales tienen forma circular o de polígono (*Ilustración 30*).



*Ilustración 30. Balizas virtuales (bordes turquesa) circulares y poligonales.*

Fuente: Dispatch\_6.3\_Help\_System, Modular Minig System, Inc., 2012.

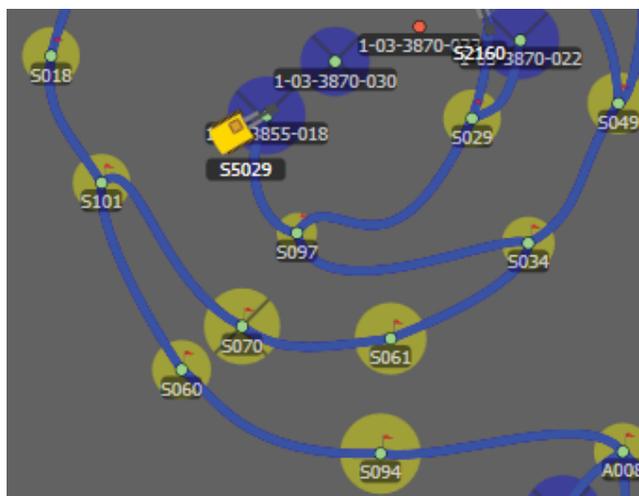
Cada baliza virtual está asociada con una ubicación específica de la mina, tales como un punto de notificación, botadero, chancadora, depósito, voladura, plataforma de lixiviación, área de estacionamiento, taller, bahía de combustible, mina o región.

Cuando la información de posición para una unidad de equipo coincide con las coordenadas de una baliza virtual en la base de datos GPS (es decir, el equipo se mueve en el círculo de influencia de la baliza), el procesador de comunicaciones a bordo del vehículo reporta a la computadora central la llegada o la partida del vehículo de la baliza.

Además de reportar llegadas y partidas en las balizas, cada unidad de equipo que cuenta con un receptor GPS registra su ubicación cada 30 segundos (configurable) y reporta los datos a la computadora central cada ocho minutos. Esta información es útil para localizar problemas y reportes de GPS.

Adicionalmente, las balizas virtuales permiten que DISPATCH realice las siguientes funciones:

- Actualizar las ubicaciones de camiones en la mina (*Ilustración 31*)
- Hacer llegar a los camiones en forma automática a las ubicaciones.
- Registrar las horas de llegada y salida.
- Determinar los tiempos de viaje.
- Reasignar los camiones.
- Definir las áreas individuales dentro de ubicaciones de botadero y chancadoras.



*Ilustración 31. Ubicación actualizada de los camiones en el Tajo Sur de la mina Atapaccay..*

Fuente: Dispatch\_6.3\_Help\_System, Modular Minig System, Inc., 2012.

#### **3.2.6.4. Asignación dinámica**

En la Fase 1 de la Estrategia de Optimización de Dispatch (DOS), el modelo de PL crea una solución de PL de circuitos de producción en términos de rutas de PL y velocidades de alimentación y provee un plan maestro teórico para optimizar la operación de acarreo. En la Fase 2, el modelo PD ejecuta la solución de PL en tiempo real. El modelo de PD asigna camiones disponibles a palas y puntos de descarga con la meta de imponer las rutas de PL y lograr ciertas

velocidades de alimentación en dichas rutas. Hay dos tipos básicos de asignaciones de PD: asignaciones de camiones vacíos y asignaciones de camiones cargados.

- Para camiones *vacíos*, la PD:
  - Asigna camiones a palas.
  - Reasigna camiones en los puntos de comunicación.
  - Reasigna los camiones en ruta de una pala fuera de servicio.
  - Crea asignaciones fijas entre camiones y palas al *final* del turno.
- Para camiones *cargados*, la PD asigna camiones a puntos de descarga.

Antes de iniciar la tarea de generar asignaciones de camión, la PD necesita obtener la siguiente información del modelo de PL:

- Las rutas de PL que están en la solución actual de PL.
- Las velocidades de alimentación del material para cada ruta de PL.
- El Tipo LPTRUCK para cada ruta de PL

La DP también debe de tener en cuenta la siguiente información:

- Debido a que se generan asignaciones en respuesta a solicitudes de camiones en tiempo real por medio de la red telemétrica de radio, éstas deben ser generadas rápidamente. (La PD es ideal para esta tarea porque es ejecutable en menos de un segundo, asegurando así que los camiones no permanezcan mucho tiempo en los puntos de descarga o en las palas esperando la siguiente asignación.)
- La llegada secuencial de camiones debe realizarse apropiadamente. Es decir, el enviar camiones a palas y puntos de descarga en el momento adecuado es igual de importante que enviar el número apropiado de camiones.
- Es necesario encontrar un equilibrio entre la tarea de cumplir con las velocidades de alimentación calculadas por la PL y el uso de los recursos de acarreo y excavación (es decir, cumpliendo con los Tipos LPTRUCK y manteniendo al mínimo el tiempo de los camiones en cola y viajando).

Con el objetivo que el modelo de PD opere eficientemente, se tiene que evitar asignaciones fijas entre camiones y palas, puntos de descarga y regiones. También se tiene que evitar poner restricciones entre camiones, palas y tipo de material. Al calcular la solución de PL, la PL no tiene en cuenta las asignaciones fijas y restricciones. Por lo tanto, es posible lograr la mejor solución de

PL si éstas no son utilizadas. Antes de crear la asignación, la PD evalúa si el camión será asignado al área de abastecimiento de combustible o si está programado para recibir mantenimiento. Las asignaciones de combustible y mantenimiento, las cuales DISPATCH genera automáticamente, tienen precedencia sobre las asignaciones de la PD.

#### **A. Criterios a tener en cuenta en la asignación dinámica**

- La prioridad del trabajo del despachador es parar y levantar equipos cuando esto es necesario. Si se requiere y es necesario se deben parar camiones, el objetivo es producir más con menos costo.
- Las prioridades al inicio de turno (y durante el turno) se configuran modificando en forma adecuada la capacidad de los equipos de carguío en combinación con las prioridades de estos equipos. La capacidad de los botaderos y de equipos de carguío se puede regular para ajustar el envío de camiones. Hay que tener cuidado con las capacidades de los equipos de carguío que tienen prioridad uno.
- Cuando se requiere mantener o configurar una mezcla de materiales, se “juega” con la capacidad de los botaderos (destinos).
- Después de que el sistema está estabilizado en dinámico, se puede variar las capacidades de los botaderos y palas para cumplir con los objetivos. Uno de los objetivos principales que tiene que perseguir el despachador es mantener el número de camiones actual y del PL igualados. Si estos dos números no se encuentran iguales, es decir por ejemplo si el número de camiones actual es mayor que el del PL, el sistema repartirá proporcionalmente los camiones. El sistema dinámico necesita que estos dos números se mantengan iguales para que funcione correctamente. Si la diferencia es por fracciones, chequear el trabajo y la estrategia de minado, de acuerdo a ello se debe evaluar parar equipos o no. Si el número de camiones actuales y de PL se encuentran igualados, se puede aumentar la capacidad de destinos y/o palas para incrementar los camiones, se tiene que mantener estos números iguales. Esto logrará que aumentemos la producción sin menguar la correcta asignación dinámica. Una buena práctica es botar en destinos alejados.
- Si se tiene un equipo de carguío A que se encuentra trabajando con un destino, el cual no es utilizado por otro equipo de carguío, y es prioridad utilizar este equipo (o botar en el destino asociado), se tiene que bajar la capacidad a los otros equipos de carguío para forzar

que se le envíe camiones al equipo de carguío A. Se tiene que tener cuidado de respetar las prioridades y no bajar demasiado o no bajar nada a los equipos con primera prioridad.

- Se tiene que tener cuidado cuando se desee poner en stand by los camiones en sus destinos. Primero tienen que poner asignar luego de descargar y recién se pueden poner en stand by, de lo contrario no reconoce la carga. Esto puede realizarse más rápidamente el despachador si se desea que no se demore el stand by de estos equipos. El mismo trato se debe dar a los camiones que entren a refrigerio.
- En el cambio de turno en dinámico, se puede colocar menos tiempo a la demora por cambio de turno, de tal manera que los camiones se dirijan a los equipos de carguío aun antes que el operador ha llegado. Esto evita que los camiones sean asignados a otros equipos de carguío donde no deberían ir y mantiene el mismo flujo de camiones para cada equipo de carguío. En Antapaccay se redujo el tiempo de espera por cambio de guardia de 10 a 5 minutos.
- Hay que tener en cuenta que luego de realizados cambios en los parámetros del sistema, este tarda aproximadamente 20 minutos en regular el flujo, se tiene que esperar a que el sistema se “pare”, de lo contrario lo único que se lograra es “marear” al sistema.
- Si dos palas están trabajando muy cerca (en el mismo nivel por ejemplo) y una tiene cola de camiones y a la otra le faltan camiones, se puede realizar asignación manual de los camiones en cola, y de esta forma mejorar el trabajo.
- Mientras el *Starved Shovels* (necesidad de palas) en el PL requiera más porcentaje (%) y se pueda aumentar más capacidad en los botaderos, entonces podemos aumentar más camiones, siempre cuidando que el número de camiones actuales y de PL se encuentran igualados.
- No se originan trastornos en camiones actuales y camiones de PL por movimiento de los equipos de carguío (demora operativa). El trastorno se origina al variar el material y si se varía el destino asociado, según esto se tendría que “jugar” con las capacidades de los destinos. Si se piensa realizar un movimiento de equipo más largo del que se pueda manejar (mucho tiempo), entonces se puede trasladar el equipo de carguío deshabilitándolo primero. Enseguida se tienen que subir las capacidades de los demás equipos de carguío para que los camiones que estaban asignados al equipo de carguío en movimiento, se asignen a los otros equipos. Cuando el equipo ha llegado y se pone operativo, se pueden

volver a bajar las capacidades que se subieron a los otros equipos de carguío y de esta manera restablecer el flujo anterior.

En el movimiento de equipos de carguío se tiene que considerar:

- Si se tuviera certeza que el equipo de carguío que se está trasladando (deshabilitado) se utilizará cuando llegue a su destino y si los otros equipos de carguío ya estuvieran con 100% de capacidad (no pueden recibir más camiones), entonces tenemos que poner en stand by los camiones que estaban asignados al equipo de carguío en movimiento y tendrían que ubicarse en el lugar donde trabajará el equipo de carguío.
- Si los otros equipos de carguío tienen capacidad para recibir más camiones y se les aumenta de capacidad para seguir utilizando los camiones del equipo de carguío en movimiento, se tienen que tener en cuenta que algunos minutos (5 – 10) antes que el equipo de carguío que se traslada deshabilitado llegue a su destino, se tiene que bajar la capacidad de los equipos de carguío que antes subimos (cuando comenzó el movimiento de la pala) y seguidamente se tienen que pasar de deshabilitado a operativo el equipo de carguío en traslado, pero se le mantienen en demora operativa. Al llegar a su destino, se le saca de demora operativa al equipo de carguío logrando un ahorro en el tiempo de traslado del equipo de acarreo. Esto se realiza si se mantiene la misma cantidad de camiones que cuando se inició el traslado del equipo de carguío, ya que si hubiera overtruck a lo mejor no se requiera bajar la capacidad a los otros equipos de carguío.

### **3.2.6.5. Módulo de información del sistema Dispatch**

El Módulo de información incluye una variedad de características que permiten configurar la forma en la cual el modulo realiza los reportes generales del equipo y de producción. Por ejemplo con el módulo de información se puede:

- Especificar los déficits.
- Modificar los niveles de capacidad de producción.
- Permitir la alimentación de datos.
- Activar varias opciones de parámetros globales de PL.

También se puede usar el módulo para:

- Asignar penalidades.
- Analizar y corregir problemas relacionados con la producción.

Para acceder a las características del módulo, el despachador usa las opciones del menú principal del módulo. El menú principal del módulo de comunicación tiene tres secciones: Datos de Configuración, Herramientas de Análisis y Herramientas de Mantenimiento.

### 3.2.6.5.1. Plataforma .NET

La plataforma .NET (*Ilustración 32*), es una plataforma de desarrollo de software con especial énfasis en el desarrollo rápido de aplicaciones, la independencia de lenguaje y la transparencia a través de redes.

La plataforma consta de las siguientes partes:

- Un conjunto de lenguajes de programación (C#, J#, JScript, C++ gestionado, Visual Basic.NET, y otros proyectos independientes).
- Un conjunto de herramientas de desarrollo (Monodevelop o Visual Studio.NET)
- Una librería de clases amplia y común para todos los lenguajes.
- Un sistema de ejecución de Lenguaje Común. (CLR).
- Un conjunto de servicios y servidores .NET
- Dispositivos electrónicos con soporte .NET (PDA, Celulares, etc).

Como se ha visto C# (C Sharp) es parte de la plataforma .NET. C# es un lenguaje orientado a objetos simple, seguro, moderno, de alto rendimiento y con especial énfasis en internet y sus estándares (como XML). Es también la principal herramienta para programar en la plataforma .NET.



*Ilustración 32. Marco de trabajo .NET.*

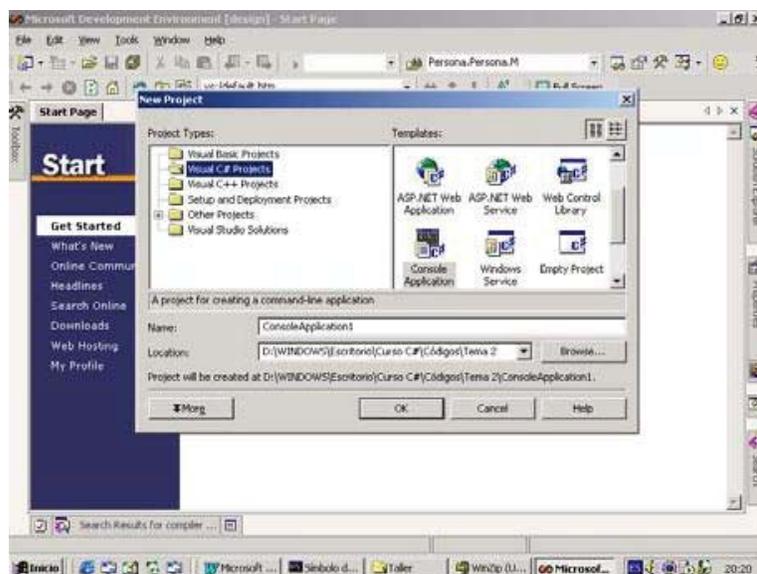
Fuente: Plataforma .NET, Microsoft, 2018.

### 3.2.6.5.2. Lenguaje de programación C# (C Sharp)

El lenguaje C# es el nuevo lenguaje de propósito general diseñado por Microsoft para su plataforma .NET. Sus principales creadores son Scott Wiltamuth y Anders Hejlsberg, éste último también conocido por haber sido el diseñador del lenguaje Turbo Pascal y la herramienta RAD Delphi. La sintaxis y estructuración de C# es muy parecida a la de C++ o Java, puesto que la intención de Microsoft es facilitar la migración de códigos escritos en estos lenguajes a C# y facilitar su aprendizaje a los desarrolladores habituados a ellos. Sin embargo, su sencillez y el alto nivel de productividad son comparables con los de Visual Basic. En resumen, C# es un lenguaje de programación que toma las mejores características de lenguajes preexistentes como Visual Basic, Java o C++ y las combina en uno solo. El hecho de ser relativamente reciente no implica que sea inmaduro, pues Microsoft ha escrito la mayor parte de la BCL usándolo, por lo que su compilador es el más depurado y optimizado de los incluidos en el .NET Framework SDK.

### 3.2.6.5.3. Compilación con Visual Studio.NET

Visual Studio Code es un editor de código fuente desarrollado por Microsoft para Windows, Linux y macOS. Visual Studio Code es compatible con varios lenguajes de programación (C#) y un conjunto de características que pueden o no estar disponibles para un idioma dado. Para compilar una aplicación en Visual Studio.NET primero hay que incluirla dentro de algún proyecto (*Ilustración 33*).

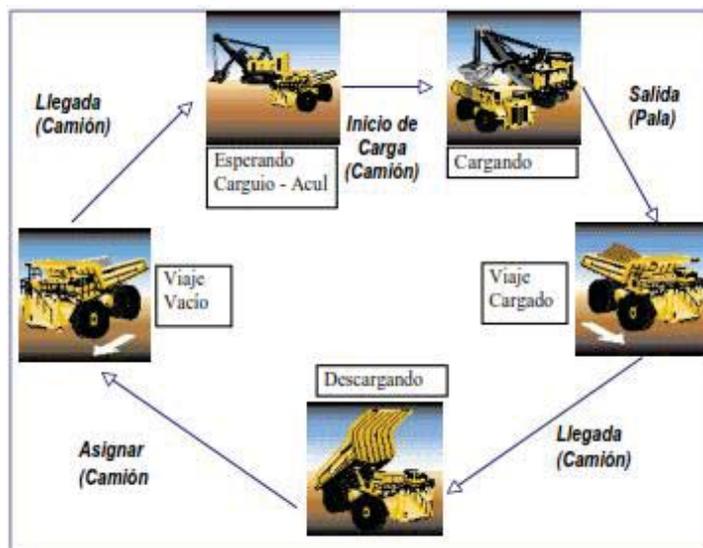


*Ilustración 33. Ventana de creación de nuevo proyecto den Visual Studio .NET.*

Fuente: Visual studio, .NET, Microsoft, 2018.

### 3.2.7. Ciclo de carguío y acarreo

La operación de carguío y acarreo (*Ilustración 34*), es una de las actividades más fundamentales dentro de las operaciones unitarias.



*Ilustración 34. Ciclo de carguío y acarreo, Intellmine Dispatch.*  
Fuente: Dispatch\_6.3\_Help\_System, Intellmine Dispatch, page. 306, (2016).

El ciclo de carguío y acarreo dentro de la operación está distribuido de la siguiente forma:

$$T_c = T_{\text{esp. en carga}} + T_{\text{carga}} + T_{\text{v. cargado}} + T_{\text{esp. en descarga}} + T_{\text{descarga}} + T_{\text{v. vacío}}$$

En resumen:

$$T_c = K_1 + T_{\text{esp. en carga}} + T_{\text{esp. en descarga}}$$

Donde:

$T_c$	• Tiempo de ciclo.
$T_{\text{carga}}$	• Tiempo de carguío - $f$ (Habilidad del operador; granulometría; calidad de voladura y capacidad del equipo de carguío).
$T_{\text{v. cargado}}$	• Tiempo de viaje cargado - $f$ (velocidad de los camiones; distancia y pendiente de la ruta).
$T_{\text{descarga}}$	• Tiempo de descarga - $f$ (disponibilidad de la chancadora; granulometría y capacidad de chancado).
$T_{\text{v. vacío}}$	• Tiempo de viaje vacío - $f$ (velocidad del camión; distancia y pendiente de la ruta).
$K_1$	• Tiempo de viaje cargado y vacío.
$T_{\text{esp. en carga}}$	• Tiempo de espera para ser cargado.
$T_{\text{esp. en descarga}}$	• Tiempo de espera para descargar.

### **3.2.7.1. Tiempo de espera por pala**

Está referido al tiempo que el camión espera para ser cargado después de que ha llegado al frente de carguío. El tiempo de espera termina cuando la pala ha dado salida al camión anterior. En caso de no haber camión en carga el tiempo de espera se hace cero, generándose el tiempo de aculatamiento (spot) cuando el camión es detectado por la baliza de autollegada de la pala. El despachador es el responsable de este evento, ya que a través del Dispatch puede optimizar la asignación de los camiones a las palas. El administrador de Dispatch debe de apoyar en mantener bien configuradas los archivos de Dispatch; como velocidades de los camiones, tiempos de las demoras y la salud global de Dispatch.

En Antapaccay el tiempo de espera depende de la disponibilidad de la pala, de las condiciones de la plataforma de carguío, de la cantidad de equipos en cola, de la habilidad del operador, del tiempo de aculatamiento, del tiempo de carguío, etc., los cuales influyen directamente en el tiempo de espera de pala.

### **3.2.7.2. Tiempo de aculatamiento**

Es el tiempo que toma el camión en cuadrarse para ser cargado. Este es un tiempo estimado en función a las acciones de salida del camión anterior en caso de cola y del tiempo de llegada si es que la pala está esperando por camión; este tiempo finaliza con la acción de inicio de carga colocado por el operador al sentir el primer pase de carga.

El operador del camión es quien tiene principalmente incidencia en este tiempo; maniobrando según los procedimientos y capacitación que se le imparte por parte de operaciones mina. Depende directamente de la habilidad de operador de camión. El supervisor tiene la oportunidad de revisar y chequear el área de ingreso en la pala, poniendo énfasis en que esta zona este en las mejores condiciones tanto de orden, anchos adecuados, ubicación de los puentes, etc.

### **3.2.7.3. Tiempo de carga**

Es el tiempo tomado para cargar el camión, pero este tiempo es tomado en Dispatch sin tener en cuenta el tiempo que la pala se ha tomado para cargar el primer pase ya que comienza a correr cuando el operador presiona “cargando” al sentir la descarga del primer pase y termina cuando el operador de la pala da salida al camión con la interface (pedal).

La supervisión debe hacer colocar correctamente la pala en su frente de trabajo, debido a que el operador de la pala es el directo responsable de cargar rápido y adecuadamente al camión. El tamaño del material fragmentado es otra clave para optimizar el tiempo de carguío y evitar que se dañe la tolva del camión, el área de voladura debe proveer un reporte de la fragmentación ya que esto va a servir para analizar con más detalle las causas de tiempos de carguío no esperadas. Finalmente, el supervisor tiene la responsabilidad de acondicionar y chequear el frente y su ancho de trabajo de la pala.

### **3.2.7.4. Tiempo de viaje lleno**

Comienza una vez que el operador de pala ha dado salida al camión (mediante una bocina) luego de cargarlo. El operador del camión tiene incidencia directa en este evento, con un manejo adecuado, velocidad, etc. y también relacionado al entrenamiento que tenga. La velocidad está en función del estado del equipo y del estado de la carretera, el equipo auxiliar que trabaja en este mantenimiento de vías, tiene también incidencia en el viaje vacío y viaje lleno. El tiempo de viaje (*Ilustración 38*) es un tiempo que está en función de la distancia y pendiente de la ruta. Se puede evaluar o inspeccionar con una determinada periodicidad las vías, los ángulos y peraltes de las curvas, anchos, etc.

El operador de Pala debe de cargar el tonelaje correcto y un correcto centrado de la carga; la distribución de la carga de los camiones es también importante ya que al no hacer caer piedras en la carretera, los camiones pueden avanzar con mayor constancia (sin paradas o giros fuera de su carril).

### **3.2.7.5. Tiempo de espera para descargar**

Es el exceso de tiempo en el punto de descarga entre la detección del camión por la baliza de auto llegada al botadero o chancadora y la asignación cuando sale de la baliza del punto de descarga (*Ilustración 39*). Esto es posible debido a que el Dispatch guarda un valor promedio de descargas así como se puede manejar el momento mismo de la descarga por medio de sensores que indiquen

el momento en que el camión empezó a bascular. Este tiempo es de responsabilidad del despacho pues dependen de la asignación de los camiones por una correcta configuración del Dispatch durante el turno. Cuando un grupo de botaderos o stoks está dispuesto en forma de *fingers* (para llevar un mejor control geotécnico por ejemplo), es muy factible que la demora en botadero se presente.

### 3.2.7.6. Tiempo de descarga

Es el tiempo que demora el camión en depositar su carga en el botadero o en la chancadora.

#### a) Tiempo de descarga en los botaderos

El operador del tractor de orugas es el directo responsable de mantener en las mejores condiciones al botadero, es decir limpio, con buena berma y con un área que no esté restringida. El supervisor tiene la responsabilidad de acondicionar y chequear la zona de la descarga y sugerir la estrategia más adecuada. Los operadores de camión pueden comunicar si el área para la descarga es la más adecuada o pueden sugerir mejor acondicionamiento (*Ilustración 35*).



*Ilustración 35. Camión CAT 793D descargando en el Boradero Sur.*

Fuente: Área de operaciones mina, Antapaccay, 2016.

#### b) Tiempo de descarga en chancado

El despachador tiene todos los elementos para coordinar con el operador de canchado la estrategia de la frecuencia de la descarga para evitar posibles esperas de camión por la chancadora. El supervisor tiene la responsabilidad de coordinar con el jefe de turno de Chancado, el manejo operativo en el turno. Se debe de evaluar la fragmentación y comparar con la productividad de la

chancadora y de la mina. Se puede evaluar o llevar a cabo un estudio de tiempos de acuatamiento en la chancadora, puede que tengamos una gran variabilidad de datos para cada operador. Un mejor conocimiento del personal de Chancado en lo referente a nuestra operación apoya bastante en las coordinaciones.

Los camiones deben acular en forma perpendicular a la tolva de gruesos. Atención del operador para descargar ya sea en chancadora o en el depósito, esto pues el Dispatch actualmente detecta una parada de la chancadora, ya sea por atoro u otra razón y envía los camiones al depósito de transición.

En Antapaccay los camiones deben esperar que el operador de la chancadora afirme la descarga mediante una luz verde en el semáforo para luego acular en forma perpendicular a la tolva de gruesos y proceder a bascular la tolva progresivamente (*Ilustración 36*).

Además de esto los operadores de los camiones deben estar atentos a la comunicaciones u órdenes del operador de la chancadora debido a la posibilidad que ocurra un atoro o falla por alta tensión; el cual ocasione la parada de esta y limite la descarga normal; en este caso el operador del camión por órdenes del despachador o del supervisor procederán a descargar en el Stock.

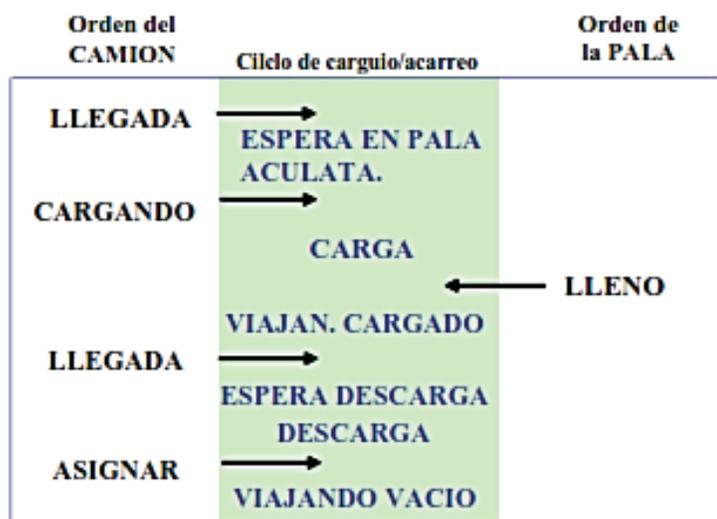


*Ilustración 36. Camión CAT 793D descargando en la Chancadora Primaria.*  
Fuente: Área de operaciones mina, Antapaccay, 2016.

### **3.2.7.7. Tiempo de viaje vacío**

Comienza luego que la baliza del punto de descarga asigna al equipo a un punto de carguío o cuando el operador ha puesto asignar después de descargar. Las responsabilidades y oportunidades de mejora son compartidas con el viaje lleno.

Según lo explicado se deduce que es responsabilidad del Dispatch la correcta asignación para no tener esperas por pala ni en puntos de descargas. Otro esquema del ciclo de carguío y acarreo clarificara mejor los eventos del ciclo así como las acciones que se ejecutan para dar inicio y final a cada evento del ciclo (*Ilustración 37*).



*Ilustración 37. Esquema del ciclo de carguío y acarreo.*  
Fuente: Intellimine Dispatch, Modular Minig System, Inc., (2016).

El Dispatch tiene injerencia en los tiempos de espera ya que estos están sujetos a la correcta asignación producto de la adecuada configuración de los parámetros del sistema en el turno.

### 3.2.8. Auto llegada y auto asignación

Una buena práctica es trabajar con la configuración de balizas para auto llegada y auto asignación. La aplicación del auto llegada y auto asignación de los camiones en Pala y Botadero, se implementó como parte del BIT DE TRANSPORTE en Antapaccay, con la finalidad de buscar un valor standard en cada uno de los eventos del ciclo de acarreo:

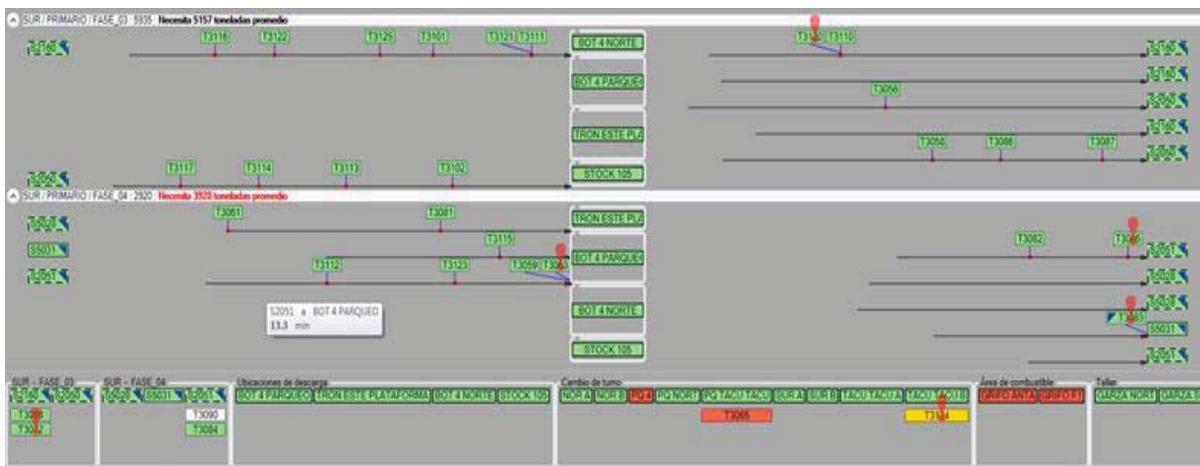
- El tiempo de Viaje Vacío
- El tiempo de Espera de Camión
- El tiempo de Aculatamiento
- El tiempo de Carguío.
- El tiempo de viaje Lleno

- El tiempo de Descarga.

Esto ha permitido que nuestros datos por cada evento en el ciclo tengan una menor varianza y mantenernos en los valores óptimos ya que la medida de cada uno de los eventos o elementos se genera de manera automática y con mayor precisión; el único momento durante el ciclo de acarreo en que el operador del camión interactúa es cuando debe de colocar el inicio del carguío, al momento que la pala descarga el primer cucharón en la tolva. Los demás registros se generan automáticamente.

### 3.2.9. Monitoreo de operaciones

Para monitorear los circuitos de producción en la solución actual de PL, DISPATCH incluye una pantalla denominada la Ruta de PL. Es un despliegue de gráficas en línea, a color, que muestra las rutas de PL cargadas y vacías, para cada circuito de producción (*Ilustración 38*). También muestra, entre otras cosas, la posición actual de cada camión viajando por las rutas de PL, el estado y la ubicación de todo equipo que se encuentra operativo, fuera de servicio, en reserva y en demora en las rutas de PL y en los puntos de destino (por ejemplo, palas, botaderos, talleres, áreas de reabastecimiento de combustible y áreas de cambio de turno).



*Ilustración 38. Pantalla de la Ruta de PL.*

Fuente: Intellimine Dispatch, Modular Minig System, Inc., (2016).

En la pantalla aparecen iconos rectangulares de distintos colores representando a cada equipo. En cada rectángulo aparece el número de identificación del equipo. Los equipos operativos aparecen de azul o de verde, mientras que los equipos en demora aparecen de amarillo (éstos son

los colores predefinidos), por otro lado los equipos fuera de servicio aparecen de rojo y los equipos en reserva en amarillo (*Ilustración 39*).

ANT Utereria de Amarre

Archivo Ver Herramientas Ayuda

Volver Ir Ejecutar formulario: key220 color

**Auto Amarre** **Amarre Manual**

Nombre de Freno Tipo de Amarre Turno Hora Inicial Hora Final Largo Inicio Asignacion

Usar como Pala

Pala	Amarre	Ubics.	Amarre para camiones fijos a esta Pala	-----Camiones fijos a Pala -----			
S2050	NO	NINGUNA	NINGUNA	NINGUNA			
S2051	NO	NINGUNA	NINGUNA	NINGUNA			
S2160	NO	NINGUNA	NINGUNA	NINGUNA			
S2161	NO	NINGUNA	NINGUNA	NINGUNA			
S2162	NO	NINGUNA	NINGUNA	NINGUNA			
S2170	NO	NINGUNA	NINGUNA	NINGUNA			
S5028	SI	NINGUNA	NINGUNA	NINGUNA			
S5029	SI	NINGUNA	NINGUNA	NINGUNA	T3083	T3090	

Ubicacion: \_\_\_\_\_ es Amarre? \_\_\_\_\_

Ubics. Amarre	es Amarre	Estado	Max Camion
Camb.Turno PQ 4	SI	Mantenimien	1
Nodo S101	SI	Operativo	Sin limit

Camiones Excluidos

Agregar

Eliminar Todos

Camion	Ubic.	Botadero Ultimo Hora/GPS	Estim. Tiempo Prox. Ubic.	Ubicacion Amarre	Enviar? Freno no Presionado
T3057	S031	BOT TR 28-MAR-15 (17:16)	BOT TRONCAL OESTE en 17:24	NINGUNA	Enviar
T3059	S031	BOT TR 28-MAR-15 (17:13)	STOCK 104 en 17:18	NINGUNA	Enviar
T3061	S031	BOT TR 28-MAR-15 (17:16)	S2050 en 17:24	NINGUNA	Enviar
T3064	S031	BOT TR 28-MAR-15 (17:16)	S2050 en 17:21	NINGUNA	Enviar
T3072	S031	BOT TR 28-MAR-15 (17:15)	GRF ANTAPACCAY en 17:29	NINGUNA	Enviar
T3073	S031	BOT TR 28-MAR-15 (17:13)	GRIFO F1 en 17:35	NINGUNA	Enviar
T3081	S031	BOT TR 28-MAR-15 (17:16)	BOT TRONCAL OESTE en 17:18	NINGUNA	Enviar
T3082	S031	BOT TR 28-MAR-15 (17:16)	S2161 en 17:22	NINGUNA	Enviar

■ = mas de 5 minutos desde info GPS recibida     ■ = Ha Cargado     Config Amarre: LOADED  
■ = Resalto BLANCO "Ultimo GPS/Hora" indica que esta siendo cargado     ■ = Vacio     Tiempo Actual: 17:17:16

No Existe

10.51.64.151 C:/Program Files/intellimine/mms/dsp/cli/ant/com

*Ilustración 39. Pantalla que muestra los iconos rectangulares de distintos colores representando a cada equipo.*

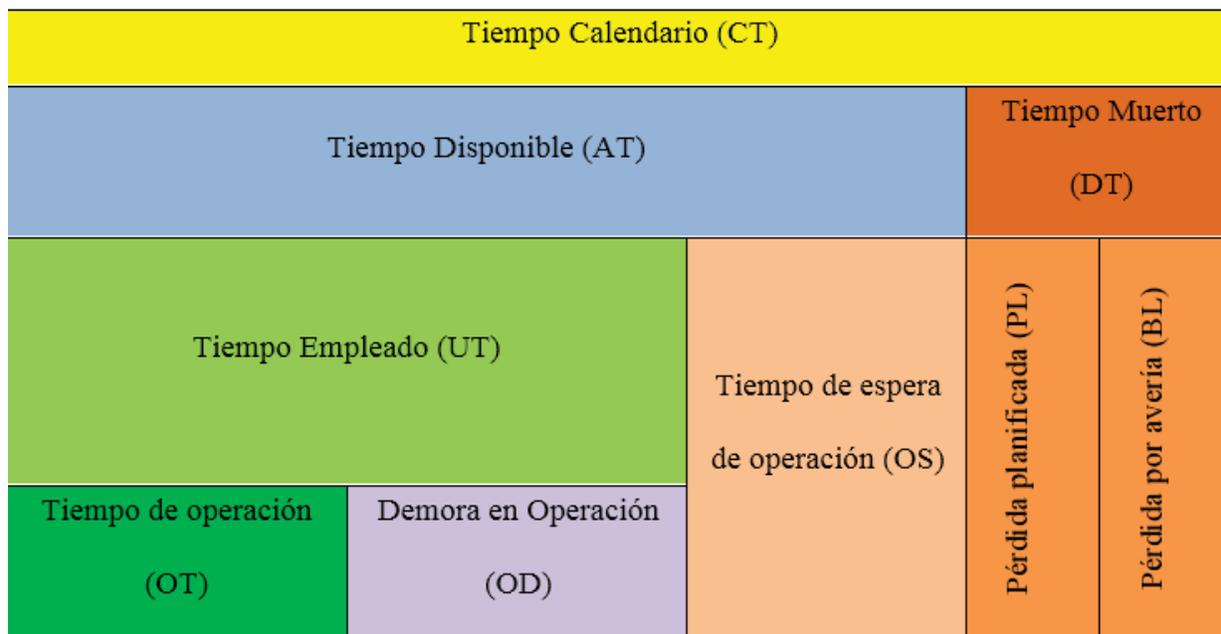
Fuente: Intellimine Dispatch, Modular Minig System, Inc., (2016).

Si DISPATCH calcula que un camión o pala está demorado en cumplir con una asignación y/o parte del ciclo, aparecerá el signo de admiración de color rojo sobre de dicho equipo (en pantalla) con el fin de alertar dicha situación.

En cualquier momento del turno el despachador puede consultar datos de cualquier equipo, consultar el tipo de material que carga una determina pala, reasignar camiones por estrategia de las operaciones, enviar mensaje para no congestionar la radio de comunicaciones verbales.

### 3.2.10. Conceptualización de la distribución de tiempos

Los indicadores de rendimiento (KPIs) son herramientas que nos ayudan a medir el rendimiento de los equipos, el cual está basado en el modelo de distribución de tiempos como se muestra en el siguiente esquema (*Ilustración 40*).



*Ilustración 40. modelo de distribución de tiempos.*

Fuente: Área de operaciones mina, Antapaccay, 2016.

#### 3.2.10.1. Tiempo calendario (CT)

Se define como tiempo calendario al total de horas en el período, o sea 24 horas por día, 365 días por año el cual es igual a 8760 horas por año.

#### 3.2.10.2. Tiempo disponible (AT)

Es el total de horas en que el equipo está disponible para ser usado.

#### 3.2.10.3. Tiempo improductivo (DT)

Total de horas en que el equipo no está disponible para ser usado.

#### 3.2.10.4. Pérdida planificada (PL)

Total de horas en que el equipo no está disponible debido a tiempos improductivos programados para mantenimiento, también conocido como el tiempo durante el cual el equipo no ha sido operado debido a:

- Tarea de mantención programada incluyendo reparaciones completas del equipo y limpieza del mismo.
- Inspecciones y ensayos para mantención preventiva, calibración de instrumentos y regulaciones de seguridad.
- Actividades de mantención correctiva generadas a partir de inspecciones y PMs (mantenimiento preventivo)
- Mantención oportuna que ha sido correctamente planificado pero todavía no programado.
- Trabajo de capital para modificaciones y expansiones.

#### **3.2.10.5. Pérdida por Avería o Falla (BL)**

Total de horas en que el equipo ha sido programado para ser usado, pero no está disponible debido a una avería; también conocido como el tiempo en que el equipo no funciona debido a actividades de mantención inesperadas durante un período de operación programado.

#### **3.2.10.6. Tiempo de espera de operación (OS)**

Total de horas en que el equipo está disponible para ser usado pero no es usado. Se define también como el tiempo en que el equipo esté disponible pero no se utiliza debido a factores externos como el tiempo, y factores internos como falta de trabajo para producción.

#### **3.2.10.7. Tiempo utilizado (UT)**

Total de horas en que el equipo tiene un operador asignado.

#### **3.2.10.8. Tiempo de operación (OT)**

Total de horas en que el equipo está operando productivamente

#### **3.2.10.9. Demora en la operación (OD)**

Total de horas en que el equipo tiene un operador asignado pero no está operando productivamente. El tiempo en que el equipo está operando, pero no en modo productivo como al hacer fila y recargando combustible.

### **3.2.11. Definición y cálculo de indicadores de rendimiento**

#### **A. Disponibilidad (A)**

Es el porcentaje del tiempo calendario en que el equipo estuvo físicamente disponible para trabajar.

$$A = \frac{\textit{Tiempo disponible (AT)}}{\textit{Tiempo calendario (CT)}} \%$$

### **B. Uso de Disponibilidad (UA)**

El porcentaje de tiempo en que el equipo estuvo físicamente disponible y tuvo un operador asignado.

$$UA = \frac{\textit{Tiempo Utilizado (UT)}}{\textit{Tiempo Disponible (AT)}} \%$$

### **C. Eficiencia de Operación (OE)**

Porcentaje de tiempo en que el equipo estuvo disponible con un operador y estuvo realizando su trabajo productivo:

$$OE = \frac{\textit{Tiempo de Operación (OT)}}{\textit{Tiempo Utilizado (UT)}} \%$$

### **D. Utilización (U)**

Porcentaje de tiempo calendario en que el equipo estuvo realizando su función primaria.

$$U = \frac{\textit{Tiempo de Operación (OT)}}{\textit{Tiempo calendario (CT)}} \%$$

### **E. Disponibilidad mecánica (MA)**

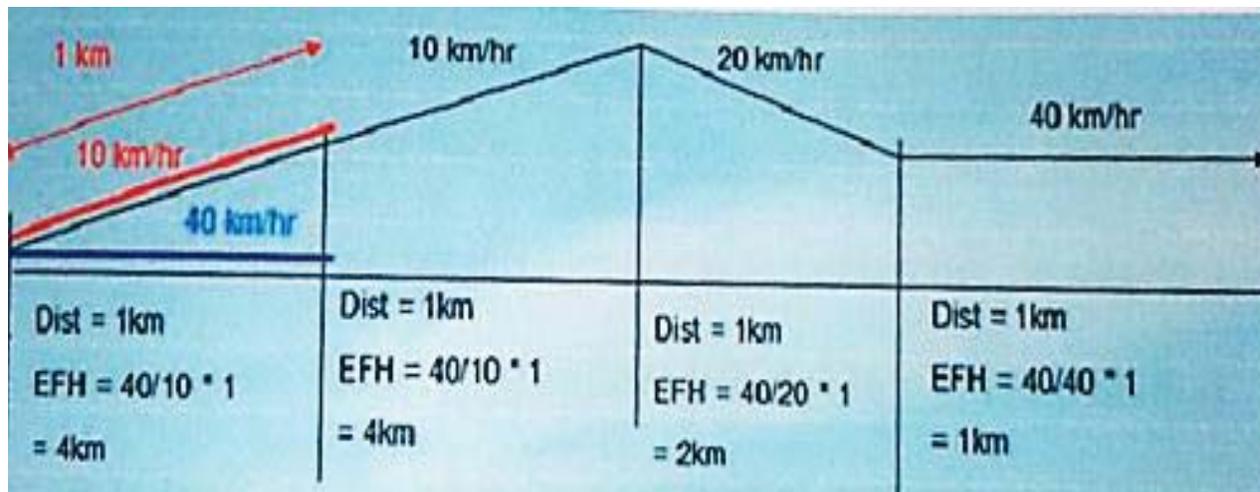
Es la oportunidad del equipo de estar disponible para efectos de su trabajo. Es un indicador que mide la eficacia del servicio. La disponibilidad propiamente dicha es el cociente entre el tiempo disponible para producir y el tiempo total de parada. Para calcularlo, es necesario obtener el tiempo por paradas de mantenimiento programado y el tiempo por paradas de mantenimiento programado y el tiempo por parada no programada. Una vez obtenido se divide el resultado entre el tiempo total del periodo considerado.

$$MA = \frac{\textit{Tiempo de Operación (OT)}}{\textit{Tiempo de Operación (OT) + Reparación + Mantenimiento}} \%$$

### **F. Distancia equivalente horizontal (EFH)**

Es la distancia horizontal que el camión podría recorrer en el mismo tiempo que le demanda sobre una pendiente ya sea positiva o negativa. Para el presente análisis utilizaremos la distancia

equivalente horizontal cargado (EFH loaded) y la distancia equivalente horizontal vacío (EFH empty). Como ejemplo calcularemos el EFH en la ruta mostrada en la figura 3.4 donde el cálculo del EFH para el primer tramo de la ruta se muestra en la *Ilustración 41*.



*Ilustración 41. Determinación del EFH en una ruta.*  
Fuente: Área de operaciones mina, Antapaccay, 2016.

Determinación del EFH por tramos

$$EFH = X_{ruta} + \frac{V_{Horizontal}}{V_{ruta}} = 1 \text{ km} * \frac{40 \text{ km/hr}}{10 \text{ km/hr}} = 4 \text{ km}$$

La distancia equivalente horizontal es de 11 kilómetros mientras que la distancia de ruta es de 4 kilómetros, el cálculo considera tanto pendientes positivas como negativas.

### 3.3. Variables involucradas en el ratio de consumo de combustible en camiones

La necesidad de obtener el consumo de combustible de los camiones fue para conocer la variación de consumo de combustible por camión y realizar la asignación óptima de estos hacia los grifos. Existen especificaciones técnicas de consumo de combustible que provee el fabricante de los equipos de acarreo, las cuales son rangos de consumo en galones por hora cuya variación se sustenta en las condiciones de terreno, accesos a frentes de carguío y condiciones de la vía.

Por otro lado, existen resultados reportados por el sistema Dispatch que muestran la información de las horas de acarreo por flota y el consumo de combustible de estos en forma periódica, las cuales permiten calcular el ratio de consumo de combustible de los camiones.

Para el desarrollo del presente proyecto de investigación, fue necesario recopilar la mayor cantidad de datos, debido a que cada camión tiene características únicas.

### **3.4. Flota de camiones**

En Antapaccay, los camiones son encargados de acarrear el material de la mina a las zonas de descarga, ya sea el chancado, stock de mineral o botaderos de estéril.

Dentro de la empresa minera los camiones son clasificados en dos tipos de flotas, la flota de camiones Caterpillar y la flota de camiones Komatsu. Estas flotas a su vez tienen una variedad de modelos de los cuales son clasificados de la siguiente forma:

- 10 camiones Komatsu 830E de 210 Toneladas de capacidad.
- 08 camiones Komatsu 930E de 290 Toneladas de capacidad.
- 11 camiones Caterpillar 793D de 220 Toneladas de capacidad.
- 11 camiones Caterpillar 797F de 363 Toneladas de capacidad.

#### **3.4.1. Camión Komatsu 830E**

Los camiones Komatsu 830E son camiones fuera de carretera que cuentan con un sistema de propulsión eléctrico y de descarga trasera, estos equipos tienen una capacidad de carga de 210 toneladas métricas (*Tabla 7*).

La capacidad operativa del tanque de combustible de esta flota de camiones es de 1200 Gal. (4542 L), y la cantidad estándar mínima permitida de combustible en el tanque es el 25 % de la capacidad total del tanque (300 Gal), cuando el nivel de combustible este debajo de lo mínimo, se encenderá automáticamente una luz y sonará una alarma; Cuando la luz se encienda quedan aproximadamente 25 gal. (95 Lt) de combustible utilizable. Dentro de las operaciones de la mina Antapaccay se cuenta con una flota de 10 camiones Komatsu 830E.

*Tabla 7. Especificaciones técnicas del camión Komatsu 830E*

<b>Especificaciones</b>		
<b>Engine</b>		
Make	Komatsu	
Model	SDA16V160	
Gross Power	2360 hp	1761 kw
Number of cylinders	16	
<b>Operational</b>		
Fuel Capacity	1200 gal	4542 L
Cooling System Fluid Capacity	150 gal	568 L
Steering System Fluid Capacity	238 gal	901 L
Hydraulic System Fluid Capacity	250 gal	946 L
Aternator supplied amperage	260 amps	
<b>Transmission</b>		
Max Speed	<b>40 mph</b>	<b>64 km/h</b>
<b>Weights</b>		
Empty Weight	362000 lb	164200 kg
Loaded weight	850650 lb	385848 kg
Weight Distribution Front - empty	50 %	
Weight Distribution Rear - empty	50 %	
Weight Distribution Front - loaded	33 %	
Weight Distribution Rear - loaded	67 %	
<b>Dump</b>		
Rated Payload	488000 lb	221353.1 kg
Load Capacity - Struck	153 yd3	117 m3
Load Capacity - heaped	193 yd3	147 m3
Raise Time	25 sec	
Lower Time	27 sec	

Fuente: Área de operaciones mina, Antapaccay, 2016.

### **3.4.2. Camiones Komatsu 930E**

El modelo KOM 930E es un camión fuera de carretera, de sistema de propulsión eléctrico, de descarga trasera, de capacidad de carga de 290 toneladas métricas (*Tabla 8*). La capacidad operativa del tanque de combustible de esta flota de camiones es de 1400 Gal. (5300 L), y la cantidad mínima permitida de combustible en el tanque es el 25 % de la capacidad total del tanque (350 Gal). Dentro de las operaciones de la mina Antapaccay se cuenta con una flota de 8 camiones Komatsu 930E.

Tabla 8. Especificaciones técnicas del camión Komatsu 930E

<b>Especificaciones</b>		
<b>Engine</b>		
Make	Komatsu	
Model	SSDA18V170	
Gross Power	3500 hp	2611 kw
Net Power	3429 hp	
Number of cylinders	18	
<b>Operational</b>		
Fuel Capacity	1400 gal	5300 L
Cooling System Fluid Capacity	190 gal	719 L
Steering System Fluid Capacity	250 gal	947 L
Hydraulic System Fluid Capacity	350 gal	1325 L
<b>Transmission</b>		
Max Speed	40 mph	64.5 km/h
<b>Weights</b>		
Empty Weight	66936 lb	30362 kg
Weight Distribution Front - empty	48.5 %	
Weight Distribution Rear - empty	51.5 %	
Weight Distribution Front - loaded	32.8 %	
Weight Distribution Rear - loaded	67.2 %	
<b>Dump</b>		
Rated Payload	643000 lb	291659.9 kg
Load Capacity - Struck	224 yd <sup>3</sup>	171 m <sup>3</sup>
Load Capacity - heaped	276 yd <sup>3</sup>	211 m <sup>3</sup>

Fuente: Área de operaciones mina, Antapaccay, 2016.

### 3.4.3. Camión Caterpillar 793 D

La flota de camiones CAT 793D es una de las flotas más importantes adquiridas por la empresa minera Antapaccay. Este modelo puede cargar hasta 218 toneladas métricas (240 ton cortas) y está diseñado para reducir los costos de operación y ser más productivo (Tabla9). La flota de camiones CAT 793D es una de las flotas más nuevas y uno de los más productivos debido a su versatilidad y su capacidad de carguío. La capacidad operativa del tanque de combustible de esta flota de camiones es de 1200 Gal. (4542 L), y la cantidad estándar mínima permitida de combustible en el

tanque es el 25 % de la capacidad total del tanque (300 Gal). Actualmente existen 11 camiones CAT 793D dentro de las operaciones mineras de Antapaccay.

*Tabla 9. Especificaciones técnicas del camión Caterpillar 793D.*

<b>Especificaciones</b>		
<b>Motor</b>		
<b>Marca</b>	<b>Caterpillar</b>	
Modelo	3516B HD EUI	
Potencia bruta	2415 hp	1801 kw
Potencia neta	2337.4 hp	
Potencia medida	1750 RPM	
Cilindrada	4760 plg <sup>3</sup>	
Numero de Cilindros	16	
<b>Capacidades de servicio de llenado</b>		
Tanque de combustible	1200 gal	4543 L
Sistema de enfriamiento	257 gal	973 L
Sistema de Dirección	90 gal	341 L
Sistema hidráulico	203 gal	769 L
Neumático estándar	40.00-R57(E4)	
<b>Transmisión</b>		
Numero de cajas - avance	6	
Numero de cajas - Retroceso	1	
Velocidad máxima	33.7 mph	54.3 km/h
<b>Pesos - aproximados</b>		
Peso vacío	351258 lb	159662 kg
Peso cargado	846000 lb	383749 kg
Eje delantero - vacío	46 %	
Eje trasero - vacío	54 %	
Eje delantero - cargado	33 %	
Eje trasero - cargado	67 %	
<b>Especificaciones de operación</b>		
Carga Nominal	480000 lb	217724.4 kg
Capacidad de carga - al ras del borde	126 yd <sup>3</sup>	96 m <sup>3</sup>
Capacidad de carga - Colmado	169 yd <sup>3</sup>	129 m <sup>3</sup>

Fuente: Área de operaciones mina, Antapaccay, 2016.

#### **3.4.4. Camión Caterpillar 797 F**

El modelo 797F es la flota de camiones Caterpillar más nueva y más grande dentro de las operaciones de la empresa minera Antapaccay, el cual proporciona el mejor costo por unidad de producción. Este modelo es el modelo líder en la industria de su clase, debido a sus mejoras en seguridad, productividad y facilidad de servicio. La flota CAT 797F es la quinta generación del 797, esta flota cuenta con un nuevo motor potente, el cual permite cargar hasta 363 toneladas métricas (400 toneladas cortas) y alcanzar una velocidad máxima de más de 67 Km/hr con 7 marchas (*Tabla 10*). El motor diésel es un motor con tecnología ACERT (tecnología avanzada de reducción de gases de combustión). Y su sistema de combustible de riel común de alta presión donde la presión se eleva hasta 26000 PSI. El motor C-175 es una configuración V20 a 60° con una cilindrada de 106.2 litros. (Ferreyros S.A., 2010)

Los camiones CAT 797F son una de los equipos más grandes y modernas que han sido recientemente adquiridos en los últimos años y que viene desempeñando un buen trabajo, El diseño de los camiones en serie 797F permite que sean más confiables, más amigables con el operador, el medio ambiente y facilita su mantenimiento. (Ferreyros S.A., 2010). La capacidad operativa del tanque de combustible de esta flota de camiones es de 2000 Gal. (7571 L), y la cantidad estándar mínima permitida de combustible en el tanque es el 25 % de la capacidad total del tanque (500 Gal). Actualmente en las operaciones de la empresa minera Antapaccay existen 11 camiones de la flota CAT 797 F.

Tabla 10. Especificaciones técnicas del camión Caterpillar 797F

<b>Especificaciones</b>		
<b>Engine</b>		
Make	Caterpillar	
Model	Cat C175-20	
Gross Power – SAE J1995	4000 hp	2983 kw
Net Power – SAE J1349	3793 hp	
Power Measured @	1750 rpm	
Displacement	7143 cu in	
Aspiración	Turboalimentación	
Number of Cylinders	20	
<b>Operational</b>		
Fuel Capacity	2000 gal	7571 L
Cooling System Fluid Capacity	306 gal	1160 L
Engine Oil Capacity	84 gal	319 L
Diff and Final Drive Fluid Capacity	360 gal	1361 L
Steering System Fluid Capacity	94 gal	355 L
Brake/Hoist System Fluid Capacity	441 gal	1600 L
Hydraulic System Fluid Capacity	203 gal	769 L
Operating Voltage	24 V	
Alternator Supplied Amperage	75 amps	
Tire Size	59/80R63 – Michelin or Bridgestone	
<b>Transmission</b>		
Type	Six-speed - planetary - powershift	
Number of Gears - Forward	7	
Number of Gears - Reverse	1	
Max Speed	42 mph	67.6 km/h
<b>Weights</b>		
Empty Weight	584225 lb	265000 kg
Loaded Weight	1375000 lb	623690 kg
Weight Distribution Front - empty	47.2 %	
Weight Distribution Rear - empty	52.8 %	
Weight Distribution Front - loaded	33.3 %	
Weight Distribution Rear - loaded	66.7 %	
<b>Dump</b>		
Rated Payload	793664.1 lb	360000 kg
Load Capacity - Struck	246-290 yd3	188-213 m3
Load Capacity - heaped	314-350 yd3	240-267 m3
Dump Angle	45 degrees	
Raise Time	25 sec	
Lower Time	19 sec	

Fuente: Área de operaciones mina, Antapaccay, 2016.

### 3.5. Vías de acarreo

En minería superficial y subterránea, las vías pobremente diseñadas y mantenidas pueden causar a un crecimiento dramático de costos (Holman., 2006). Las vías de acarreo construidos en la mina son espacio destinados al paso de los vehículos de un lugar a otro con la finalidad de transportar materiales; estas vías a su vez son creados con el propósito de unir varios niveles de explotación para el transporte de material estéril y mineral, tomando en cuenta ciertos parámetros de seguridad, como bermas, cunetas, pendientes y peraltes, los cuales ayudan a la productividad del equipo y de la mina. En la empresa Antapaccay, la construcción de una vía requiere de los parámetros adecuados de construcción y los mantenimientos respectivos, con la finalidad de obtener una máxima productividad en el sistema de acarreo (minimiza o elimina las demoras y atrasos) y bajos costos de construcción y mantenimiento de vías.

Dentro de las operaciones mineras, el acarreo de material se origina desde los sitios de excavación o producción, hasta los sitios de disposición o aplicación (chancadora, stock pile o botadero). El diseño de estas vías está a cargo del área de planeamiento mina y la construcción está a cargo del área de construcción mina (K1), estas áreas a su vez se encargan de:

- Definir el objetivo.
  - Costo, productividad, consumo de diesel, etc.
- Correr modelos de simulacion para diferentes angulos de pendiente y definir el optimo.
- Considerar:
  - Uniformidad de pendiente: “saltos” si la pendiente no es uniforme.
  - Inclinacion del fondo de la tolva: Derrame de material.
  - Neumatico, motor, etc. Uso & rotura

#### 3.5.1. Parámetros de diseño de vías

- El ancho estándar de vía o rampa en Antapaccay es de 30 m con variación de hasta 39 m de ancho, el cual está determinado por las dimensiones del equipo de acarreo más grande existente en las operaciones mineras; en el caso de las vías del tajo sur, el diseño y la construcción de vía se hizo en función de las dimensiones del camión Komatsu 930E (*Anexo 6*).

- Las bermas o barreras son construidas con material estéril a lo largo de los bordes de la vía para impedir la caída de los camiones u otros equipos mineros. La altura normal de la berma es de 3 m con una base de 8 m.
- El bombeo de las vías para el drenaje del agua es de 2% debido a las condiciones climáticas presentes en Antapaccay.
- Las cunetas o canales construidos a ambos lados de la vía tienen el propósito de conducir las aguas de la calzada como también otras aguas de escorrentías por los taludes u otras áreas adyacentes.
- Las rampas están diseñadas con 8% y 10% de pendiente. El inicio de una rampa se realiza con el apoyo de un tractor de orugas hasta tomar una altura mínima de 2 metros.
- El peralte o inclinación transversal que tiene una curva horizontal de borde a borde, tiene la función principal es contrarrestar el efecto de la fuerza centrífuga de los vehículos que marchan en curva. En Antapaccay para la construcción del peralte es necesario considerar vehículos cargados y vacíos, debido a que este permite velocidades más grandes en las curvas.

### **3.5.2. Mantenimiento de vías**

El mantenimiento de vías es la actividad auxiliar que tiene el objetivo principal de entregar las vías en las mejores condiciones operativas para el acarreo de material. En Antapaccay el supervisor de carguío y acarreo (O1) está encargado del mantenimiento de las vías y de la corrección de los puntos críticos para evitar el incremento en el consumo de combustible y el desgaste prematuro o corte de los neumáticos.

### **3.5.3. Influencia del diseño de la vía en el consumo de combustible**

La presencia de fuertes pendientes en las vías, las longitudes extensas de acarreo y las malas condiciones de las vías ocasionan un mayor consumo de combustible en los equipos de acarreo debido a que los vehículos utilizan mayor potencia en el motor y una mínima velocidad de circulación, el cual es responsable de que los equipos utilicen una mayor cantidad de energía con respecto a la normal, además es necesario recalcar que la reducción de velocidad se debe a cuestiones de seguridad.

En Antapaccay la presencia de material existente en las vías, la ocurrencia frecuente de precipitaciones pluviales de gran intensidad y las aguas superficiales ocasionan que las vías se

encuentren en mal estado y que los vehículos aceleren y desaceleren constantemente durante su recorrido, el cual incrementa el consumo de combustible

### **3.6. Grifos de la Empresa Minera Antapaccay**

#### **3.6.1. Grifo Antapaccay**

El grifo Antapaccay es el grifo auxiliar que generalmente se encuentra en *stand by* y es usado solamente cuando existen problemas de abastecimiento en el grifo Formula 1 (F1). Este grifo continuamente se encuentra inoperativo debido a la falta de operadores (Griferos) y la ausencia de tomas rápidas de abastecimiento de combustible. El grifo Antapaccay está ubicado cerca a las instalaciones de la chancadora primaria (*Ilustración 42*).

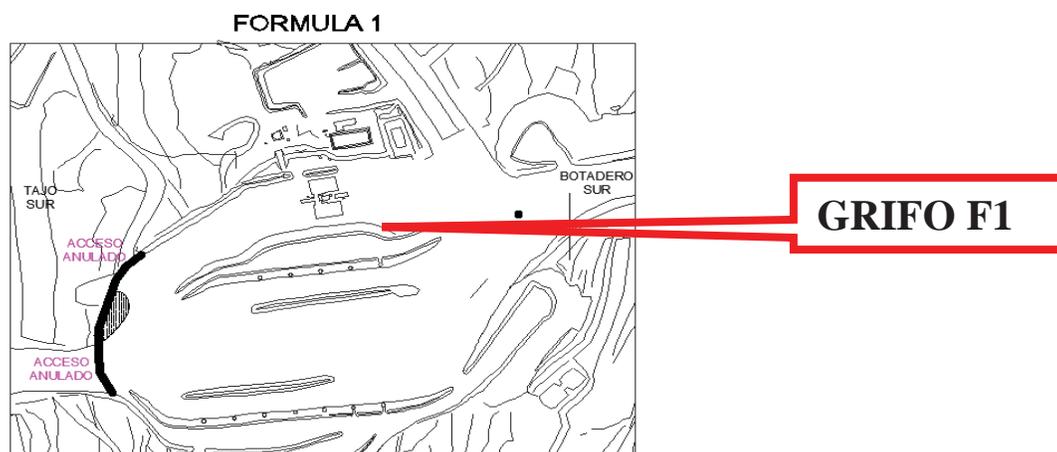


*Ilustración 42. Grifo Antapaccay.*

Fuente: Área de operaciones mina, Antapaccay, 2016.

#### **3.6.2. Grifo Formula 1 (F1)**

El grifo Formula 1 cuenta con todas las certificaciones y elementos de seguridad, y está ubicado estratégicamente entre el tajo y botadero sur (*Ilustración 43*); este grifo recibe este nombre de “Formula 1“, debido a que junto al abastecimiento de combustible, se realiza otras actividades como el chequeo diario del equipo por parte del operador del camión y la medición de la presión y desgaste de los neumáticos por parte de Neuma Perú (Empresa contratista encargada del control y seguimiento de los neumáticos).



*Ilustración 43. grifo Formula 1.*

Fuente: Área de operaciones mina, Antapaccay, 2016.

### 3.6.2.1. Características del grifo Formula 1

#### 3.6.2.1.1. Mangueras de abastecimiento de combustible

El grifo para el abastecimiento de combustible cuenta con dos tipos de pistola de abastecimiento (Tabla 11), dos pistolas de abastecimiento de 2" (50 mm.) de diámetro y una de 3" (76 mm) de diámetro.

*Tabla 11. Características de las mangueras de abastecimiento de combustible.*

N° de pistola	Diámetro	Operatividad de la pistola	Tipo de toma
<b>Pistola 1</b>	2"	Con manguera de abastecimiento	Toma Normal 1
<b>Pistola 2</b>	3"	Falta manguera de abastecimiento	-----
<b>Pistola 3</b>	2"	Con manguera de abastecimiento	Toma Normal 3
<b>Pistola 4</b>	3"	Con manguera de abastecimiento	Toma Rápida 4

Fuente: Área de operaciones mina, Antapaccay, 2016.

#### 3.6.2.1.2. Elementos de seguridad

1. Extintores
2. Hidrante de incendios
3. Lava ojos
4. Tachos de basuras
5. Equipo anti derrames
6. Candados de seguridad (Lock out)

### **3.6.2.2. Abastecimiento de hidrocarburos**

Petróleos del Perú (PETRO PERU S.A.) es la empresa encargada de proveer hidrocarburos (derivados del petróleo) a la minera Antapaccay. El transporte del petróleo diésel hacia los grifos ubicados en la mina son realizados mediante 3 cisternas de 10 000 galones de capacidad cada uno y desarrollada con todas las medidas de seguridad debido a que los equipos de transporte y acarreo cuentan con un motor de combustión interna. El abastecimiento de combustible a los camiones es una de las tareas más importantes para el normal desarrollo de las actividades mineras, así mismo debemos mencionar que el tiempo de abastecimiento de combustible representa una cantidad considerable del tiempo asignado por guardia y es debido a esto que un grifo debe estar en las mejores condiciones técnicas y operativas.

Por otro lado el abastecimiento de combustible debe ser realizado de acuerdo al Procedimiento Escrito de Trabajo para “El abastecimiento de combustible de equipos pesados en grifo o campo”, el cual se encuentra dentro de los PETS Generales (*Anexo 3*).

### **3.7. Ciclo de abastecimiento de combustible**

El ciclo de abastecimiento de combustible inicia cuando el operador del camión solicita ser asignado a grifo y termina cuando el operador presiona la tecla de “Asignación” en su consola gráfica. Durante el abastecimiento de combustible será necesario que el camión se acercara al tipo de toma que le corresponda, ya sea la normal (2”) o la rápida (3”). Una vez que el camión este en la adecuada posición se procederá a realizar los procedimientos de seguridad y toma de datos para el abastecimiento de combustible.

Nota: Cada operador cuenta con una clave de seguridad, el cual deberá ser ingresado en el equipo de abastecimiento para registrar la cantidad de galones que es cargado en el tanque de combustible del camión.

#### **3.7.1. Procedimiento escrito de trabajo seguro de Abastecimiento de combustible en grifo (PETS) y AST de despacho de combustible**

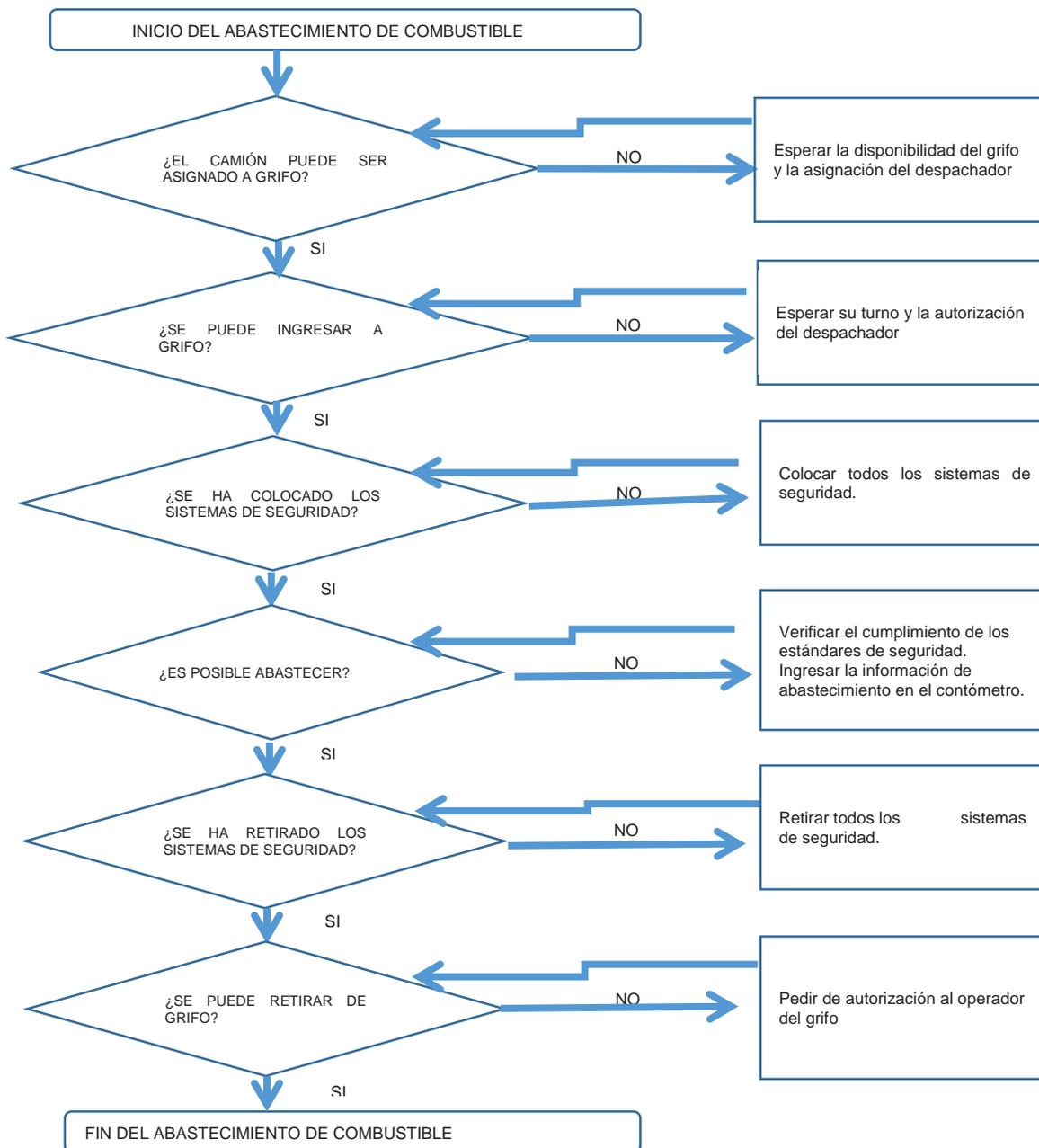
El PETS de abastecimiento de combustible es un documento que contiene la secuencia apropiada y ordenada para la realizar el despacho de combustible en grifo, de forma que se apliquen las medidas de control que eviten y minimicen la lesión o enfermedad de los trabajadores involucrados y la contaminación ambiental. El AST de despacho de combustible en grifo establecido en las operaciones mina de la CIA Minera Antapaccay se encuentra en el *Anexo 5*.

### **3.7.2. Secuencia de actividades para el abastecimiento de combustible**

1. Revisión de equipos estacionarios del grifo por parte del operador de grifo (Grifero).
2. Antes de que el camión pueda ingresar a grifo, el operador del camión solicitara autorización a despacho para ser asignado grifo, para el cual deberá informar la cantidad de combustible restante en el equipo.
3. El despachador una vez recibido la solicitud del operador deberá constatar la disponibilidad de grifo, para seguidamente autorizar el ingreso del camión a grifo.
4. Si existe un camión abasteciendo combustible el camión deberá de esperar su turno.
5. Si el camión cuenta con el mínimo de combustible este será asignado sin importar que existan otros abasteciendo combustible (Tiempo de espera).
6. El camión al ingresar a grifo, se estacionara en uno de los dos parqueos de abastecimiento de combustible, según el tipo de toma del tanque del equipo (Toma Normal o Toma rápida)
7. El operador al estacionar el camión en el grifo deberá apagar el motor y salir del equipo de acarreo.
8. El operador al bajar del camión colocara el Lockout y empezara los chequeos rutinarios respectivos del equipo.
9. El grifero se encargara de colocar la conexión a tierra, las cuñas y el Lockout como medida de seguridad.
10. El grifero realizara la conexión de la pistola wiggins de abastecimiento al tanque de combustible del equipo.
11. Posteriormente el grifero encenderá el tablero de control para ingresar la clave de abastecimiento, la clave del operador del camión, el código del vehículo y la cantidad de combustible para iniciar el abastecimiento.
12. Luego del llenado del tanque de combustible el grifero apagara el tablero de control, retirara la manguera de abastecimiento, las cuñas y el lock out.
13. El operador del camión retirara su lockout y subirá al camión para el encendido del mismo; una vez iniciado el encendido, el camión saldrá del grifo.
14. Una vez que el camión se encuentre fuera de la estación de servicio el operador del camión procederá a presionar el botón de “asignación” en su consola gráfica para solicitar una nueva asignación.

### 3.7.3. Diagrama de flujo del abastecimiento de combustible

El siguiente diagrama de flujo es la representación gráfica del abastecimiento de combustible a los camiones, el cual permite identificar correctamente las etapas del suministro de combustible (*Ilustración 44*). Este diagrama muestra la dependencia que tiene una actividad de otra, por lo tanto es necesario concluir una fase para comenzar la siguiente.



*Ilustración 44. Diagrama del flujo de abastecimiento de combustible a los camiones.*

Fuente: Adaptación propia, 2016.

### 3.7.4. Consideraciones generales para el abastecimiento en grifo

- Es necesario saber que según reglamento interno de operación mina, los camiones solo pueden tener como mínimo el 25 % de nivel de combustible en el tanque, si el camión tiene una cantidad de combustible cerca a esta cantidad debe de acercarse inmediatamente al grifo.
- Si el nivel de combustible del camión es inferior al 25% de la capacidad del tanque, se corre el riesgo de dañar al motor por posible presencia de partículas de suciedad en el combustible restante u ocasionar que el motor se apague debido a posibles fallas del sensor de nivel de combustible (el cual podría encontrarse dañado).

### 3.7.5. Equipos y herramientas para el abastecimiento de combustible en grifo

Los equipos y herramientas son necesarias para desarrollar correctamente la actividad de abastecimiento de combustible (*Tabla 12*). Una vez conocidas y examinadas estas herramientas se podrán medir los tiempos y estudiar la mejora de los procesos, ya que la optimización del proceso puede partir de una mejora de las herramientas.

*Tabla 12. Equipo y herramientas para el abastecimiento de combustible en grifo.*

#### **HERRAMIENTAS DE SEGURIDAD UTILIZADAS EN EL ABASTECIMIENTO DE COMBUSTIBLE**

<b>Herramienta</b>	<b>Descripcion</b>
<b>Candados Lock Out</b>	Es un sistema de bloqueo que funciona como un procedimiento de seguridad crucial para todos los lugares de trabajo con equipo energizado.
<b>Cuñas de seguridad</b>	La colocación de cuñas delante o detrás de las llantas de los camiones estacionados los inmoviliza de manera total, evitando accidentes por movimiento del equipo.
<b>Cable de puesta a tierra</b>	Es un sistema de protección para el equipo y personal que lo opera.
<b>Bandeja de derrame</b>	Es necesario en caso de derrame de combustible de los camiones, evitando así la contaminación del suelo.
<b>Kit anti derrame</b>	Necesario en caso de derrame para evitar el esparcimiento del hidrocarburo derramado.

Fuente: Área de operaciones mina, Antapaccay, 2016.

### 3.8. Consumo de combustible de los camiones en minería

La operación de camiones de acarreo es el mayor contribuidor al costo operativo global de los equipos de minera superficial. Muchas minas usan camiones como un medio de transporte primordial (kecojevic & Komljenovic, 2010). Entre los principales costos asociados con el uso del

camión, el consumo de combustible está en línea con el costo de neumáticos, construcción y mantenimiento de las vías de acarreo y el mantenimiento de los equipos (Dotto, 2014). Existe una serie de factores que contribuyen con el consumo de combustible, siendo los principales; carga del camión, velocidad, potencia del motor y condiciones de la vía.

Asimismo, los camiones de acarreo de la empresa minera Antapaccay consumen abundante cantidad de combustible debido a su gran tamaño y su capacidad de carga. Los Targets y las capacidades de los tanques de combustible de los camiones (*Tabla 13*) están de acuerdo al estudio de los equipos en campo y el pesaje de los camiones realizado el año 2016.

*Tabla 13. Capacidad de carguío carga y tamaño de tanque de combustible de los camiones.*

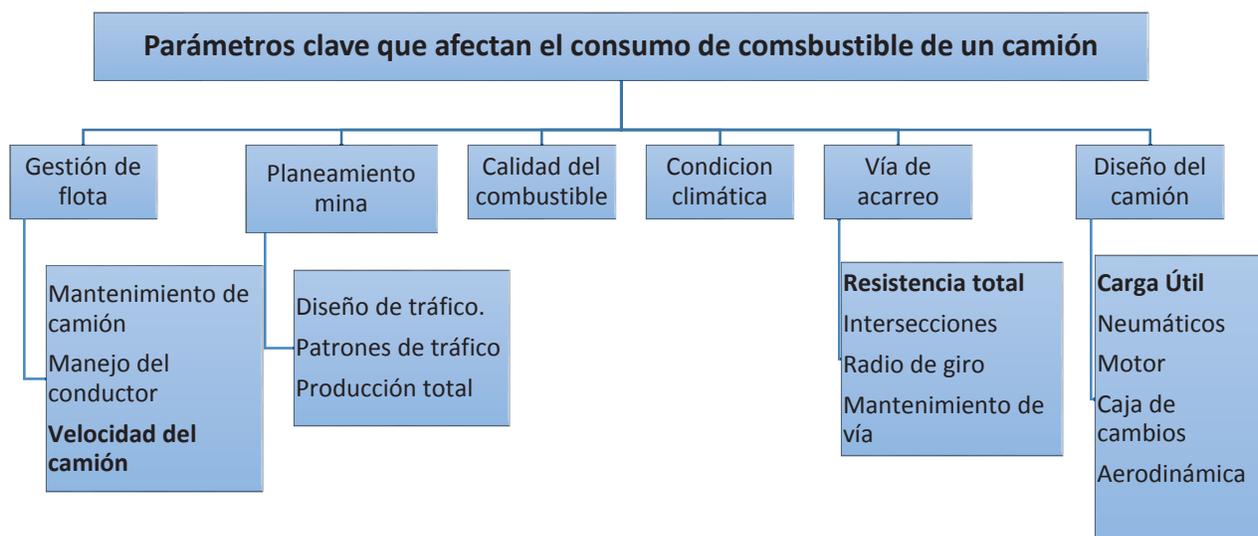
<b>CAMION</b>	<b>CAP. DE CARGA</b>	<b>CAP. DEL TANQUE DE COMBUSTIBLE</b>
KOM 830E	210 Ton	1200 Gal
CAT 793D	220 Ton	1200 Gal
KOM 930E	290 Ton	1400 Gal
CAT 797F	363 Ton	2000 Gal

Fuente: Elaboracion propia a partir de los reportes del pesaje de camiones, Antapaccay, 2016.

### **3.8.1. Ratio de consumo de combustible de los camiones**

El ratio de consumo de combustible es la cantidad de galones de combustible consumido por hora operativa (Gal/h) y varía según el tamaño y el tipo de equipo; el ratio de consumo de combustible permite identificar los equipos que tienen mayor consumo de combustible con el fin determinar el costo operativo de este. Adicionalmente se debe considerar que el ratio de consumo está en función del tipo de flota y productividad del equipo.

El propósito de este estudio es determinar los parámetros clave que afectan el consumo de combustible de un camión (*Ilustración 45*) y desarrollar un marco analítico que permita analizar las complejas interacciones que influyen en la eficiencia energética de los camiones en pleno rendimiento, es decir información del equipo y del sistema Dispatch.



*Ilustración 45. Esquema de los parámetros clave que afectan el consumo de combustible de un camión.*

Fuente: The University of Queensland, Brisbane, Australia, 2017.

### 3.8.1.1. Cálculo del consumo de combustible de los camiones (FC)

La mejor forma de conocer el consumo de combustible de los equipos es obteniéndolos de los datos de la operación actual de la mina. En ausencia o disponibilidad limitada de datos, tal información puede estimarse a partir de una ecuación y a través de los datos publicados por el fabricante del equipo (OEM), el cual puede utilizarse para fines de cálculo.

El consumo de combustible de los camiones de acarreo es una función de una variedad de parámetros. La *Ilustración 46* muestra un diagrama esquemático de un camión de acarreo típico y los factores clave que afectan el rendimiento del camión



*Ilustración 46. Diagrama esquemático de un camión de acarreo típico y los factores clave que afectan el rendimiento del camión.*

Fuente: The University of Queensland, Brisbane, Australia, 2017.

Este estudio examino el efecto de la carga (L), velocidad del camión (S) y resistencia total a la rodadura (TR) en el consumo de combustible de los camiones de acarreo. La TR es igual a la suma de la resistencia a la rodadura (RR) y la resistencia a la gradiente (GR) (Burt et al., 2012).

$$TR = RR + GR \quad (1)$$

La RR depende de las características de los neumáticos y de la superficie de rodadura, el cual es usado para calcular la fuerza de empuje (RF), que es la fuerza que resiste el movimiento a medida que el neumático del camión rueda en el camino de acarreo. La GR es la pendiente de la vía de acarreo, y es medido como un porcentaje y es calculado como la relación entre la subida de la carretera y la longitud horizontal (EEO, 2012).

El consumo de combustible del camión (FC) puede ser calculado mediante la siguiente ecuación (Filas, 2002):

$$FC = \frac{SFC}{FD} (LF * P) \quad (2)$$

Donde SFC es el consumo específico de combustible del motor a plena potencia (0.213 – 0.268 kg/kw.hr) y FD es la densidad del combustible (0.85 kg/L para diésel). La forma simplificada de la ecuación 2 es presentado por Runge (1998) es:

$$FC = 0.3 (LF * P) \quad (3)$$

Donde LF es el factor de carga del motor y es definida como el ratio de la carga promedio y carga máxima en un ciclo operativo (kecojevic & Komljenovic, 2010). Los valores típicos del LF son presentados en la *Tabla 14* (Caterpillar, 2013).

*Tabla 14 . Valores típicos de factores de carga (LF).*

<b>Condiciones de Operación</b>	<b>LF (%)</b>	<b>Condiciones</b>
<b>Baja</b>	20 - 30	Funcionamiento continuo a un peso medio bruto del vehículo inferior a la recomendado, sin sobrecarga
<b>Media</b>	30 - 40	Funcionamiento continuo a un peso bruto medio del vehículo recomendado, mínima sobrecarga
<b>Alta</b>	40 - 50	Funcionamiento continuo igual o superior al peso bruto máximo recomendado del vehículo.

Fuente: The University of Queensland, Brisbane, Australia, 2017.

Adicional a la tabla anterior Hays (1990), recomendó los siguientes valores para factores de carga del motor:

- 25% (ligero: idle considerable, acarreo de carga en terrenos favorable y buenas carreteras de transporte.
- 35% (Promedio: idle normal, acarreo de carga en terrenos adversos y buenas carreteras de transporte)
- 50% (heavy: idle mínimo, acarreo de carga en pendientes empinadas)

Finalmente Filas (2002) indica que los factores de carga del motor (LF) suelen oscilar entre 0.25 y 0.75 según el tipo de equipo y el nivel de uso.

### 3.8.1.1.1. Potencia de los camiones (P)

P es la potencia del camión (kW) y es determinado por:

$$P = \frac{1}{3.6} (RF * S) \quad (4)$$

Donde la fuerza de empuje (RF) es calculado por el producto del empuje (R), la aceleración gravitacional (g) y la velocidad del camión (S) en m/s.

$$RF = R * g * S \quad (5)$$

Adicionalmente el empuje puede ser calculado en función del peso bruto del vehículo (GVW) y la resistencia de gradiente efectiva (EGR).

$$R = W(EGR\%) \quad (6)$$

$$R = W(GR\% \pm RR\%) \quad (7)$$

Finalmente reemplazando las ecuaciones previas obtendremos la nueva ecuación para el cálculo de la potencia (P).

$$P = \frac{1}{3.6} * GVW * (RR \pm GR) * g * S \quad (8)$$

En términos generales, cuando se usa las tablas de rendimiento del fabricante, para la evaluación de acarreo ascendente y descendente será necesario considerar las siguientes fórmulas:

- Resistencia de gradiente efectiva (EGR) para una pendiente en contra de la carga (cuesta arriba).

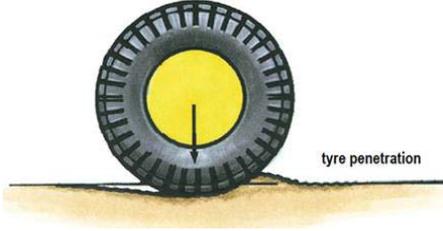
$$EGR = GR\% + RR\% \quad (9)$$

- Resistencia de gradiente efectiva (EGR) para una pendiente a favor de la carga (cuesta abajo).

$$EGR = GR\% - RR\% \quad (10)$$

La Resistencia a la rodadura (RR) a veces conocido como fricción de rodadura o Arrastre de rodadura, es descrito como la fuerza que se resiste al movimiento cuando un cuerpo (como una bola, llanta, o rueda) rueda en la superficie. Esto es causado principalmente por efectos no elásticos; es decir, no toda la energía necesaria para la deformación (o movimiento) de la rueda, el lecho de la carretera, etc. se recupera cuando se elimina la presión.

*Tabla 15. Valor de la resistencia a la rodadura para diferentes condiciones de la vía*  
**Para los camiones todo terreno que usan llantas de capas radiales, se asume una mínima resistencia a la rodadura**

Camino rígido y bien mantenido	1.5 %	
Camino bien mantenido con flexión	3%	
25 mm/1" penetración de los neumáticos	4%	
50 mm/2" penetración de los neumáticos	5%	
100 mm/4" penetración de los neumáticos	8%	
200 mm/8" penetración de los neumáticos	14%	

En la práctica, un aumento del 5% en la resistencia a la rodadura puede dar lugar a una reducción del 10% en la producción y un aumento del 35% en el costo de producción.

Fuente: Tomado de Caterpillar Forward Mining, Efficient Haul Roads, guía de diseño y mantenimiento, 2017.

El costo más importante involucrado con resistencia a la rodadura es el costo de combustible. Por otra parte, la Resistencia a la rodadura y la rugosidad de la vía de acarreo afectan la vida útil y el desgaste de los neumáticos, y la fatiga de los componentes del camión de acarreo.

Para realizar el cálculo de consumo de combustible de los camiones también será necesario considerar las siguientes características de los equipos de acarreo (*Tabla 16*).

*Tabla 16. Especificaciones técnicas de los camiones para el cálculo del consumo de combustible*

Camión	Peso vacío del vehículo (EVW)	Carga útil nominal	Peso bruto del vehículo (GVW)	Potencia neta	Potencia bruta	Velocidad máxima
CAT 797F	219 146 kg	363 000 kg	623 690 kg	2 828 kW	2 983 kW	67.7 km/h
CAT 793D	116 707 kg	218 000 kg	383 744 kg	1 743 kW	1 801 kW	54.3 km/h
KOM 930E	210 187 kg	291 790 kg	501 974 kg	1 865 kW	2 014 kW	64.5 km/h
KOM 830E	164 200 kg	221 648 kg	385 848 kg	1 761 kW	1 835 kW	64.0 km/h

Fuente: Adaptación propia a partir de los manuales del fabricante de Komatsu y Caterpillar, 2016.

Según The classic Machinery Network (CMN, 2013), el consumo de combustible en los camiones en litros por hora varía de acuerdo a diferentes condiciones de trabajo (*Tabla 17*); En la siguiente tabla se puede observar que la primera fila es para un camión en una buena vía de acarreo

o continuamente cargado por debajo de la carga útil nominal; la segunda columna es para una carga normal de camión en los marcos de la carga útil diseñada con condiciones de vía normal y finalmente la tercera columna es para un alto consumo de combustible con constante sobrecarga y vías en malas condiciones o cuestas empinadas.

*Tabla 17. Consumo de combustible de los camiones en litros por hora de acuerdo a diferentes condiciones de trabajo.*

Camión	Condiciones de trabajo		
	Bajo	Medio	Alto
Caterpillar 793D	90.8 – 136.2 L/h	136.5 – 181.6 L/h	181.6 – 227.0 L/h
Caterpillar 797F	146 – 220.3 L/h	220.3 – 293.7 L/h	293.7 – 367.1 L/h
Komatsu 830E	92.61 – 115.6 L/h	115.6 – 162.2 L/h	162.2 – 222.2 L/h
Komatsu 930E	127.76 – 160 L/h	160.3 – 223.8 L/h	223.8 – 307.0 L/h

Fuente: Adaptación propia a partir de los manuales del fabricante de Komatsu y Caterpillar, 2016.

### 3.9. Asignación de camiones a grifo

La asignación de los camiones a grifo es también una de las tareas importantes del sistema Dispatch debido a que una mala o inadecuada asignación de un camión a grifo (Camión sin prioridad de abastecer) pueden perjudicar a un camión que realmente necesitan abastecer combustible.

Dentro del trabajo del sistema Dispatch existen tres tipos de asignación de camiones a grifo: Manual, Automática y la combinación de ambas.

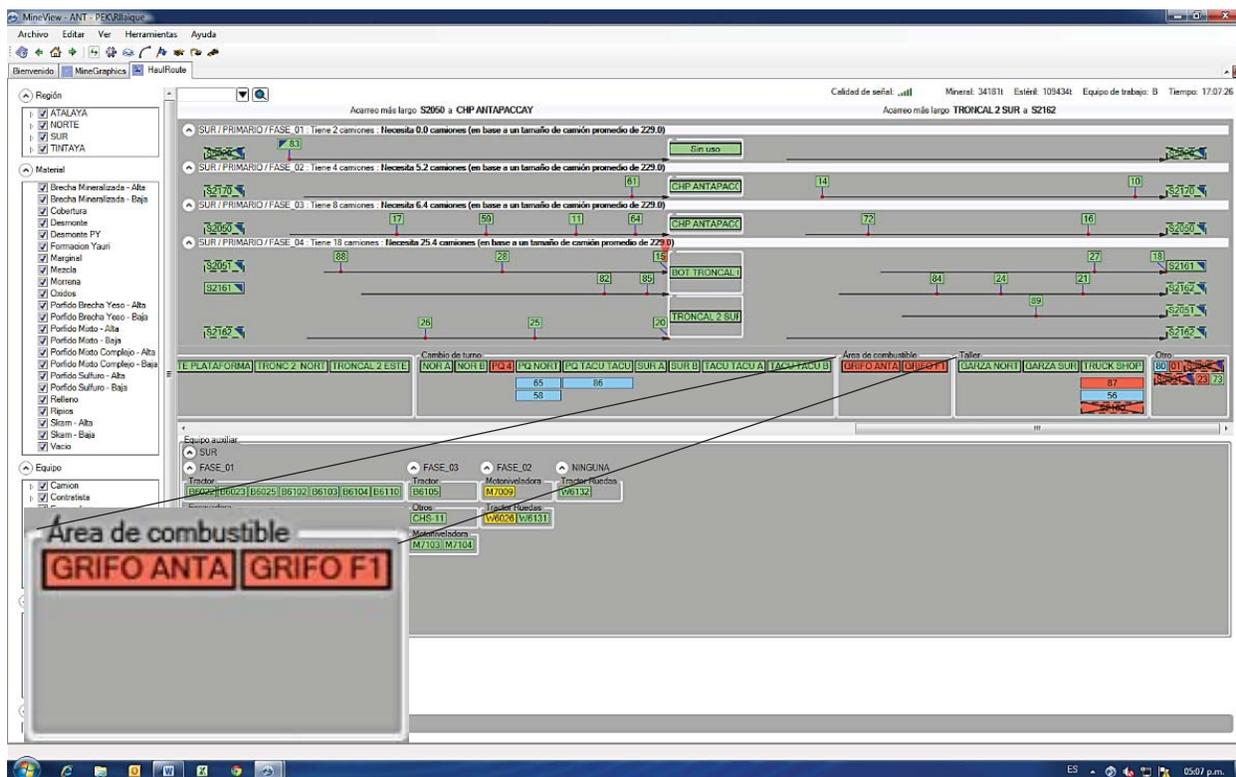
- La asignación manual de los camiones a grifo inicia cuando el despachador coloca en estado inoperativo la herramienta del grifo en el HaulRoute y empieza a preguntar a los operadores la cantidad restante de combustible existente en el tanque del equipo y así de esta forma realizar la asignación de los camiones a grifo priorizando la urgencia de estos. Este tipo de asignación es deficiente debido a que muchos operadores solicitan antojadizamente el requerimiento de combustible, ocasionando así un desorden en la programación manual y por consiguiente cola de camiones en grifo.
- Por otro lado la Asignación automática de los camiones a grifo se inicia activando el icono de grifo dentro del HaulRoad. Esta asignación está basado en la cantidad restante de combustible en el tanque y funciona de la siguiente manera; los camiones que tienen menor al 30% restante de combustible en el tanque tienen una prioridad de asignación hacia los grifos con respecto a los demás camiones, pero los camiones que tienen un nivel inferior al 25% tienen una prioridad aún más mayor a los anteriormente mencionados por estar en una situación de estado

crítico y es por esta razón que estos camiones pasan directamente a grifo para ser abastecidos. Sin embargo, este tipo de asignación tiene problemas en el cálculo de combustible restante en el equipo ocasionando así desorden en la asignación de camiones a grifo.

- Finalmente, la combinación de la asignación manual y la automática es la mejor forma de asignar los camiones a grifo. Este trabajo es posible mediante la activación de la herramienta del grifo dentro del HaulRoute y el seguimiento de los camiones por medio los mensajes enviados por los operadores; esta forma de asignación es más efectiva debido a que permite obtener la cantidad real restante de combustible y de esa forma programar su abastecimiento durante el desarrollo de las operaciones.

### 3.9.1. Herramienta de grifo en el Haul Route del Sistema Dispatch

En el Haul Route (*Ilustración 47*) se puede visualizar que la herramienta del grifo se encuentra en estado inoperativo debido a los problemas de asignación automática de camiones a grifo, y es por esta razón que los despachadores prefieren deshabilitarlo y evitar la cola de camiones en la estación de servicio.



*Ilustración 47. Haul route del sistema Dispatch®.*  
Fuente: Intellimine Dispatch, Modular Minig System, Inc., (2016).

## CAPITULO IV

### METODOLOGÍA

La recolección de datos necesita del uso de una gran diversidad de técnicas y herramientas para el desarrollo de los sistemas de información, todos los instrumentos que se aplicaron en un momento en particular tuvieron la finalidad de buscar información útil.

Una vez concluida la etapa de recolección de datos se determinó como analizarlos y que herramientas de análisis estadístico son adecuados para este propósito.

#### 4.1. Datos de investigación

Los datos de investigación son aquellos materiales generados o recolectados durante el transcurso de la investigación; en Antapaccay, la recolección de datos para realizar este proyecto de investigación fue obtenida directamente de los equipos de acarreo y del sistema Dispatch: los cuales posteriormente se utilizaron para realizar las comparaciones y los cálculos correspondientes.

En la siguiente tabla se puede observar las variables e indicadores que permitieron alcanzar los objetivos de la investigación (*Tablas 18*).

*Tabla 18. Tabla de variables e indicadores de investigación*

VARIABLES	INDICADORES
<b>INDEPENDIENTES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Camiones</li> <li>- Características de las vías de acarreo</li> </ul>
<b>DEPENDIENTES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Capacidad de carga (Ton)</li> <li>- Capacidad del tanque de combustible (Gal)</li> <li>- Distancia (Km)</li> <li>- Pendiente (%)</li> <li>- Resistencia a la rodadura (%)</li> <li>- Consumo de combustible (Gal/h).</li> <li>- Nivel de combustible (%).</li> <li>- Indicadores de rendimiento (UE, DM, Etc.)</li> </ul>

Fuente: Adaptación propia, 2016.

El análisis de datos permitió reducir los márgenes de error en el nivel de combustible de los camiones y detectar los problemas causantes de demoras en el abastecimiento de combustible. Adicionalmente, el análisis permitió proponer soluciones y mejoras que produzcan un avance, y cuyos resultados beneficien a todos los participantes en el proceso, logrando de esta manera una mejor asignación de los camiones hacia los grifos.

#### **4.1.1. Recolección de datos campo y oficina para el estudio del consumo de combustible**

La recolección de datos es la primera etapa dentro del proceso de investigación el cual requiere del uso de técnicas y herramientas con el fin de desarrollar los sistemas de información.

Los instrumentos de recolección aplicados en este proyecto permitieron buscar información útil y realizar el análisis de datos de los camiones en pleno rendimiento. Adicionalmente, este análisis sirvió para diagnosticar el consumo de combustible y corregir el problema existente en los camiones.

##### **4.1.1.1. Recolección de datos de campo**

La recolección de datos de campo se realizó respetando y cumpliendo las políticas de seguridad de la empresa. La información recolectada de los equipos de acarreo y de las estaciones de servicio (Grifos) fueron estrictamente revisados antes de ser procesados y analizados.

Los datos obtenidos en campo fueron:

1. ID del camión.
2. Nombre del operador.
3. Hora de ingreso del camión a grifo (hh:mm:ss).
4. Horómetro del equipo al ingresar al grifo (horas).
5. Cantidad de combustible en el tanque del camión antes de abastecer (%).
6. Cantidad de combustible abastecido al camión (Galones).
7. Tiempo de abastecimiento de combustible ((hh:mm:ss)
8. Cantidad de combustible en el tanque del camión después de abastecer (%).
9. Hora de salida de camión del grifo (hh:mm:ss)

#### **4.1.1.2. Recolección de datos del Sistema Dispatch**

El proceso de recolección de datos del sistema Dispatch fue más sencillo debido a que la información de los camiones se encontraba guardado dentro de reportes diarios y mensuales.

Así mismo cabe mencionar que algunos datos fueron obtenidos directamente del Houl route, MineGraphics y las utilerías del sistema Dispatch. Esta información obtenida también fue estrictamente revisada antes de ser procesada y analizada.

Los datos obtenidos en los repostes del Sistema Dispatch fueron:

1. ID del camión.
2. Nombre del operador.
3. Hora de inicio de operación del camión (hh:mm:ss)
4. Hora de fin de operación del camión (hh:mm:ss)
5. Horas operativas por turno (horas).
6. Cantidad de combustible consumido por turno (Galones).

#### **4.2. Análisis y procesamiento de datos**

El análisis y procesamiento de los datos del consumo de combustible de los camiones de la empresa minera Antapaccay fue realizado con el fin de determinar el estado de los camiones y el consumo de combustible de estos. La evaluación de los datos de campo y despacho permitieron además identificar los problemas existentes en el consumo de combustible y conocer las relaciones entre las variables analizadas.

Los datos recolectados fueron; el nivel de combustible de los equipos, los reportes de producción, la disponibilidad mecánica, el tiempo de producción y otros indicadores de rendimiento (KPIs), los cuales facilitaron los análisis y comparaciones con los datos tomados en campo. Asimismo, estos datos analizados permitieron mejorar la precisión del sistema Dispatch y conocer algunas observaciones dentro del proceso de seguimiento.

El rol que desempeñó el uso de herramientas informáticas (MS Excel y el SPSS) en este proyecto de investigación fueron la creación y manipulación de las tablas de datos, gráficos, bases de datos, etc., con la finalidad de automatizar el trabajo informático.

#### 4.2.1. Número de camiones considerados para el estudio

El presente proyecto de investigación fue desarrollado durante un periodo de tiempo de dos meses y considero la totalidad de los camiones de la empresa Antapaccay, el cual estuvo clasificado en cuatro flotas diferentes (*Tabla 19*).

*Tabla 19. Numero de camiones estudiados durante el periodo de investigación.*

<b>NÚMERO DE DATOS POR FLOTA DE CAMIONES</b>	
<b>Camión</b>	<b>Cantidad de intervenciones</b>
CAT 793D	11
CAT 797F	11
KOM 830E	10
KOM 930E	8
<b>Total general</b>	<b>40</b>

Fuente: Adaptación propia, 2016.

#### 4.2.2. Tiempo de abastecimiento de combustible a los camiones

Actualmente el abastecimiento de combustible de los camiones de acarreo es realizado por medio de bombas automáticas, el cual mediante una toma rápida se encarga de cargar combustible a los camiones. El tiempo de abastecimiento de combustible depende de la secuencia de suministro de combustible, el cual varía según la flota y el tipo de toma de combustible del camión (*Tabla 20*).

*Tabla 20. Tiempo de abastecimiento de combustible a los camiones según el tipo de flota.*

<b>TIEMPOS DEL CICLO DE ABASTECIMIENTO DE COMBUSTIBLE</b>				
<b>Camión</b>	<b>Tiempo de espera para abastecer</b>	<b>Tiempo de abastecimiento de combustible</b>	<b>Tiempo de espera para salir</b>	<b>Tiempo total en grifo</b>
CAT 793D	00:04:10	00:09:04	00:03:35	00:17:02
CAT 797F	00:03:08	00:11:04	00:03:54	00:18:06
KOM 930E	00:02:56	00:07:41	00:03:44	00:15:49
KOM 830E	00:03:53	00:08:46	00:03:08	00:15:46
<b>Promedio</b>	<b>00:03:30</b>	<b>00:09:18</b>	<b>00:03:37</b>	<b>00:16:48</b>

Fuente: Adaptación propia, 2016.

El tiempo promedio del ciclo de abastecimiento de combustible es de 16 minutos y 48 segundos por camión, esto incluye la espera para entrar a la estación, el tiempo utilizado para cargar combustible y el tiempo de espera para salir.

Dentro de los estándares de la empresa Antapaccay, el Budget establecido para el ciclo de abastecimiento de combustible es de 20 minutos por camión, sin embargo el tiempo promedio fue inferior en 3.2 minutos a lo estandarizado en operaciones mina. Este tiempo de cargado de

combustible no considero el tiempo de espera en cola del equipo, debido a que esta información es muy cambiante, el cual puede llegar hasta los 40 minutos de espera por camión antes de iniciar con el ciclo de abastecimiento de combustible.

#### 4.2.3. Tiempo de espera de camiones en grifo antes de ser abastecido (Cola de camiones)

El tiempo de cola de camiones en grifo, es el tiempo que un camión puede estar detenido antes de pasar al área de abastecimiento de combustible, que en algunos casos puede llegar hasta los 40 minutos, si es que existiera un camión haciendo uso de la estación de grifo. Este tiempo extra puede ser eliminarlo evitando la cola de camiones en grifo, es decir realizando una asignación óptima de camiones.

#### 4.2.4. Velocidad de abastecimiento de combustible (Gal/min) por camión.

La velocidad de abastecimiento de combustible de los camiones depende del tipo de toma del tanque de combustible, el cual varía según la flota de los camiones. La tabla siguiente (*Tabla 21*), muestra el promedio de velocidades de abastecimiento de combustible para cada flota de camiones. El tiempo de abastecimiento se realizó tomando en cuenta la velocidad de la bomba y las características de las válvulas de abastecimiento de combustible.

*Tabla 21. Velocidad de abastecimiento de combustible a los camiones.*

<b>VELOCIDAD PROMEDIO DE ABASTECIMIENTO DE COMBUSTIBLE DE LOS CAMIONES</b>			
<b>Camiones</b>	<b>Tiempo de abastecimiento (hh:mm:ss)</b>	<b>Cantidad de combustible abastecido (gal)</b>	<b>Velocidad promedio de abastecimiento (gal/min)</b>
CAT 793D	00:09:04	878.85	96.93
CAT797F	00:11:04	1267.64	114.55
KOM 830E	00:07:41	786.66	102.38
KOM 930E	00:08:46	940.83	89.73

Fuente: Adaptación propia, 2016.

El gasto arrojado por la pistola de servicio para los camiones CAT 797F es de 114.55 Gal/min y es el mayor con respecto a los otros camiones debido a que estos camiones cuentan una pistola de abastecimiento de mayor capacidad (3"). Por otro lado, en el caso de la flota de camiones KOM 930E la velocidad de abastecimiento de combustible fue de 89.73 Gal/min, el cual es inferior a la velocidad teórica establecida por el fabricante (120 Gal/min). Este último puede ser causado por la presencia de suciedad o lodo en la válvula del tanque del camión.

#### 4.2.5. Nivel de combustible de los camiones al ingresar y salir de grifo

##### 4.2.5.1. Nivel de combustible de los camiones al ingresar al grifo

Los datos del nivel real de combustible de los camiones al ingresar a grifo fueron tomados coordinadamente en el grifo y en el sistema Dispatch, esto con la finalidad de verificar la variabilidad existente en el nivel de combustible presente en los camiones.

Los resultados mostrados en la siguiente tabla nos permiten conocer la diferencia existente en el sistema Dispatch al calcular el nivel restante de combustible (%) del camión al ingresar a grifo (*Tabla 22*).

Adicionalmente es necesario mencionar que la segunda columna de la tabla corresponde a los datos obtenidos en campo y los de la tercera columna corresponden a los datos obtenidos en el MineGraphic (Sistema Dispatch).

*Tabla 22. Nivel promedio de combustible de los camiones al ingresar a grifo, Antapaccay (2016).*

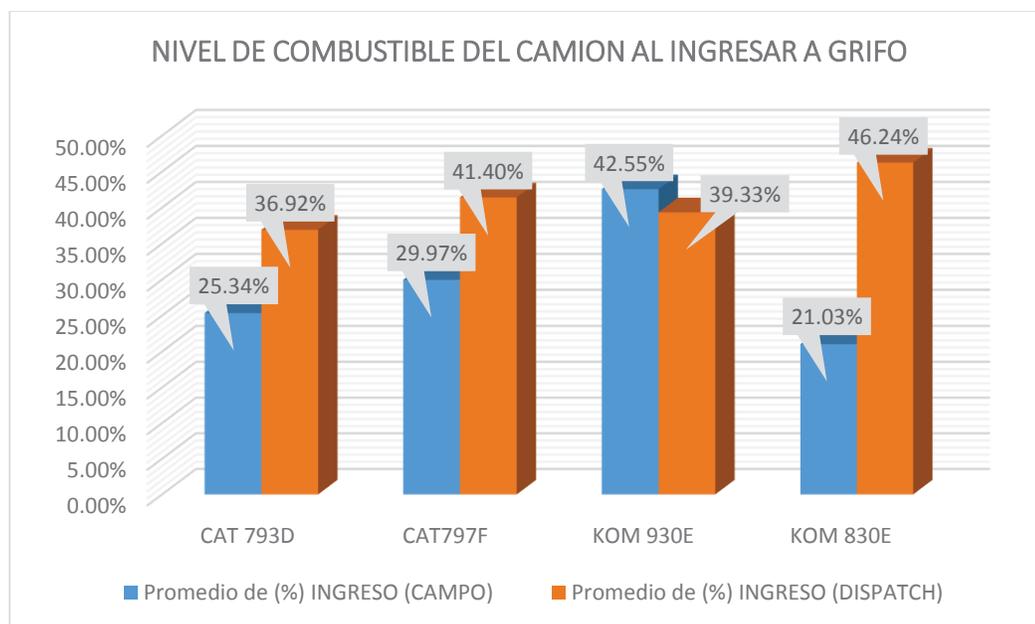
<b>NIVEL PROMEDIO DE COBUSTIBLE EN EL CAMION Y EN EL SISTEMA DISPATCH AL INGRESO A GRIFO</b>		
<b>Camión</b>	<b>Nivel promedio de combustible según Campo</b>	<b>Nivel promedio de combustible según Dispatch</b>
CAT 793D	25.34%	36.92%
CAT 797F	29.97%	41.40%
KOM 830E	42.55%	39.33%
KOM 930E	20.35%	46.24%

Fuente: Adaptación propia, 2016.

En esta tabla se puede observar que los camiones CAT 793D, CAT 797F y KOM 830E tienen un nivel de combustible inferior a lo indicado por el sistema Dispatch, lo que significa que el Dispatch considera un ratio de consumo de combustible mayor a la realidad.

Por otro lado los camiones KOM 930E tienen una diferencia del nivel de combustible mayor a lo indicado por el sistema Dispatch; lo que significa que el ratio de consumo de combustible en el Dispatch es menor a la realidad.

A continuación, el siguiente gráfico de barras (*Ilustración 48*), permite visualizar con mayor detalle la diferencia existente en el nivel de combustible del camión al momento de ingresar a grifo.



*Ilustración 48. Nivel de combustible de los camiones al ingresar a grifo.).*

Fuente: Adaptación propia, 2016.

De los gráficos de barras se puede concluir que la variación del nivel de combustible al ingresar a grifo es causado por la deficiente configuración inicial del nivel de combustible y la mala asignación del ratio de consumo de combustible. Adicionalmente, este problema de precisión ocasiona que el sistema Dispatch desconozca el nivel real de combustible del camión y por consiguiente realice una deficiente asignación de los camiones hacia los grifos (anticipado o retrasado).

#### **4.2.5.2. Nivel de combustible de los camiones al salir del grifo**

Los datos de nivel de combustible de los camiones al salir del grifo fueron tomados directamente de los equipos y del sistema Dispatch. Esto fue realizado con el fin de ver la variabilidad existente en el nivel de combustible después del abastecimiento de combustible en grifo (*Tabla 23*).

De acuerdo a los procedimientos de mina un camión se aproxima al grifo con la finalidad de llenar su tanque de combustible (tanqueo) y no con la finalidad de aumentar unos cuantos galones, de la misma manera en la empresa Antapaccay los camiones están obligados a abastecer combustible hasta llenar los tanques de combustible el cual en la práctica no se cumplía.

En el grifo Formula 1, el correcto abastecimiento de combustible termina con el cierre automático de la bomba de combustible, el cual una vez llenado el tanque al 100% cierra el flujo

de combustible mediante un sistema sofisticado de sensores. Esto ocurre siempre y cuando el tanque sea completamente hermético y se haya hecho el requerimiento adecuado de combustible.

Por otro lado cabe mencionar que existían camiones con problemas de hermetizado del tanque de combustible, el cual ocasionaba que los operadores solicitaran menor cantidad de combustible a lo requerido por el equipo. Adicionalmente, otra causa del incorrecto abastecimiento de combustible fue la falta de precisión del medidor de combustible (manómetro de combustible del camión), el cual también generaba incertidumbre en el operador al momento de solicitar la cantidad de combustible.

*Tabla 23. Comparación de porcentajes de combustible en el tanque del camión al salir del grifo.*

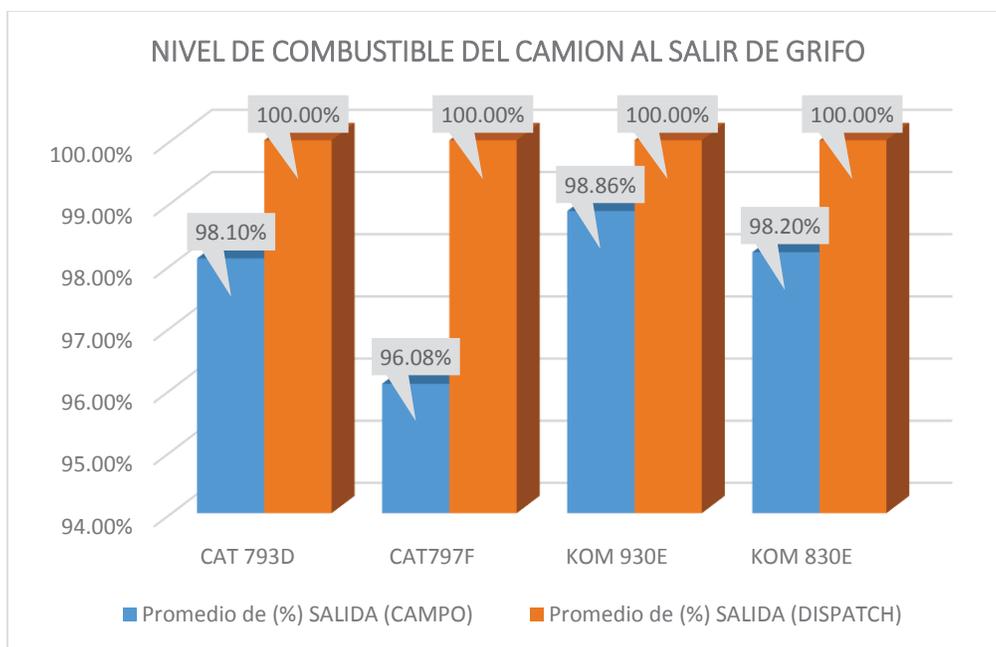
<b>NIVEL PROMEDIO DE COMBUSTIBLE DEL CAMIÓN AL SALIR DE GRIFO</b>		
<b>Camión</b>	<b>Cantidad Promedio de D2 al salir de grifo (Campo)</b>	<b>Cantidad Promedio de D2 al salir de grifo (Dispatch)</b>
<b>CAT 793D</b>	98.10%	100.00%
<b>CAT797F</b>	96.08%	100.00%
<b>KOM 930E</b>	98.86%	100.00%
<b>KOM 830E</b>	98.20%	100.00%
<b>PROMEDIO</b>	<b>97.69%</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: Adaptación propia, 2016.

En la tabla se puede observar que existe una mínima diferencia en el nivel de combustible de los camiones al momento de salir de grifo.

Se debe considerar que los datos obtenidos de los camiones Caterpillar son más confiables por tener un medidor de combustible de mayor precisión.

En el siguiente grafico (*Ilustración 49*), las barras permiten identificar la flota que tiene mayor variabilidad de nivel de combustible al momento de salir del grifo.



*Ilustración 49. Nivel de combustible de los camiones al salir de grifo.*

Fuente: Adaptación propia, 2016.

Las barras de color rojo muestran el nivel de combustible asignado por el sistema Dispatch (100% de combustible) y las barras de color azules muestran el nivel real de combustible al salir de grifo (campo). La diferencia de los resultados mostrados no solamente se deben al mal manejo de datos del sistema Dispatch, sino también a ciertas particularidades existentes en el proceso de abastecimiento de combustible, de los cuales se puede resaltar la acción antojadiza de los conductores al abastecer en el grifo, es decir el operador del camión no abastece la cantidad real requerida por el equipo por motivos de acelerar el proceso de abastecimiento o de sacar provecho al horario de almuerzo.

Adicionalmente, los problemas de hermetizado del tanque y horómetro de combustible generan una mala configuración de nivel de combustible en el sistema Dispatch y ocasionan errores en los cálculos; este problema se puede observar con mayor frecuencia en los camiones Komatsu 830E y 930E, debido a que estos camiones sólo tienen un medidor de combustible analógico (reloj), el cual ocasiona confusión a los operadores del camión.

### 4.3. Observaciones identificadas durante el abastecimiento de combustible a los camiones

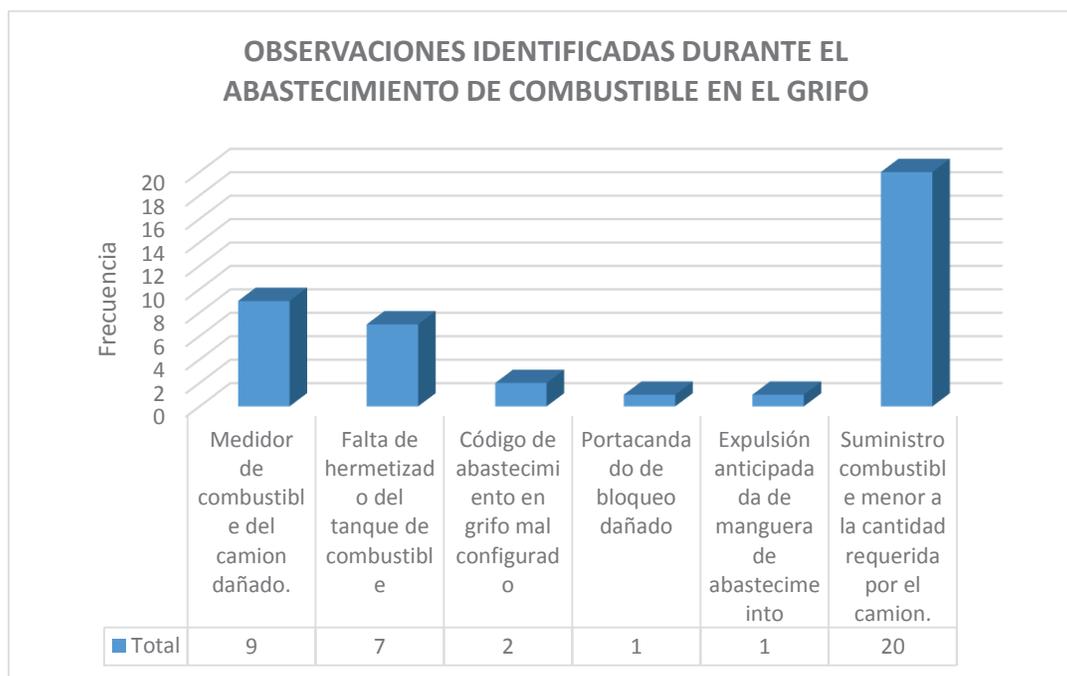
Durante la recopilación de datos de campo se identificó algunos problemas en el proceso de abastecimiento de combustible, los cuales ocasionaron dificultades en el procesamiento de datos. Estos inconvenientes hallados se muestran en la siguiente *tabla 24*.

*Tabla 24. Observaciones encontradas en los camiones durante el abastecimiento de combustible.*

<b>OBSERVACIONES DURANTE EL ABASTECIMIENTO DE COMBUSTIBLE</b>	
<b>Problemas</b>	<b>N° de casos</b>
Deficiente suministro de combustible.	20
Medidor de combustible del camión dañado.	9
Falta de hermetizado del tanque de combustible.	7
Código de abastecimiento en grifo mal configurado.	2
Portacandado de bloqueo dañado.	1
Expulsión anticipada de manguera de abastecimiento.	1
<b>Total general</b>	<b>40</b>

Fuente: Adaptación propia, 2016.

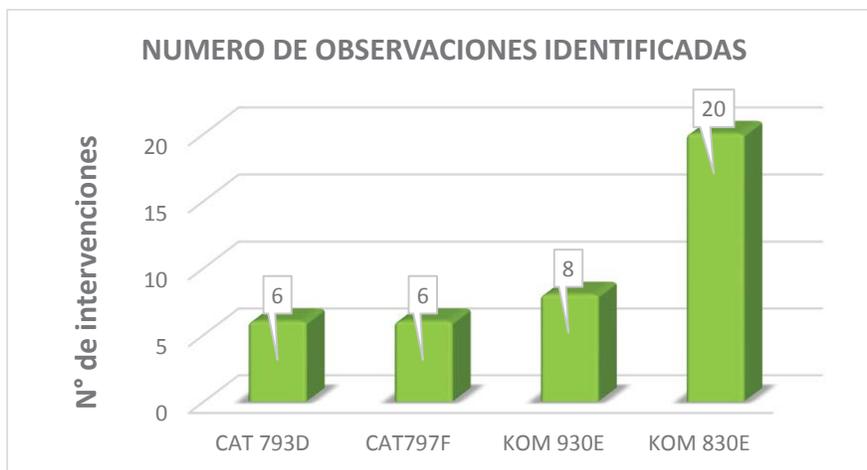
En el siguiente grafico (*Ilustración 50*), se puede observar que el problema de mayor incidencia es el “Deficiente suministro de combustible a los camiones”, este problema es debe a que los operadores de los camiones solicitan menor cantidad de combustible de lo requerido por el equipo.



*Ilustración 50. Número de camiones observados por flota.*

Fuente: Adaptación propia, 2016.

Adicionalmente, el siguiente grafico (*Ilustración 51*) muestra claramente que la flota de camiones Komatsu 830E tiene mayor cantidad de camiones observados durante el abastecimiento de combustible debido a que esta flota es una de las más antiguas dentro de los equipos de acarreo.



*Ilustración 51. Cantidad de camiones observados durante el abastecimiento de combustible.*  
Fuente: Adaptación propia, 2016.

#### 4.3.1. Diagrama de Pareto

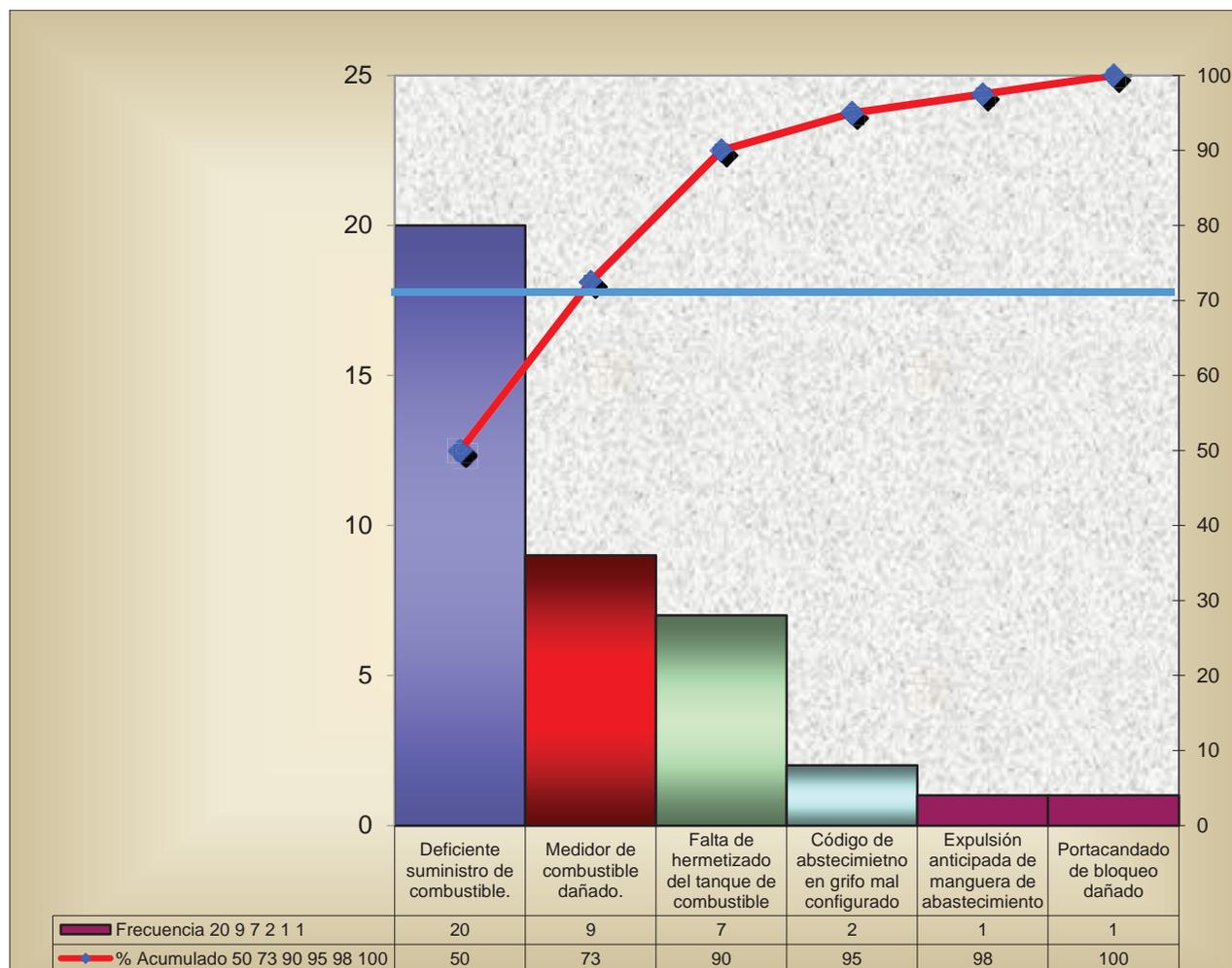
La aplicación de este principio de Pareto (pocos vitales, muchos triviales) indica que hay muchos problemas sin importancia frente a solo unos graves. Ya que por lo general, el 80% de los resultados totales se originan en el 20% de los elementos. A continuación en la siguiente tabla (*Tabla 25*), se muestra las frecuencias de las categorías donde resulta evidente **cuales son los tipos de defectos más frecuentes**

*Tabla 25. Tabla de distribución de frecuencias de los problemas observados en el abastecimiento de combustible*

<b>Observaciones identificadas durante el abastecimiento de combustible del camión en el grifo</b>			
<b>Observaciones</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Porcentaje acumulado (%)</b>
Deficiente suministro de combustible	20	50	50
Medidor de combustible dañado	9	23	73
Falta de hermetizado del tanque de combustible	7	18	90
Código de abastecimiento en grifo mal configurado	2	5	95
Expulsión anticipada de manguera de abastecimiento	1	3	98
Portacandado de bloqueo dañado	1	3	100

Fuente: Adaptación propia, 2016.

El Diagrama de Pareto de las observaciones intervenidas durante el abastecimiento de combustible en un tipo de análisis, que da prioridad a una serie de causas o factores que afectan a un determinado problema, el cual permite, mediante una representación gráfica identificar en una forma decreciente los aspectos que se presentan con mayor frecuencia o peso mayor (*Ilustración 52*).



*Ilustración 52. Diagrama de Pareto de los camiones observados durante el abastecimiento de combustible.*

Fuente: Adaptación propia, 2016.

En este análisis podemos observar que los dos primeros tipos de defectos representan el 73 % de los problemas de abastecimiento de combustible en el grifo, el cual significa que estos dos necesitan mayor atención de acuerdo al principio de Pareto (73,27). De manera que si se eliminan las dos primeras causas desaparecerá la mayor parte de los defectos. Es así que para el mejor

desarrollo de este proyecto, fue necesario aplicar esta herramienta de mejora continua con el fin de eliminar los problemas observados en el abastecimiento de combustible.

#### **4.3.1.1. Camiones con deficiencias de suministro de combustible**

En el grafico anterior se pudo ver que el problema que tuvo mayor incidencia durante el abastecimiento de combustible fue el deficiente suministro de combustible a los camiones (*Tabla 26*), este problema se debía a que los operadores solicitan menor cantidad de combustible del requerido por el equipo, a continuación se describe las posibles causas de este inconveniente.

- El problema de hermetizado de los tanques de combustible, el cual genera temor a rebalse de combustible del tanque.
- El desconocimiento del nivel real de combustible restante en el equipo.
- La falta de precisión del medidor analógico de combustible de la flota de camiones Komatsu.
- Las malas prácticas de los operadores al momento de solicitar combustible, existen operadores que solicitan una cantidad inferior a lo estandarizado debido a las preferencias antojadizas de estos, los cuales son por evitar pasar el horario de almuerzo en grifo, evitar llegar tarde al cambio de guardia o evitar que los operadores de la siguiente guardia abastezcan combustible durante el turno noche.
- La inadecuada asignación de los camiones a grifo cuando se está cerca al horario de cambio de guardia.
- El corte del flujo de combustible de algunos tanques durante el proceso de abastecimiento debido a la diferencia de presiones o presencia de suciedad en la válvula de admisión del tanque.

*Tabla 26. Camiones intervenidos por abastecer menor cantidad de combustible que la requerida por el camión.*

<b>CAMIONES INTERVENIDOS POR ABASTECER MENOR CANTIDAD DE COMBUSTIBLE QUE LA REQUERIDA POR EL CAMIÓN</b>					
<b>N°</b>	<b>Camión</b>	<b>Flota</b>	<b>Nivel de D2 al ingresar a grifo</b>	<b>Cantidad abastecida (Gal)</b>	<b>Nivel de D2 al salir de grifo</b>
1	87	CAT 793D	10.67%	1000	94.00%
2	61	KOM 830E	3.58%	1097	95.00%
3	11	KOM 930E	23.57%	1000	95.00%
4	65	KOM 830E	11.67%	1000	95.00%
5	80	CAT 793D	9.67%	1000	93.00%
6	64	KOM 830E	11.67%	1000	95.00%
7	72	KOM 830E	28.33%	800	95.00%
8	72	KOM 830E	33.33%	800	94.00%
9	90	CAT 793D	38.67%	700	97.00%
10	1	CAT797F	37.00%	1200	97.00%
11	65	KOM 830E	24.33%	800	91.00%
12	73	KOM 830E	8.50%	1050	96.00%
13	26	CAT797F	32.70%	1200	93.00%
14	27	CAT797F	44.00%	1000	94.00%
15	63	KOM 830E	26.33%	800	93.00%
16	86	CAT 793D	20.00%	900	95.00%
17	2	CAT797F	41.70%	1000	92.00%
18	17	KOM 930E	40.93%	771	96.00%
19	14	KOM 930E	33.71%	900	94.00%
20	23	CAT797F	23.57%	1000	95.00%

Fuente: Adaptación propia, 2016.

#### **4.3.1.2. Camiones con problemas en el medidor de combustible**

Los camiones Komatsu son los camiones que presentan mayores problemas con el medidor de combustible (*Tabla 27*), debido al medidor analógico de combustible (reloj), el cual no brinda con exactitud la cantidad real de combustible en el equipo, ocasionando así confusión en el operador.

Este problema también es la causa del abastecimiento anticipado de combustible, por temor a que el combustible este por debajo de lo establecido en el reglamento (estándar).

*Tabla 27. Camiones con problemas en el medidor de nivel de combustible.*  
**CAMIONES CON MEDIDOR DE COMBUSTIBLE DAÑADO**

Nº	CAMIÓN	FLOTA
1	61	KOM 830E
2	11	KOM 930E
3	16	KOM 930E
4	61	KOM 830E
5	59	KOM 830E
6	59	KOM 830E
7	15	KOM 930E
8	59	KOM 830E
9	59	KOM 830E

Fuente: Adaptación propia, 2016.

#### **4.3.1.3. Falta de hermetizado del tanque de combustible**

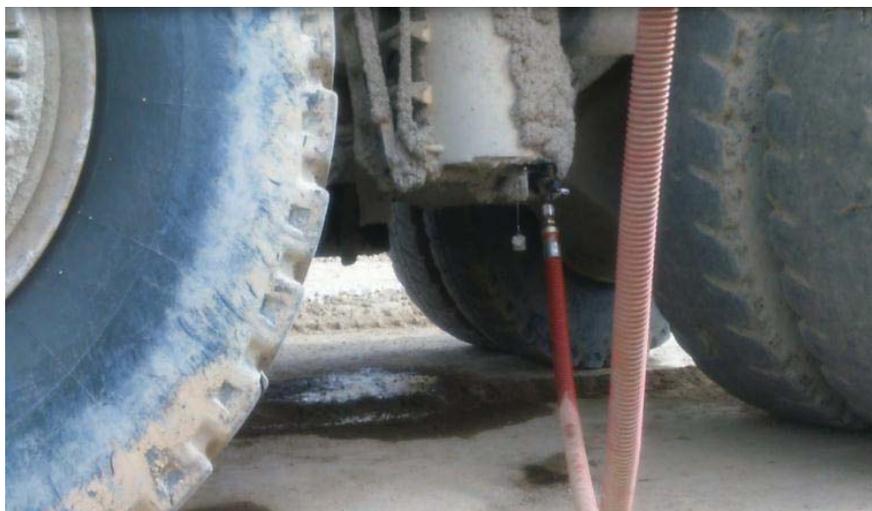
La falta de hermetizado del tanque y el suministro excesivo de combustible al equipo son las causa del rebalse de combustible, es por este motivo que algunos operador de estos camiones solicitaban menor cantidad de combustible a la requerida, para así evitar el derrame de este (*Tabla 28*).

*Tabla 28. Camiones observados por rebalse de combustible.*

<b>CAMIONES INTERVENIDOS POR REVERSE DE COMBUSTIBLE DURANTE EL ABASTECIMIENTO DE COMBUSTIBLE EN GRIFO</b>		
Nº	CAMIÓN	FLOTA
1	63	KOM 830E
2	86	CAT 793D
3	65	KOM 830E
4	15	KOM 930E
5	73	KOM 830E
6	65	KOM 830E
7	61	KOM 830E

Fuente: Adaptación propia, 2016.

En la siguiente fotografía (*Ilustración 53*) se puede visualizar un camión con problemas de derrame de combustible cuando este supera la capacidad del tanque de combustible.



*Ilustración 53. Fotografía de camión en el momento de rebalse de combustible.*  
Fuente: Operaciones mina, Antapaccay, 2016.

#### **4.3.1.4. Código de abastecimiento de combustible mal configurado**

Actualmente el grifo Formula 1, cuenta con un sistema que controla y el abastecimiento de combustible a los equipos eficientemente. Este sistema para iniciar necesita de la alimentación previa de datos, los cuales son, el código del equipo, clave del operador y la cantidad de combustible a abastecer. Sin embargo, existían camiones que presentan problemas en el ingreso de estos datos (Código de abastecimiento mal configurado), el cual restringía el abastecimiento de combustible, generando así un tiempo extra de abastecimiento y tiempo de espera de otros camiones (*Tabla 29*).

*Tabla 29. Camiones con código de abastecimiento de combustible mal configurado.*

<b>VEHÍCULOS CON CÓDIGO MAL CONFIGURADO EN EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DEL GRIFO</b>		
<b>N°</b>	<b>CAMIÓN</b>	<b>FLOTA</b>
1	85	CAT 793D
2	15	KOM 930E

Fuente: Adaptación propia, 2016.

#### **4.3.1.5. Expulsión anticipada de la manguera de abastecimiento de combustible**

Durante el abastecimiento de combustible se detectó algunos camiones que cortaban el flujo de combustible durante el abastecimiento, el cual se debía a la diferencia de presiones y presencia de

suciedad en la válvula de admisión del tanque, ocasionando así problemas en el abastecimiento de combustible, tal es el caso del camión 59.

#### **4.3.1.6. Portacandado de bloqueo del equipo dañado y Otras observaciones visualizadas durante el proceso de abastecimiento de combustible**

Durante el proceso de abastecimiento de combustible a los camiones se pudo observar que el operador del grifo no cumplían adecuadamente con el procedimiento escrito de trabajo seguro (PETS) debido a la falta de actualización del PETS de grifo, ya que este era el mismo que se utilizaba en el grifo de la mina Tintaya; adicionalmente se debe mencionar que existía ausencia de coordinación entre el área de capacitación y seguridad mina, el cual originaba que el procedimiento de abastecimiento de combustible sea desarrollado inadecuadamente.

Como ejemplo se puede mencionar que en algunos casos el operador del grifo se olvidaba de realizar el bloqueo (lock out) de seguridad al camión, debido a la ausencia de control de los supervisores y el mal estado del portacandado de seguridad, tal es el caso del camión T3125 (*Ilustración 54*).



*Ilustración 54. Foto de caja de lock out dañado del camión 25.*

Fuente: Operaciones mina, Antapaccay, 2016.

Adicionalmente, La ausencia de un operador de grifo para la contraguardía ocasionaba que se asigne un personal de apoyo no debidamente capacitado (Volante), ocasionando así problemas en el manejo de los equipos de grifo y omisión de algunos procedimientos. En la siguiente imagen se

puede ver cuando el operador de grifo olvido colocar las cuñas de seguridad al camión T3116 (*Ilustración 55*).

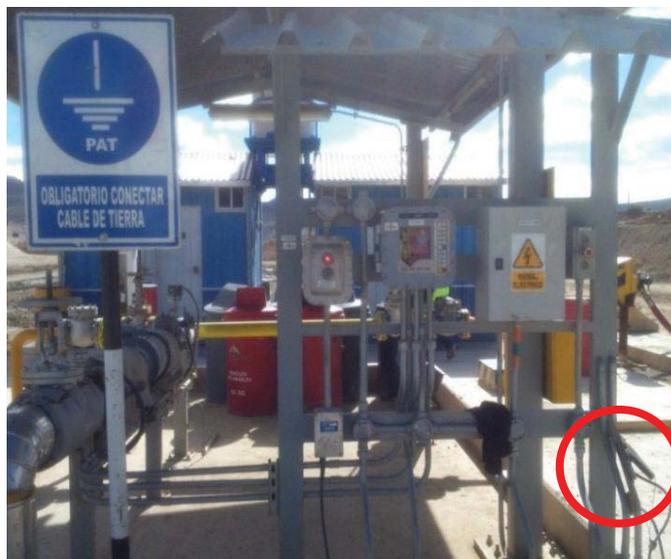


*Ilustración 55. Foto de camión en grifo sin sus respectivas cuñas.*

Fuente: Operaciones mina, Antapaccay, 2016.

Otro de los problemas observados durante el abastecimiento de combustible, fue la evasión de conexión a tierra. Para realizar el abastecimiento de combustible es necesario realizar la conexión a tierra mediante un instrumento (pinza) que va colocado en el aro del neumático del camión, el cual desactiva el bloque del sistema de abastecimiento. Sin embargo, el operador de grifo prefiere no colocar la pinza de seguridad por evitar demoras y contratiempos. Además de esto es necesario resaltar que en temporada de lluvias los neumáticos de los camiones se encuentran con lodo y dificultan el colocado de las pinzas.

En la siguiente fotografía (*Ilustración 56*) se puede observar que el operador del grifo prefirió colocar la pinza en la estructura metálica del grifo, el cual también hace conexión a tierra y desactiva el sistema de seguridad de abastecimiento del grifo, consiguiendo de esta forma continuar inadecuadamente con el abastecimiento de combustible a los camiones.



*Ilustración 56. Foto donde no se puso la conexión a tierra.*

Fuente: Operaciones mina, Antapaccay, 2016.

Finalmente otro de los mayores problemas existentes en el grifo “Formula 1” fue la cantidad de combustible en los tanques principales del grifo (*Ilustración 57*), anteriormente los tanques no contaban con la suficiente capacidad para poder abastecer a los camiones durante las dos guardias, motivo por el cual se solía cambiar al grifo Antapaccay. Este cambio generaba retrasos en el abastecimiento de combustible, debido a que solamente se contaba con un solo operador de grifo, el cual demoraba en trasladarse de grifo a grifo; es por esto que fue necesario aumentar un tanque más de combustible para poder abastecer todo el día y evitar cambio de grifo.



*Ilustración 57. Foto de los tanques de combustible.*

Fuente: Operaciones mina, Antapaccay, 2016.

#### 4.4. Actividades auxiliares realizadas en los camiones durante el abastecimiento de combustible en el grifo

Durante el abastecimiento de combustible en el grifo Formula 1, se realizan otras actividades auxiliares como son, la medición de la presión y huella de los neumáticos por los encargados del reencauche de neumáticos (Neuma Perú), y la reparación de pequeñas fallas presentes en el equipo por el área de Mantenimiento mina. Estas dos actividades mencionadas generan también un tiempo extra en el abastecimiento de combustible, causando así la cola de camiones en grifo.

#### 4.5. Consumo de combustible de los equipos mina

El sistema Dispatch almacena diariamente los reportes de consumo de combustible de todos los equipos, y esta información nos permite conocer el consumo de combustible mensual de todos los equipos diésel en mina, especialmente de los camiones.

##### 4.5.1. Consumo mensual de combustible de los equipos diésel presentes en el tajo Antapaccay

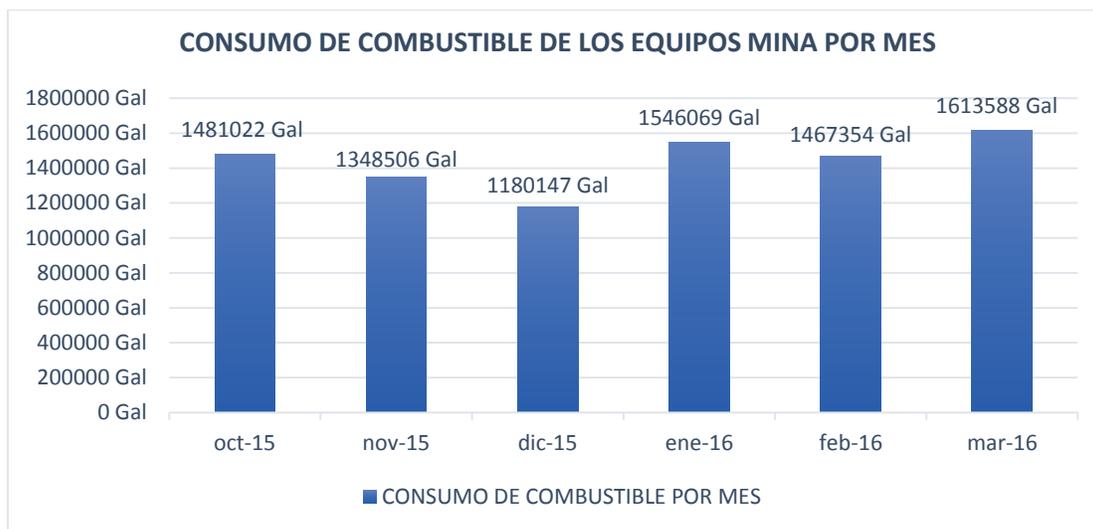
La siguiente tabla muestra el consumo de combustible mensual de los equipos mina, los cuales fueron obtenidos de los reportes realizados por el sistema Dispatch, correspondientes a los últimos tres meses del 2015 y los datos de los tres primeros meses del 2016 (Tabla 30).

*Tabla 30. Resumen de consumo de combustible por mes por flota de equipo, Antapaccay (2016).*

Equipos	2015			2016		
	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
Pala	42306 Gal	34856 Gal	11603 Gal	38687 Gal	33201 Gal	31336 Gal
Cargador	82458 Gal	67841 Gal	92091 Gal	54147 Gal	62155 Gal	46262 Gal
Camión	1167554 Gal	1073015 Gal	863876 Gal	1248617 Gal	1174938 Gal	1350633 Gal
Tractor de ruedas	128547 Gal	116584 Gal	144432 Gal	146058 Gal	144359 Gal	135558 Gal
Motoniveladora	25370 Gal	26035 Gal	29957 Gal	27611 Gal	24521 Gal	23365 Gal
Excavadora	29978 Gal	25624 Gal	33646 Gal	28313 Gal	26215 Gal	23818 Gal
Rodillo	4809 Gal	4551 Gal	4542 Gal	2636 Gal	1965 Gal	2616 Gal
<b>Total general</b>	<b>1481022 Gal</b>	<b>1348506 Gal</b>	<b>1180147 Gal</b>	<b>1546069 Gal</b>	<b>1467354 Gal</b>	<b>1613588 Gal</b>

Fuente: Adaptación propia a partir de los reportes diarios del sistema Dispatch, Antapaccay, 2016.

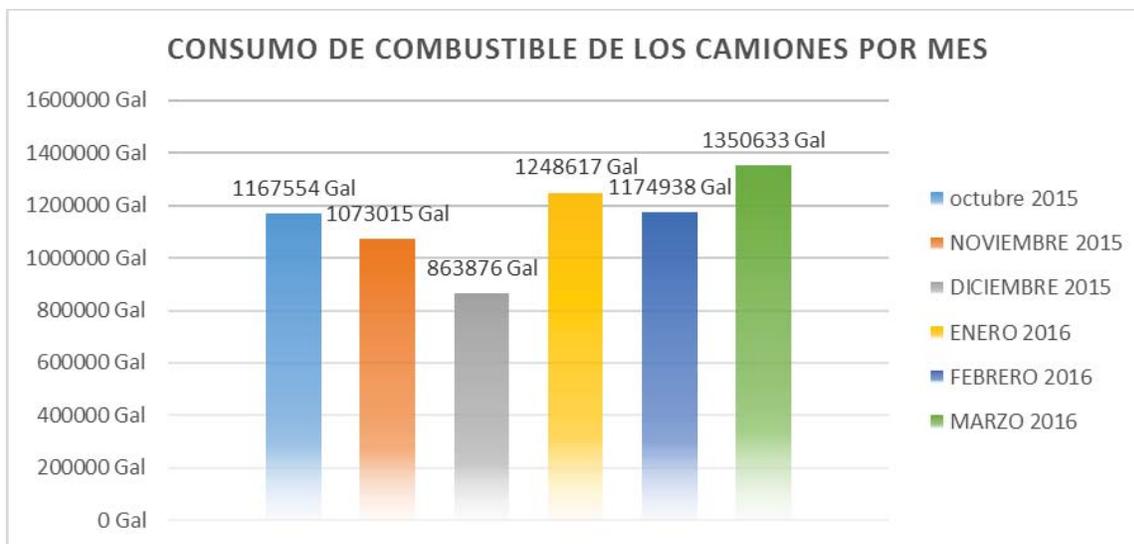
En este grafico se puede observar que el crecimiento del consumo de combustible por mes empieza el mes de diciembre, el cual es debido a la adquisición de una nueva flota de camiones CAT 797F. Esta evolución del consumo de combustible por mes indica que se necesitara un mayor requerimiento de combustible para los posteriores meses (*Ilustración 58*).



*Ilustración 58. Evolución del consumo de combustible por mes de los equipos mina..*

Fuente: Adaptación propia a partir de los reportes diarios del sistema Dispatch, Antapaccacy, 2016.

El siguiente grafico se puede observar con más detalle el incremento de consumo de combustible por los camiones, el cual es un indicador de que la nueva flota hace un consumo mayor de combustible, llegando así a consumirse hasta 1 350 633 Gal por mes (*Ilustración 59*).



*Ilustración 59. Consumo mensual de combustible de los camiones.*

Fuente: Adaptación propia a partir de los reportes diarios del sistema Dispatch, Antapaccacy, 2016.

#### 4.6. Ratio de consumo de combustible de los camiones de acarreo

De acuerdo al análisis dimensional del consumo de combustible, la data de ingreso para la variable de ratio de consumo de combustible en los camiones (burn rate) esta medido en galones por hora.

El ratio de consumo en petróleo en camiones =  $L^3 T^{-1}$  (Gal/h)

Las variables operativas que vamos a relacionar en el consumo de combustible deben de estar dimensionalmente igual a la ecuación del consumo en galones por hora de diésel.

#### 4.7. Ratio de consumo de combustible según las especificaciones técnicas por modelo de flota

Las flotas analizadas corresponden a camiones Caterpillar 797F, Caterpillar 793D, Komatsu 830E y Komatsu 930E. Respecto a las aplicaciones de trabajo a las cuales se somete los camiones el fabricante especifica tres condiciones para el consumo horario de combustible:

- Bajo: funcionamiento continuo a un peso bruto medio menor del recomendado. Caminos de acarreo excelente. sin sobrecarga, factor de carga baja.
- Medio: funcionamiento continuo al peso bruto medio cerca del recomendado. Caminos de acarreo en buen estado. Sobrecarga mínima, factor moderado de carga.
- Alto: Operación continua sobre el peso bruto máximo recomendado. Sobrecarga, Caminos de acarreo difíciles, alto factor de carga.

De acuerdo a las condiciones detalladas, el fabricante describe el rango de ratios horarios de consumo de combustible de los camiones para distintas flotas de acarreo los cuales se puntualiza en la *tabla 31*.

*Tabla 31. Consumo de combustible en galones /hora según Caterpillar y Komatsu.*

Modelo	Bajo		Medio		Alto	
	L/h	Gal/h	L/h	Gal/h	L/h	Gal/h
<b>CAT 793 D</b>	90.8-136.2	24.0-36.0	136.2-181.6	36.0-48.0	181.6-227.0	48.0-60.0
<b>CAT 797 F</b>	146.8-220.3	38.8-58.2	220.3-293.3	58.2-77.6	293.7-367.1	77.6-97.0
<b>KOM 830E</b>	80.8-126.2	21.35-33-34	126.2-171.6	33.34-45.34	171.6-217.0	45.34-57.33
<b>KOM 930E</b>	121.8-195.3	32.18-51.59	195.3-268.3	51.99-70.89	268.3-342.1	70.88-90.38

NOTA: Factor de carga de aproximadamente 50% puede experimentarse en muchas aplicaciones.

Fuente: Operaciones mina, Antapaccay, 2016.

#### 4.7.1. Ratio de consumo de combustible según los reportes del sistema Dispatch

Una vez determinado el consumo mensual de combustible de los camiones se procedió al cálculo de consumo de combustible por flota de camiones (*Tabla 32*), mostrándose como mayor consumidor de combustible la flota de camiones CAT 797F (La flota de equipos diésel de mayor capacidad de carga) y por otro lado como los camiones más ahorrativos la flota de camiones KOM 830E debido a su menor capacidad de carga y su sistema eléctrico-mecánico.

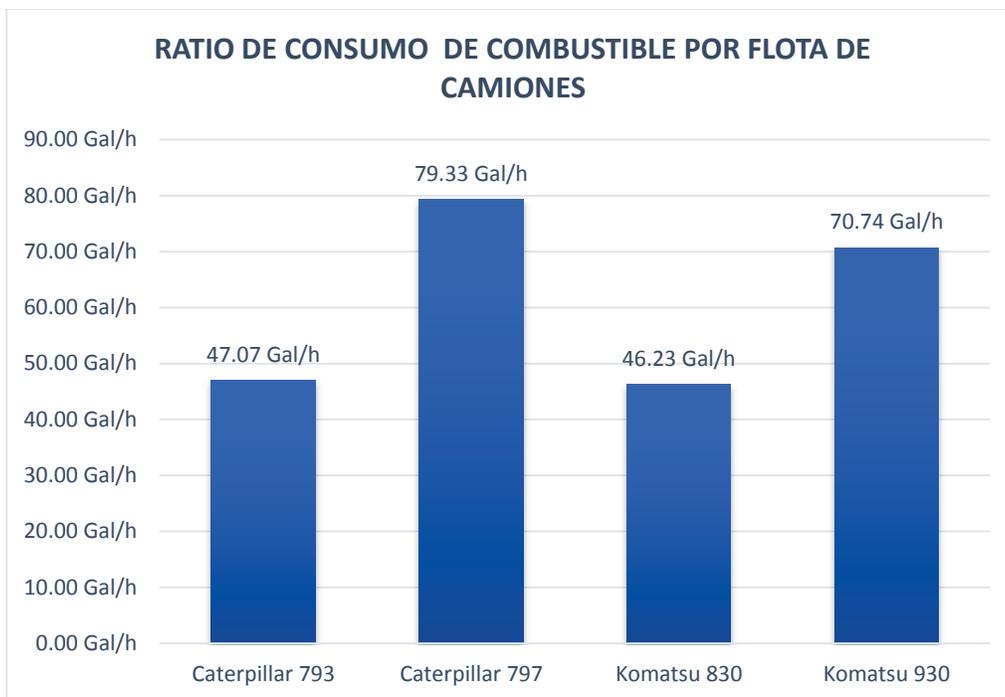
*Tabla 32. Consumo de combustible por flota de camiones.*

RATIO DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE DE LOS CAMIONES DE OCT/2015 - MAR/2016							
FLOTA DE CAMIÓN	OCTUBRE 2015	NOVIEMBRE 2015	DICIEMBRE 2015	ENERO 2016	FEBRERO 2016	MARZO 2016	PROMEDIO
<b>Caterpillar 793</b>	43.25 Gal/h	44.94 Gal/h	33.93 Gal/h	51.64 Gal/h	46.75 Gal/h	61.89 Gal/h	<b>47.07 Gal/h</b>
<b>Caterpillar 797</b>	80.79 Gal/h	81.46 Gal/h	72.15 Gal/h	83.08 Gal/h	72.33 Gal/h	89.34 Gal/h	<b>79.33 Gal/h</b>
<b>Komatsu 830</b>	46.54 Gal/h	39.31 Gal/h	39.79 Gal/h	47.71 Gal/h	47.54 Gal/h	67.73 Gal/h	<b>46.23 Gal/h</b>
<b>Komatsu 930</b>	66.09 Gal/h	64.92 Gal/h	58.39 Gal/h	74.89 Gal/h	71.48 Gal/h	88.69 Gal/h	<b>70.74 Gal/h</b>

Fuente: Adaptación propia a partir de los reportes diarios del sistema Dispatch, Antapaccacy, 2016.

Las cantidades mostradas en el siguiente grafico de barras (*Ilustración 60*) corresponden a los registros realizados en el 2015 y 2016. Estos ratios de consumo de combustible, son el resultado de los reportes automáticos generados por el sistema Dispatch, el cual está en función del consumo mensual de combustible y el tiempo neto operativo mensual de los equipos.

$$\text{Ratio de consumo de combustible (Gal/h)} = \frac{\text{Consumo mensual de combustible}}{\text{Tiempo neto operativo mensual}}$$



*Ilustración 60. Ratio de consumo de combustible de los camiones de acuerdo a los reportes del sistema Dispatch.*

Fuente: Adaptación propia a partir de los reportes diarios del sistema Dispatch, Antapaccacy, 2016.

#### **4.7.2. Ratio de consumo de combustible según horas operativas**

Este procedimiento de análisis fue realizado a los camiones operativos durante el desarrollo del tajo sur, el ratio horario de consumo de combustible se calculó en base al tiempo neto operativo y la cantidad de combustible consumido por el camión.

##### **4.7.2.1. Datos tomados durante el seguimiento del camión**

1. ID del camión.
2. Nivel de combustible al inicio de la guardia.
3. Tiempos operativos y no operativos.
4. Nivel de combustible al ingresar al grifo.
5. Nivel de combustible al salir del grifo.
6. Nivel de combustible al final de la guardia.

##### **4.7.2.2. Calculo del tiempo neto operativo por guardia (To)**

$$T_o = T_t - (T_g + T_r + T_m + T_p)$$

Donde:

- Tt: Tiempo total de la guardia.
- Tg: Tiempo de abastecimiento de combustible en grifo.
- Tr: Tiempo de refrigerio.
- Tm: Tiempo de mantenimiento.
- Tp: Tiempo de cambio de guardia (Part time).

Los datos para el análisis y cálculo fueron obtenidos del seguimiento de las actividades de los camiones durante el turno de trabajo. El consumo de combustible fue obtenido manualmente de la pantalla de informes del camión, y los tiempos fueron medidos durante el turno de trabajo.

#### 4.7.2.3. Cálculo del ratio de consumo de combustible según horas operativas medidas en campo (Gal/h)

$$\text{Ratio de consumo de combustible (Gal/h)} = \frac{\text{Consumo de combustible/guardia}}{\text{Tiempo neto operativo/guardia}}$$

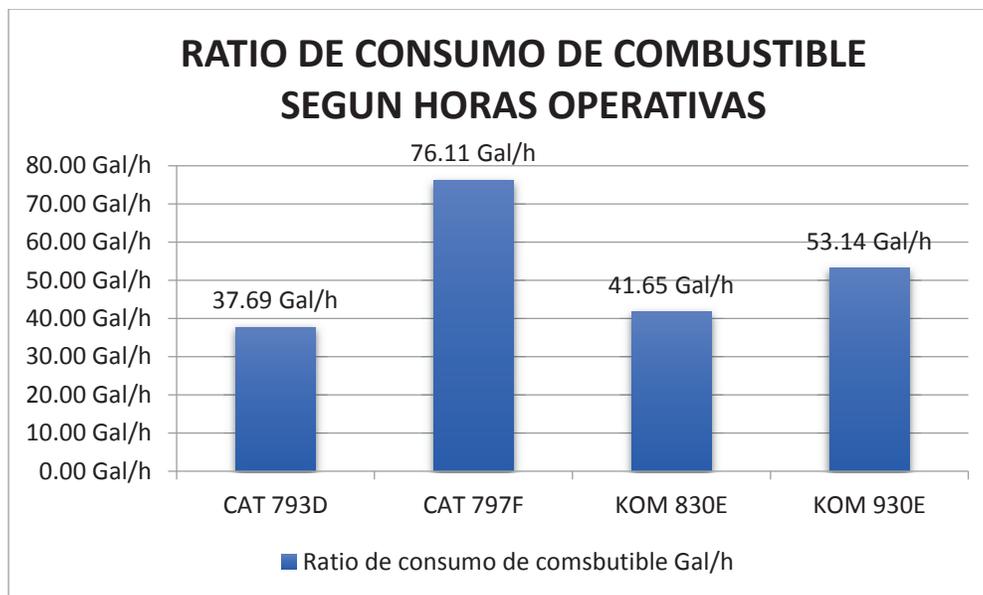
A continuación se muestra el ratio Promedio de consumo de combustible de los camiones intervenidos (*Tabla 33*).

*Tabla 33. Ratio de consumo de combustible de los camiones según las horas operativas medidas en campo.*

<b>COMPARACION DE RATIOS DE CONSUMO HORARIO DE COMBUSTIBLE EN LOS CAMIONES CAT 797F</b>			
<b>Flota</b>	<b>Tiempo operativo neto/guardia (h)</b>	<b>Combustible consumido/guardia (gal)</b>	<b>Ratio de consumo de combustible (Gal/h)</b>
CAT 797F	10:37:16	809.95	76.11 Gal/h
CAT 793D	11:01:46	420.00	37.69 Gal/h
KOM 930E	10:37:16	566.53	53.14 Gal/h
KOM830E	11:01:46	464.17	41.65 Gal/h

Fuente: Adaptación propia a partir de los reportes diarios del sistema Dispatch, Antapaccacy, 2016.

En el siguiente grafico de barras (*Ilustración 61*), del ratio de consumo de combustible según las mediciones de campo, se puede observar que los camiones Caterpillar hacen el mayor uso de combustible el cual es igual a 76.11 gal/h.



*Ilustración 61. Ratio de consumo de combustible de los camiones según las horas operativas medidas en campo*

Fuente: Adaptación propia a partir de los reportes diarios del sistema Dispatch, Antapaccacy, 2016.

#### **4.7.3. Ratio de consumo de combustible según el horómetro del camión**

El ratio de consumo de combustible según el horómetro del equipo (*Tabla 34*) es más ajustado a la realidad debido a que el horómetro es el dispositivo encargado de medir las horas reales en el que el equipo estuvo encendido. Este tipo de cálculo requirió de la recolección de los siguientes datos.

##### **4.7.3.1. Datos tomados para el análisis estadístico**

1. ID del camión.
2. Horómetro Inicial del camión (h).
3. Horómetro Final del camión (h).
4. Cantidad inicial de combustible en el tanque de combustible (Gal).
5. Cantidad final de combustible en el tanque de combustible (Gal).
6. Cantidad de combustible abastecido en el grifo (Gal).

#### 4.7.3.2. Cálculo del ratio de consumo de combustible según el horómetro del camión (Gal/h)

$$\text{Ratio de consumo de combustible (Gal/h)} = \frac{\text{Consumo de combustible/guardia}}{\text{horas operativas/guardia}}$$

Tabla 34. Ratio de consumo de combustible según el horómetro del equipo.

RATIO DE CONSUMO DE COMSBUTIBLE SEGÚN EL HORORMETRO DEL CAMIÓN			
Camión	Promedio de Horas operativas según horómetro (h)	Promedio de combustible Consumido (Gal)	Ratio de consumo de combustible (Gal/h)
CAT 793D	20.75	849.00	41.36
CAT 797F	18.82	1372.73	73.72
KOM 830E	21.25	885.00	41.77
KOM 930E	18.86	1002.00	58.34

Fuente: Adaptación propia a partir de los reportes diarios del sistema Dispatch, Antapaccacy, 2016.

En el siguiente gráfico de barras (*Ilustración 62*) se puede observar la comparación existente entre el ratio de consumo de combustible y el Budget establecido por mina (Ratio de consumo de combustible esperado por mina). Los resultados del Budget eran usados para realizar los cálculos del consumo de combustible de los camiones en tiempo real, generando así inconvenientes en la asignación de camiones a grifo. El problema se debía a que los datos utilizados por el Dispatch eran mayores a la realidad y por consiguiente se obtenía un cálculo erróneo del consumo de combustible.

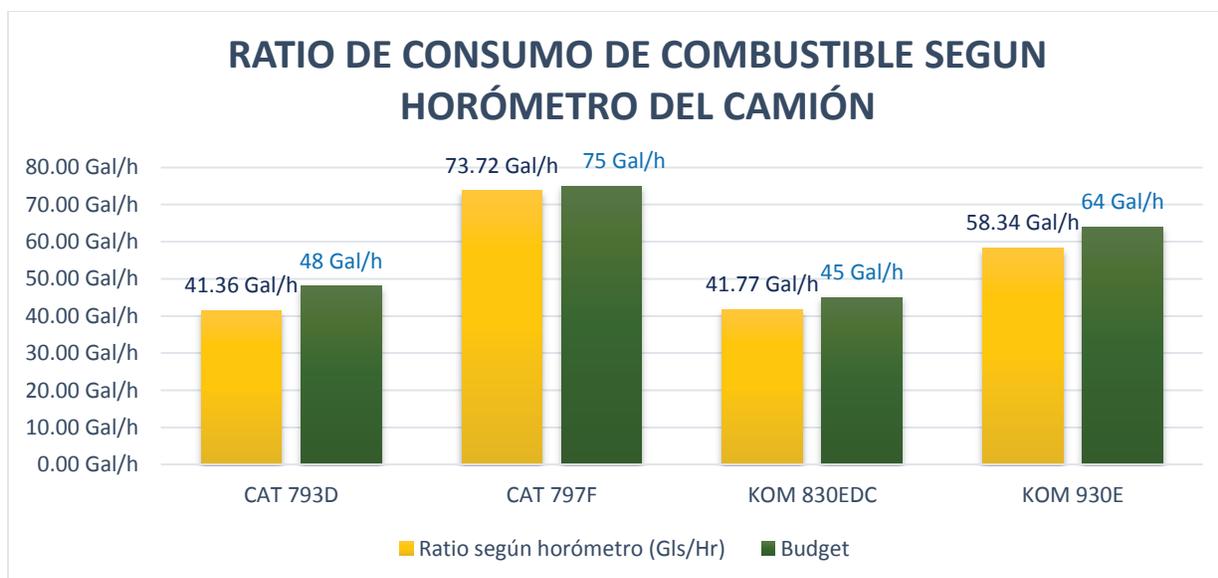


Ilustración 62. Gráfico de barras de consumo de combustible horario.

Fuente: Adaptación propia a partir de los reportes diarios del sistema Dispatch, Antapaccacy, 2016.

En el gráfico de barras se puede verificar que los camiones CAT 797F consumen 73.72 gls/hr, y es el mayor a las demás por su capacidad de acarreo (400 Tn); por otro lado los camiones KOM 930E y KOM 830E, tienen un consumo regular de combustible, gracias a su motor diésel eléctrico, el cual hace que estos vehículos sean más veloces y ahorren combustible.

Debido a que los valores de los ratios de consumo de combustible (Según el horómetro del equipo), son los más ajustados a la realidad, se tuvieron que utilizar estos resultados para determinar y ajustar el algoritmo de cálculo de consumo de combustible del módulo de información del sistema Dispatch, quien es encargado de calcular el consumo de combustible en tiempo real.

#### **4.7.4. Ratio de consumo de combustible de los camiones según la pendiente de la vía (Rampa)**

El ratio de consumo de combustible en las rampas varía de acuerdo a la pendiente de la vía y el estado del equipo (cargado o vacío). Las pendientes de las vías de acarreo del tajo Antapaccay varían desde 0% hasta 12%, sin embargo, las rampas de alivio son construidas con una pendiente de 15%. De acuerdo al Decreto Supremo N° 24-2016-EM (Reglamento de seguridad y salud ocupacional en minera), las vías de acarreo deben tener una pendiente máxima de 12%.

El cálculo del ratio de consumo de combustible por pendiente requirió del uso del programa estadístico SPSS dónde se ingresaron y verificaron la correlación existente entre 2 variables numéricas, el ratio de consumo de combustible (variable dependiente) y la pendiente de la vía (variable independiente). Una vez ingresado las variables en la base de datos del programa, se procedió a verificar el diagrama dispersión de los puntos con el fin de determinar la ecuación de regresión (Expresión matemática que define la correlación entre dos variables) y el modelo matemático que más se ajuste a la dispersión de puntos.

Finalmente, la función matemática (Gráfica), fue calculada para configurar el ratio de consumo de combustible del módulo de información de nivel de combustible del sistema Dispatch, con el fin de conocer el nivel de combustible de los camiones en tiempo real.

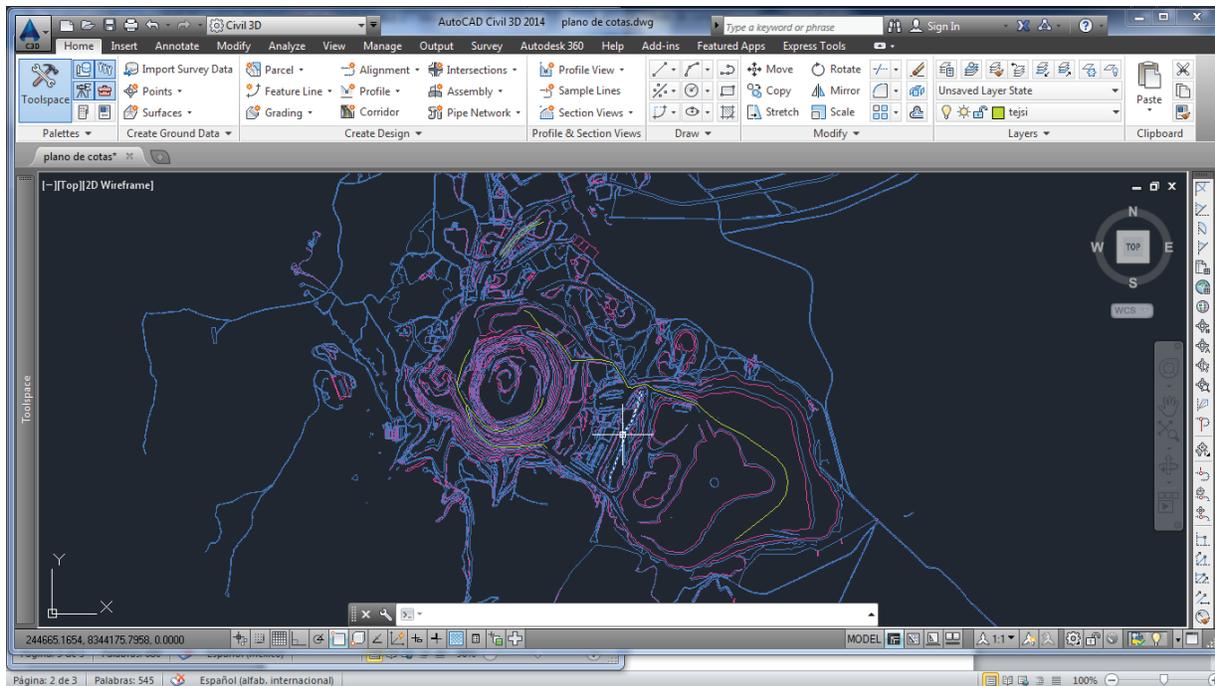
##### **4.7.4.1. Datos tomados para el análisis de datos**

Los datos necesarios para el cálculo del ratio de consumo de combustible en pendiente fueron.

1. ID del camión.
2. Número de la rampa o zona de estudio de la vía de acarreo.
3. Cantidad de combustible al iniciar la rampa (Gal).
4. Cantidad de combustible al finalizar la rampa (Gal).
5. Tiempo transcurrido en la rampa o zona (h).
6. Cota inicial de la Rampa (m.s.n.m.).
7. Cota final de la Rampa (m.s.n.m.).
8. Pendiente promedio de la rampa (%).
9. Distancia recorrida por el camión (m).

La obtención de variables para el cálculo del ratio de consumo de combustible requirió de la recolección de varios datos operativos así como el uso de herramientas informáticas como el AutoCAD y Mine Graphics.

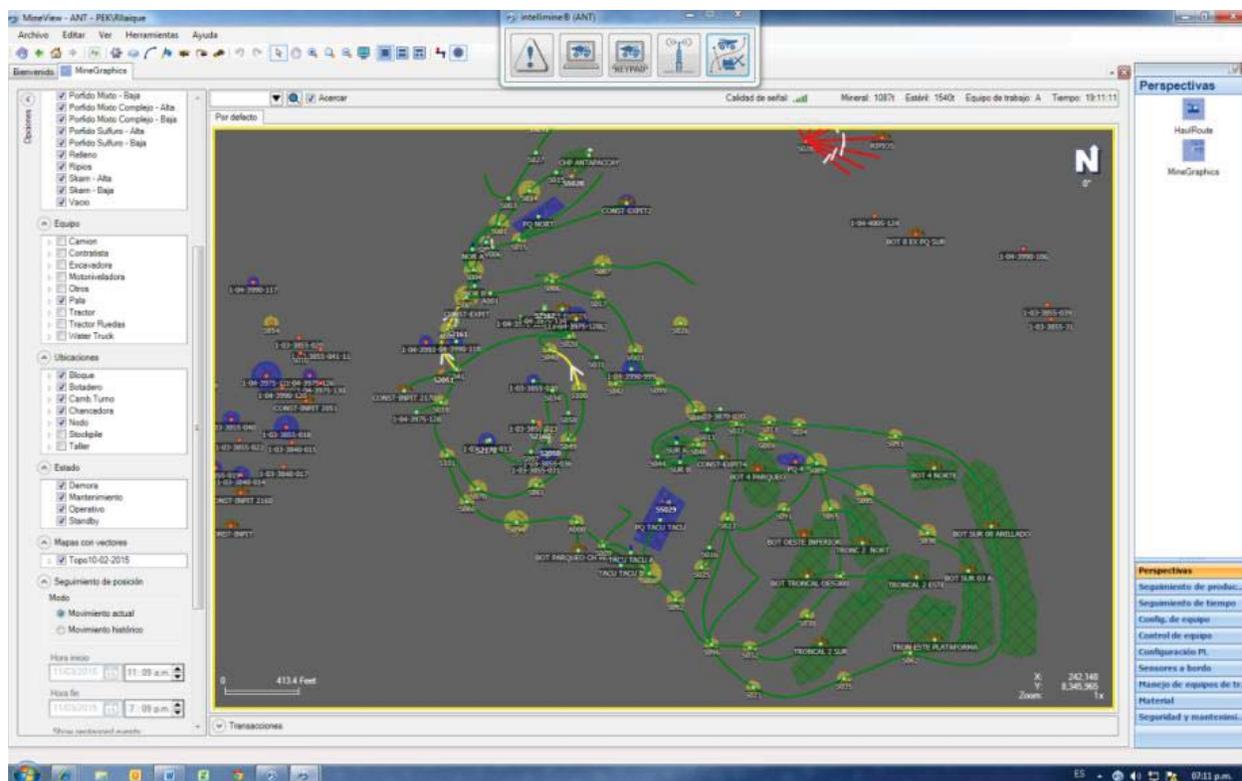
Para la obtención de las cotas de las rampas del tajo, se tuvo que utilizar Los planos del tajo Antapaccay; los cuales son actualizados permanentemente por el área de planeamiento mina debido a los cambios continuos de la geografía (*Ilustración 63*).



*Ilustración 63. Plano de la mina, AutoCAD.*

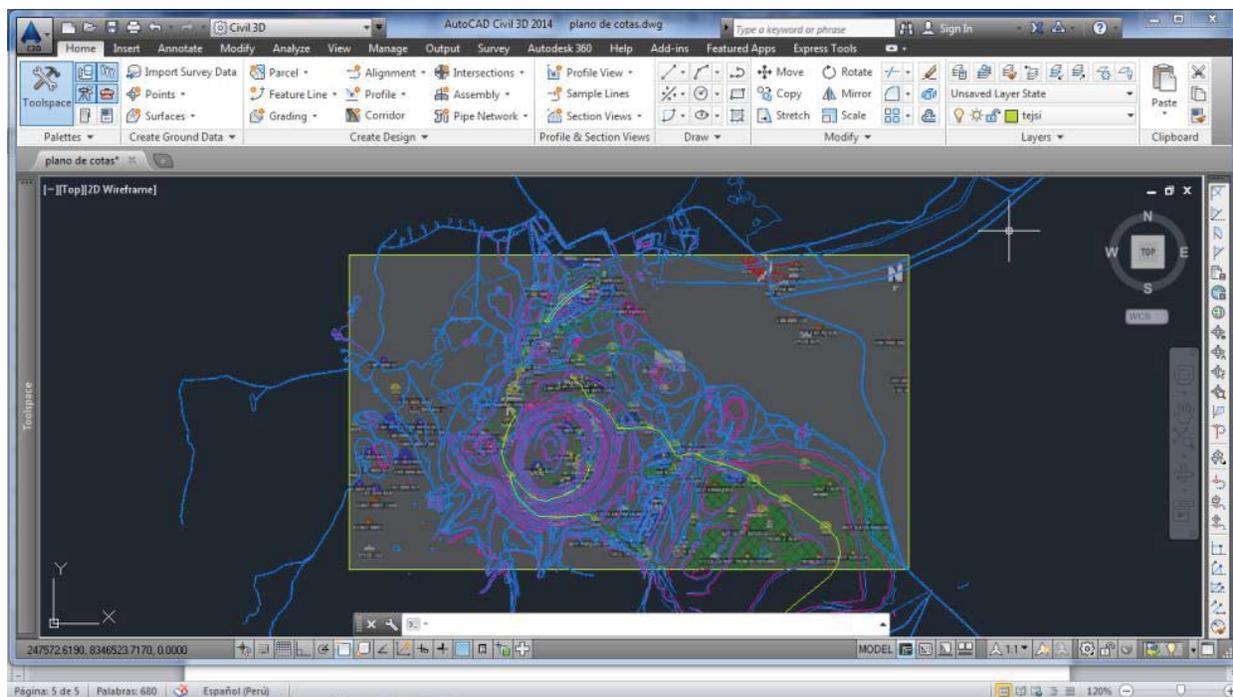
Fuente: Adaptación propia a partir del plano de operaciones mina, Antapaccay, 2016.

Para la recolección de datos fue necesario establecer rutas de control a lo largo de las vías de acarreo del tajo Antapaccay, para este caso la recolección de datos se realizó en la Rampa 1, Rampa 2, Rampa 3 y Rampa 4 del tajo Sur de Antapaccay. Una vez actualizado el plano del tajo en el AutoCAD y en el Mine Graphics, se procedió a creación de las balizas en cada punto de intersección de las vías de acarreo con el fin de hacer un mejor control de las pendientes de las vías (*Ilustración 64*).



*Ilustración 64. Mine Graphics del Mine View en el sistema Dispatch.*  
Fuente: Adaptación propia a partir del plano de operaciones mina, Antapaccay, 2016.

Una vez creada las Balizas se procedió a la superposición del plano de AutoCAD y del Minegraphics (*Ilustración 65*), con el objetivo de identificar las balizas y extraer su respectiva altura (Cotas). Seguidamente, al obtener las cotas y la longitud aparente (Longitud en planta) se procedió a calcular la longitud real y la pendiente de la ruta de control.



*Ilustración 65. Mine Graphics y Plano de la mina en AutoCAD.*

Fuente: Adaptación propia a partir del plano de operaciones mina, Antapaccay, 2016.

Finalmente, al conocer el ratio de consumo de combustible y la pendiente de la vía (%), se procedió a realizar las interpolaciones del ratio de consumo de combustible para las pendientes restantes con el fin de ingresarlos en el SPSS.

#### **4.7.4.2. Análisis y procesamiento estadístico de datos para el cálculo de consumo de combustible en pendientes**

El análisis y procesamiento de datos requirió del ingreso de las variables independientes (pendiente de la vía) y dependientes (ratio de consumo de combustible) dentro del software SPSS, con el propósito de determinar la existencia y tipo de correlación entre las variables ingresadas. Seguidamente, se procedió a realizar el diagrama de dispersión o nube de puntos para conocer la relación existente entre estas dos variables (Directa, inversa o nula).

Después de realizar los análisis mencionados, se procedió a obtener un gráfico de regresión simple (modelo matemático), el cual se ajuste más al consumo de combustible en función de la pendiente de la vía de acarreo.

#### 4.7.4.3. Ratio de consumo de combustible de los camiones Caterpillar 797F para diferentes pendientes de la vía de acarreo

En la siguiente tabla se muestra el resumen del consumo de combustible de la flota de camiones CAT 797F (Tabla 35).

Tabla 35. Ratio de consumo de combustible en funcion de la pendiente de la via de los camiones CAT 797F.

RATIO DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE DE LOS CAMIONES CAT 797F EN DIFERENTES PENDIENTES DE VÍA		
Pendiente (%)	Vacío (Gal/h)	Cargado (Gal/h)
-12	16.83	29.50
-11	18.62	31.04
-10	20.60	32.67
-9	22.79	34.38
-8	25.21	36.17
-7	27.89	38.07
-6	30.86	40.06
-5	34.13	42.16
-4	37.76	44.36
-3	41.78	46.68
-2	46.21	49.12
-1	51.13	51.70
0	53.83	56.69
1	43.97	53.89
2	37.85	49.26
3	32.58	45.02
4	28.04	41.14
5	24.13	37.60
6	20.77	34.36
7	17.88	31.41
8	15.39	28.70
9	13.24	26.23
10	11.40	23.98
11	9.81	21.91
12	8.45	20.03

Fuente: Adaptación propia a partir de los estudios de campo, Antapaccay, 2016.

En los resultados obtenidos se puede visualizar la diferencia existente del consumo de combustible entre un equipo cargado o vacío, esta diferencia se debe a que cuando el equipo se encuentra cargado hace un mayor esfuerzo y por consiguiente un mayor consumo de combustible.

Adicionalmente, es necesario aclarar que las pendientes positivas son recorridas generalmente por los camiones que se encuentran cargados y las pendientes negativas por los camiones vacíos.

El ratio de consumo de combustible de los camiones CAT 797F en una vía de pendiente 0% (Superficie llana) es de 53.83 Gal/h (Vacío) y 56.69 Gal/h (Cargado)

#### 4.7.4.3.1. Gráfico de tendencia del ratio del consumo de combustible en pendiente para los camiones Caterpillar 797F

El gráfico de tendencias del ratio de consumo de combustible de los caminos está en función de la distribución de puntos, donde la pendiente de la vía es la variables independientes y el ratio de consumo la variable dependiente. La distribución de puntos procesados en la herramienta estadística SPSS permitió conocer el ratio de consumo de combustible de los camiones en diferentes pendientes de la vía, mediante el cálculo de la bondad de ajuste del modelo de regresión, el cual se mide usando el coeficiente de determinación  $R^2$ , donde la mejor bondad de ajuste es cuando este se acerca a 1.

- **Análisis estadístico de regresión y estimación curvilínea para los camiones CAT 797F (vacíos).**

La siguiente tabla resumen de modelo y estimaciones de parámetros para el ratio de consumo de combustible en cuesta arriba y cuesta abajo, muestra que el modelo exponencial tiene un valor de  $R^2$  más cercano a uno, el cual es igual a 0.99901 (Tabla 36) y 0.99953 (Tabla 37), lo que significa que el 99.901% y 99.953% de las predicciones del modelo son correctas.

Tabla 36. Tabla resumen de modelo y estimaciones de parámetro para el ratio de consumo de combustible en una vía de pendiente negativa.

Resumen de modelo y estimaciones de parámetro									
Variable dependiente: Ratio de consumo de combustible por pendiente (Gal/h)									
Ecuación	Resumen del modelo					Estimaciones de parámetro			
	R cuadrado	F	df1	df2	Sig.	Constante	b1	b2	b3
Lineal	.98001	539.376	1	11	.000	51.861	3.161		
Cuadrático	.99885	4348.843	2	10	.000	54.768	4.747	.132	
Cúbico	.99897	2920.453	3	9	.000	54.549	4.471	.072	-.003
Exponencial	.99901	11121.377	1	11	.000	55.798	.099		

La variable independiente es Pendiente de la vía (%).

Fuente: Adaptación propia, Antapaccay, 2016.

Tabla 37. Tabla resumen de modelo y estimaciones de parámetro para el ratio de consumo de combustible en una vía de pendiente positiva.

Resumen de modelo y estimaciones de parámetro4,									
Variable dependiente: Ratio de consumo de combustible (Gal/h)									
Ecuación	Resumen del modelo					Estimaciones de parámetro			
	R cuadrado	F	df1	df2	Sig.	Constante	b1	b2	b3
Lineal	.93012	146.411	1	11	.000	45.459	-3.508		
Cuadrático	.99516	1027.246	2	10	.000	51.612	-6.864	.280	
Cúbico	.99894	2832.459	3	9	.000	53.000	-8.611	.658	-.021
Exponencial	.99953	23213.994	1	11	.000	51.826	-.152		

La variable independiente es Pendiente de la vía (%).

Fuente: Adaptación propia, Antapaccay, 2016.

Adicionalmente, El siguiente gráfico de regresión curvilínea muestra la expresión matemática (ecuación) que define la correlación entre el ratio de consumo de combustible y la pendiente de la vía, en este caso el modelo más ajustado es el Exponencial, tal como se aprecia en la *Ilustración 66*.

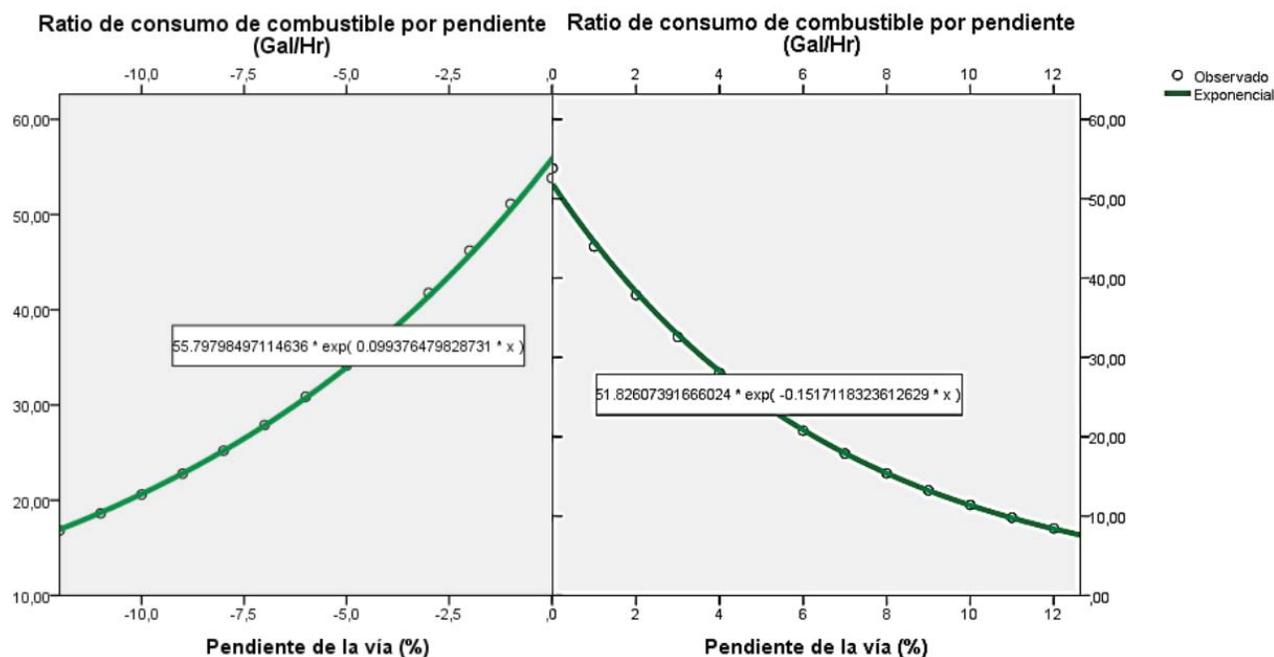


Ilustración 66. Gráfico de estimación curvilínea del ratio de consumo de combustible y pendiente de la vía para los camiones CAT 797F.

Fuente: Adaptación propia, Antapaccay, 2016.

Los resultados obtenidos de la estimación curvilínea permitieron determinar la curva más ajustada al ratio de consumo de combustible de los camiones CAT 797F (vacío), el cual está en función de la pendiente de la vía y cuya ecuación más ajustada a la curva real es la Ecuación Exponencial.

Modelo matemático (Ecuación) del ratio de consumo de combustible de los camiones (vacíos) en una vía de pendiente negativa:

$$Y = 55.798 + e^{(0.099*X)}$$

Modelo matemático (Ecuación) del ratio de consumo de combustible de los camiones (vacíos) en una vía de pendiente positiva:

$$Y = 51.826 + e^{(-0.152*X)}$$

Dónde:

Y: Ratio de consumo de combustible (Gal/h).      X: Pendiente de la vía (%).

- **Análisis estadístico de regresión y estimación curvilínea para los camiones CAT 797F (Cargados).**

La siguiente tabla resumen de modelo y estimaciones de parámetros para el ratio de consumo de combustible en cuesta arriba y cuesta abajo, muestra que el modelo Cubico tiene un valor de  $R^2$  más cercano a uno, el cual es igual a 0.99831 (*Tabla 38*) y 0.99926 (*Tabla 39*), lo que significa que el 99.831% y 99.926% de las predicciones del modelo son correctas.

*Tabla 38. Tabla resumen de modelo y estimaciones de parámetro para el ratio de consumo de combustible en una vía de pendiente negativa.*

Resumen de modelo y estimaciones de parámetro									
Variable dependiente: Ratio de consumo de combustible por pendiente (Gal/h)									
Ecuación	Resumen del modelo					Estimaciones de parámetro			
	R cuadrado	F	df1	df2	Sig.	Constante	b1	b2	b3
Lineal	.98244	615.555	1	11	.000	53.814	2.141		
Cuadrático	.99667	1494.372	2	10	.000	55.522	3.073	.078	
Cúbico	.99831	1776.946	3	9	.000	56.066	3.757	.226	.008
Exponencial	.99753	4450.714	1	11	.000	55.020	.052		

La variable independiente es Pendiente de la vía (%).

Fuente: Adaptación propia, Antapaccay, 2016.

Tabla 39. Tabla resumen de modelo y estimaciones de parámetro para el ratio de consumo de combustible en una vía de pendiente positiva.

Resumen de modelo y estimaciones de parámetro									
Variable dependiente: Ratio de consumo de combustible por pendiente (Gal/h)									
Ecuación	Resumen del modelo					Estimaciones de parámetro			
	R cuadrado	F	df1	df2	Sig.	Constante	b1	b2	b3
Lineal	.98383	669.118	1	11	.000	54.910	-3.123		
Cuadrático	.99915	5894.054	2	10	.000	57.496	-4.534	.118	
Cúbico	.99926	4055.747	3	9	.000	57.292	-4.278	.062	.003
Exponencial	.99921	13994.587	1	11	.000	58.333	-.089		

La variable independiente es Pendiente de la vía (%).

Fuente: Adaptación propia, Antapaccay, 2016.

Adicionalmente, el siguiente gráfico de regresión curvilínea muestra la expresión matemática (ecuación) que define la correlación entre el ratio de consumo de combustible y la pendiente de la vía, en este caso el modelo más ajustado es el Cubico, tal como se aprecia en la *Ilustración 67*.

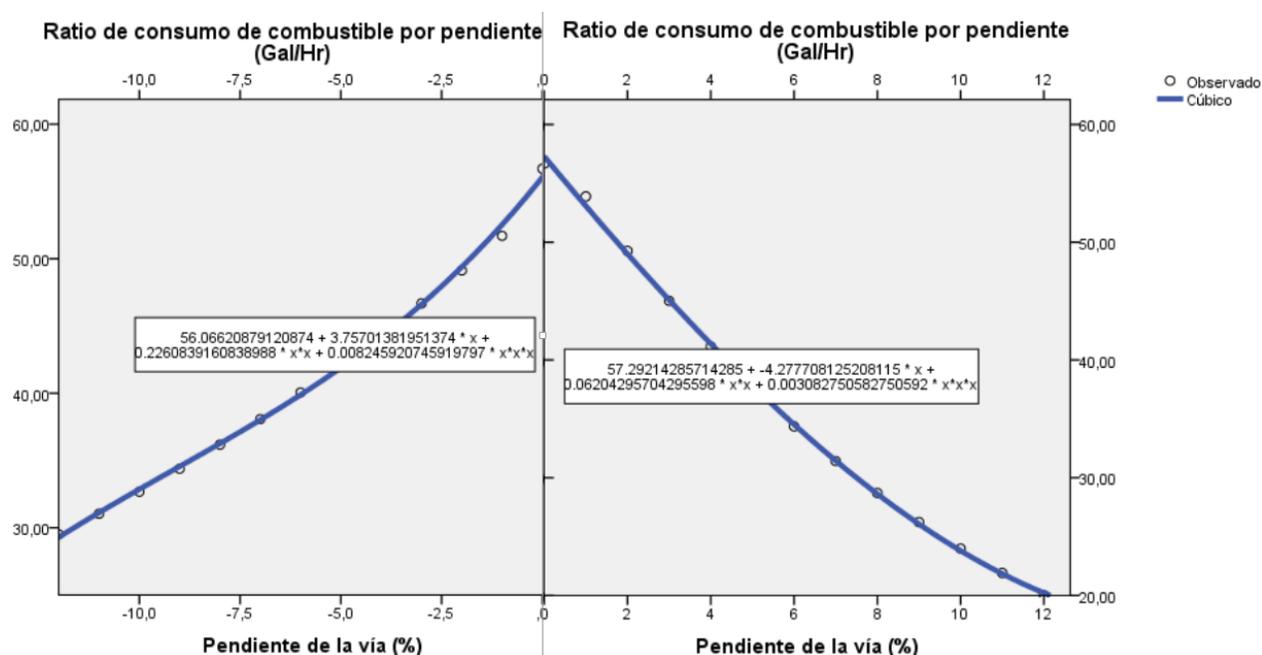


Ilustración 67. Gráfico de estimación curvilínea del ratio de consumo de combustible y pendiente de la vía para los camiones CAT 797F.

Fuente: Adaptación propia, Antapaccay, 2016.

Los resultados obtenidos del análisis del ratio de consumo de combustible para diferentes pendientes de la vía permitieron determinar la curva más ajustada del ratio de consumo de

combustible de los camión CAT 797F (cargado), el cual está en función de la pendiente de la vía y cuya ecuación más ajustada a la curva real es la Ecuación Cubica.

Modelo matemático (Ecuación) del ratio de consumo de combustible de los camiones (vacíos) en una vía de pendiente negativa:

$$Y = 56.066 + 3.757x + 0.226x^2 + 0.008x^3$$

Modelo matemático (Ecuación) del ratio de consumo de combustible de los camiones (vacíos) en una vía de pendiente positiva:

$$Y = 57.292 - 4.278x + 0.062x^2 + 0.003x^3$$

Dónde:

Y: Ratio de consumo de combustible (Gal/h).      X: Pendiente de la vía (%).

Para calcular el ratio de consumo de combustible (Gal/h) de los camiones CAT 797F, solo es necesario reemplazar la pendiente de la vía (X) en la ecuación determinada.

#### 4.7.4.4. **Ratio de consumo de combustible de los camiones KOM 930E para diferentes pendientes de la vía de acarreo.**

El ratio de consumo de combustible para una pendiente determinada de la flota de camiones KOM 930E también está en función de la cantidad de combustible consumido, el tiempo y la distancia de las vías de acarreo; sin embargo durante la recolección de los datos se encontraron algunas dificultades, uno de ellos fue la recolección del nivel de consumo de combustible, debido a que los camiones de esta flota cuentan solamente con un reloj analógico de medición.

El cálculos del consumo de combustible en pendientes fue desarrollado de la misma forma que para la flota de camiones CAT 797F, los cuales fueron obtenidos del seguimiento de las operaciones de la flota de camiones KOM 930E (cargado y vacío) con el fin de recopilar la información necesaria para la determinación de consumo de combustible.

La siguiente tabla muestra el ratio de consumo de combustible de la flota de camiones KOM 930E para diferentes pendientes de la vía de acarreo (*Tabla 40*).

*Tabla 40. Ratio de consumo de combustible de los camiones KOM 930E para diferentes pendientes de la vía de acarreo.*

<b>RATIO DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE DE LOS CAMIONES KOM 930E EN DIFERENTES PENDIENTES DE LA VÍA</b>		
<b>Pendiente (%)</b>	<b>Vacío (Gal/h)</b>	<b>Cargado (Gal/h)</b>
-12	18.90	26.36
-11	20.50	27.88
-10	22.20	29.49
-9	24.00	31.18
-8	26.00	32.98
-7	28.20	34.88
-6	30.50	36.89
-5	33.10	39.01
-4	35.80	41.26
-3	38.80	43.64
-2	42.00	46.15
-1	45.50	48.81
0	47.50	52.67
1	40.50	49.58
2	35.90	45.77
3	31.80	42.25
4	28.20	39.00
5	25.00	36.00
6	22.20	33.23
7	19.70	30.68
8	17.50	28.32
9	15.50	26.14
10	13.70	24.13
11	12.20	22.28
12	10.80	20.57

Fuente: Adaptación propia, Antapaccay, 2016.

Según los resultados mostrados en la tabla anterior se observa que el consumo de combustible varía si el equipo se encuentra cargado o vacío; cuando el equipo se encuentra cargado hace un mayor esfuerzo y por consiguiente hace un mayor consumo de combustible.

El consumo de combustible de los camiones KOM 930E en una vía de pendiente 0% (Superficie llana) es de 47.5 Gal/h (Vacío) y 52.67 Gal/h (Cargado).

#### 4.7.4.4.1. Gráfico de tendencia del ratio de consumo combustible de los camiones KOM 930E en diferentes pendientes de la vía de acarreo

El ratio de consumo de combustible por pendiente de los camiones KOM 930E permite conocer la cantidad de combustible consumido por el camión ya sea cargado o vacío tanto en pendientes positivas, negativas o en superficie llana.

- **Análisis estadístico de regresión y estimación curvilínea para los camiones KOM 930E (Vacíos).**

La siguiente tabla resumen de modelo y estimaciones de parámetros para el ratio de consumo de combustible en cuesta arriba y cuesta abajo, muestra que el modelo Cubico y exponencial tiene un valor de  $R^2$  más cercano a uno, el cual es igual a 0.99925 (Tabla 41) y 0.99955 (Tabla 42), lo que significa que el 99.925% y 99.955% de las predicciones del modelo son correctas.

*Tabla 41. Tabla resumen de modelo y estimaciones de parámetro para el ratio de consumo de combustible en una vía de pendiente negativa.*

Resumen de modelo y estimaciones de parámetro									
Variable dependiente: Ratio de consumo de combustible por pendiente (Gal/h)									
Ecuación	Resumen del modelo					Estimaciones de parámetro			
	R cuadrado	F	df1	df2	Sig.	Constante	b1	b2	b3
Lineal	.98754	872.135	1	11	.000	46.430	2.443		
Cuadrático	.99906	5340.298	2	10	.000	48.180	3.398	.080	
Cúbico	.99925	3996.617	3	9	.000	47.973	3.137	.023	-.003
Exponencial	.99912	12511.488	1	11	.000	48.785	.079		

La variable independiente es Pendiente de la vía (%).

Fuente: Adaptación propia, Antapaccay, 2016.

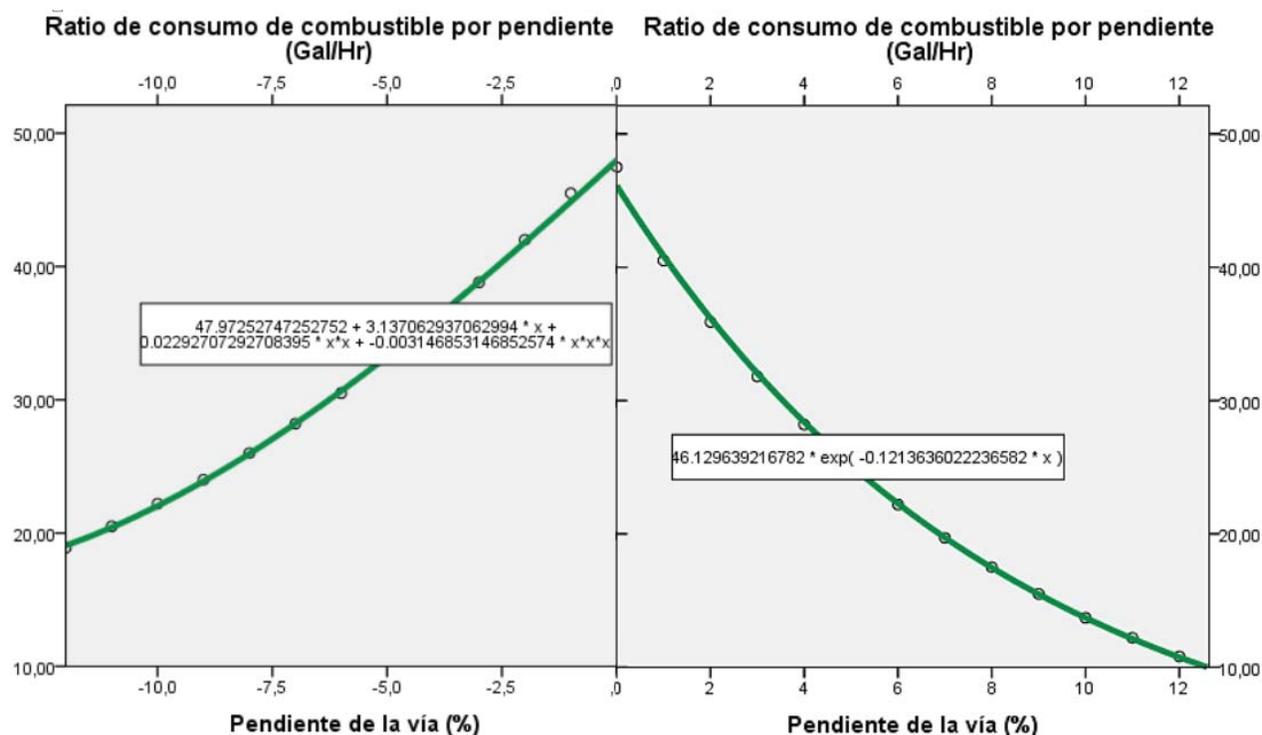
*Tabla 42. Tabla resumen de modelo y estimaciones de parámetro para el ratio de consumo de combustible en una vía de pendiente positiva.*

Resumen de modelo y estimaciones de parámetro									
Variable dependiente: Ratio de consumo de combustible por pendiente (Gal/h)									
Ecuación	Resumen del modelo					Estimaciones de parámetro			
	R cuadrado	F	df1	df2	Sig.	Constante	b1	b2	b3
Lineal	.95297	222.879	1	11	.000	41.998	-2.891		
Cuadrático	.99724	1807.837	2	10	.000	46.131	-5.145	.188	
Cúbico	.99936	4705.104	3	9	.000	46.977	-6.209	.419	-.013
Exponencial	.99955	24565.296	1	11	.000	46.130	-.121		

La variable independiente es Pendiente de la vía (%).

Fuente: Adaptación propia, Antapaccay, 2016.

Adicionalmente, el siguiente gráfico de regresión curvilínea muestra la expresión matemática (ecuación) que define la correlación entre el ratio de consumo de combustible y la pendiente de la vía, en este caso los modelos más ajustados fueron el Cubico (pendiente positiva) y el Exponencial (pendiente negativa), tal como se aprecia en la *Ilustración 68*.



*Ilustración 68. Gráfico de estimación curvilínea del ratio de consumo de combustible y pendiente de la vía para los camiones KOM 930E.*

Fuente: Adaptación propia, Antapaccay, 2016.

Los resultados obtenidos del análisis del ratio de consumo de combustible para diferentes pendientes de la vía permitieron determinar la curva más próxima al consumo de combustible del camión KOM 930E (vacío), el cual está en función de la pendiente de la vía y cuya ecuación más ajustada a la curva real es la ecuación Cubica y Exponencial.

Modelo matemático (Ecuación) del ratio de consumo de combustible de los camiones (vacíos) en una vía de pendiente negativa:

$$Y = 47.973 + 3.137x + 0.023x^2 + 0.003x^3$$

Modelo matemático (Ecuación) del ratio de consumo de combustible de los camiones (vacíos) en una vía de pendiente positiva:

$$Y = 46.130 + e^{(-0.121*X)}$$

Dónde:

Y: Ratio de consumo de combustible (Gal/h).      X: Pendiente de la vía (%).

• **Análisis estadístico de regresión y estimación curvilínea para los camiones KOM 930E (Cargados)**

La siguiente tabla resumen de modelo y estimaciones de parámetros para el ratio de consumo de combustible en cuesta arriba y cuesta abajo, muestra que el modelo Cubico tiene un valor de  $R^2$  más cercano a uno, el cual es igual a 0.99941 (Tabla 43) y 0.99980 (Tabla 44), lo que significa que el 99.941% y 99.980% de las predicciones del modelo son correctas.

*Tabla 43. Tabla resumen de modelo y estimaciones de parámetro para el ratio de consumo de combustible en una vía de pendiente negativa.*

Resumen de modelo y estimaciones de parámetro									
Variable dependiente: Ratio de consumo de combustible por pendiente (Gal/Hr)									
Ecuación	Resumen del modelo					Estimaciones de parámetro			
	R cuadrado	F	df1	df2	Sig.	Constante	b1	b2	b3
Lineal	.98722	849.674	1	11	.000	50.536	2.117		
Cuadrático	.99855	3433.288	2	10	.000	52.041	2.938	.068	
Cúbico	.99941	5109.131	3	9	.000	52.430	3.428	.175	.006
Exponencial	.99888	9850.943	1	11	.000	51.884	.056		

La variable independiente es Pendiente de la vía (%).

Fuente: Adaptación propia, Antapaccay, 2016.

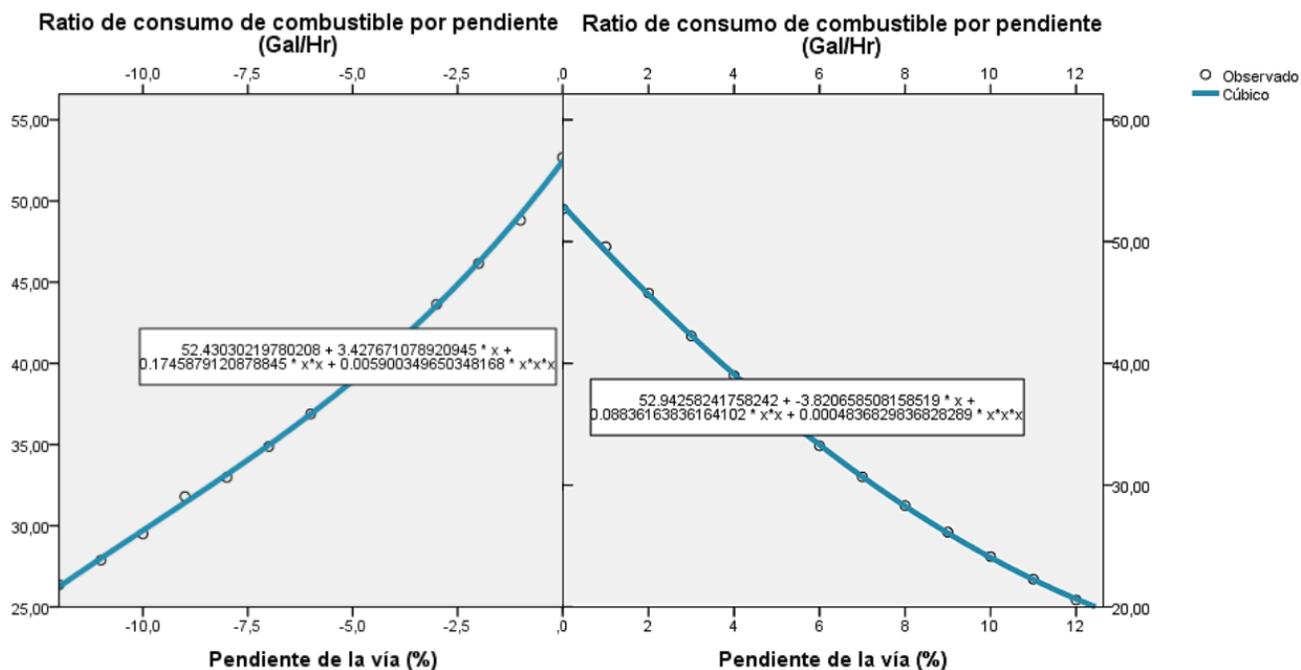
*Tabla 44. Tabla resumen de modelo y estimaciones de parámetro para el ratio de consumo de combustible en una vía de pendiente positiva.*

Resumen de modelo y estimaciones de parámetro									
Variable dependiente: Ratio de consumo de combustible por pendiente (Gal/Hr)									
Ecuación	Resumen del modelo					Estimaciones de parámetro			
	R cuadrado	F	df1	df2	Sig.	Constante	b1	b2	b3
Lineal	.98574	760.192	1	11	.000	50.839	-2.696		
Cuadrático	.99979	24102.095	2	10	.000	52.975	-3.861	.097	
Cúbico	.99980	14716.014	3	9	.000	52.943	-3.821	.088	.000
Exponencial	.99976	45738.707	1	11	.000	53.420	-.079		

La variable independiente es Pendiente de la vía (%).

Fuente: Adaptación propia, Antapaccay, 2016.

Adicionalmente, el siguiente gráfico de regresión curvilínea muestra la expresión matemática (ecuación) que define la correlación entre el ratio de consumo de combustible y la pendiente de la vía, en este caso, el modelo más ajustados fue el Cubico tal como se aprecia en la *Ilustración 69*.



*Ilustración 69. Gráfico de estimación curvilínea del ratio de consumo de combustible y pendiente de la vía para los camiones KOM 930E*

Fuente: Adaptación propia, Antapaccay, 2016.

Los resultados obtenidos del análisis del ratio de consumo de combustible para diferentes pendientes de la vía, permitieron determinar la curva más próxima al ratio de consumo de combustible de los camiones KOM 930E (vacíos), el cual está en función de la pendiente de la vía y cuya ecuación más ajustada a la curva real es la ecuación Cubica.

Modelo matemático (Ecuación) del ratio de consumo de combustible de los camiones (vacíos) en una vía de pendiente negativa:

$$Y = 52.430 + 3.428x + 0.175x^2 + 0.006x^3$$

Modelo matemático (Ecuación) del ratio de consumo de combustible de los camiones (vacíos) en una vía de pendiente positiva:

$$Y = 52.943 - 3.821x + 0.088x^2 + 0.001x^3$$

Dónde:

Y: Ratio de consumo de combustible (Gal/h).      X: Pendiente de la vía (%).

#### 4.7.4.5. Observaciones en el cálculo de ratio de consumo de combustible en pendiente de los camiones

Los camiones KOM 830E no cuentan con un medidor de combustible de buena precisión y esto género que los cálculos realizados en estas flotas de camiones sean aproximados debido a que no se sabía con exactitud el consumo de combustible en pendiente de estas flotas de equipos.

Por otro lado el medidor digital de combustible de los camiones CAT 793D solo registra el porcentaje de nivel de combustible con números enteros (*Ilustración 70*) lo que dificulta identificar la variación de nivel de combustible en tramos cortos como es el caso de las rampas.

Por las razones explicadas líneas arriba no se realizaron el cálculo del ratio de consumo de combustible para los camiones KOM 830E Y CAT793D en diferentes pendientes de la vía.



*Ilustración 70. Fotografía del medidor de combustible del camión CAT 793D.*

Fuente: Operaciones mina, Antapaccay, 2016.

#### 4.7.4.6. Resultados del Modelo y Estimación de los parámetros del ratio de consumo de combustible de los camiones

De acuerdo al análisis de regresión curvilínea los modelos más ajustado del ratio de consumo de combustible para los camiones CAT 797F y KOM 930E, en función de la pendiente de vía se muestran en la *Tabla 45*, Dónde “Y” es ratio de consumo de combustible y “X” pendiente de la vía.

*Tabla 45. Resultados del ratio de consumo de combustible de los camiones en diferentes pendientes de la vía de acarreo*

<i>Camión</i>	<i>Pendiente (%)</i>	<i>Ratio de consumo de combustible de los camiones vacíos (Gal/h)</i>	<i>Ratio de consumo de combustible de los camiones cargados (Gal/h)</i>
<i>CAT 797F</i>	<i>Negativa</i>	$Y = 55.798 + e^{(0.099 \cdot X)}$	$Y = 56.066 + 3.757x + 0.226x^2 + 0.008x^3$
	<i>Positiva</i>	$Y = 51.826 + e^{(-0.152 \cdot X)}$	$Y = 57.292 - 4.278x + 0.062x^2 + 0.003x^3$
<i>KOM 930E</i>	<i>Negativa</i>	$Y = 47.973 + 3.137x + 0.023x^2 + 0.003x^3$	$Y = 46.130 + e^{(-0.121 \cdot X)}$
	<i>Positiva</i>	$Y = 52.430 + 3.428x + 0.175x^2 + 0.006x^3$	$Y = 52.943 - 3.821x + 0.088x^2 + 0.001x^3$

Fuente: Operaciones mina, Antapaccay, 2016.

Los resultados de los ratios de consumo de combustible en pendientes de la flota CAT 797F y KOM 930E fueron utilizados para configurar los ratios preexistentes en el módulo de información de nivel de combustible del sistema Dispatch.

## **CAPÍTULO V**

### **ANÁLISIS DE RESULTADOS**

#### **5.1. Construcción del módulo de información de nivel de combustible**

Para realizar el cálculo del modelo matemático se tuvo que trabajar conjuntamente con el personal del Intellmine quien es proveedor del sistema Dispatch en la empresa minera Antapaccay. Los técnicos del sistema Dispatch fueron los encargados de realizar las modificaciones respectivas en el proceso de cálculo del consumo de combustible de los camiones en el sistema Dispatch.

El sistema Dispatch cuenta con una programación lineal que se encarga de calcular el consumo de combustible de los camiones, este cálculo se basa en el ratio de consumo de combustible del camión y en la frecuencia con la cual el camión se dirige a grifo para cargar combustible, estos datos son llenados inicialmente por el despachador al momento de crear la plataforma para cada equipo con el fin de trabajar con el sistema Dispatch.

#### **5.2. Programación y Creación del módulo de información mediante la herramienta C Sharp de Microsoft**

##### **5.2.1. Algoritmos de programación**

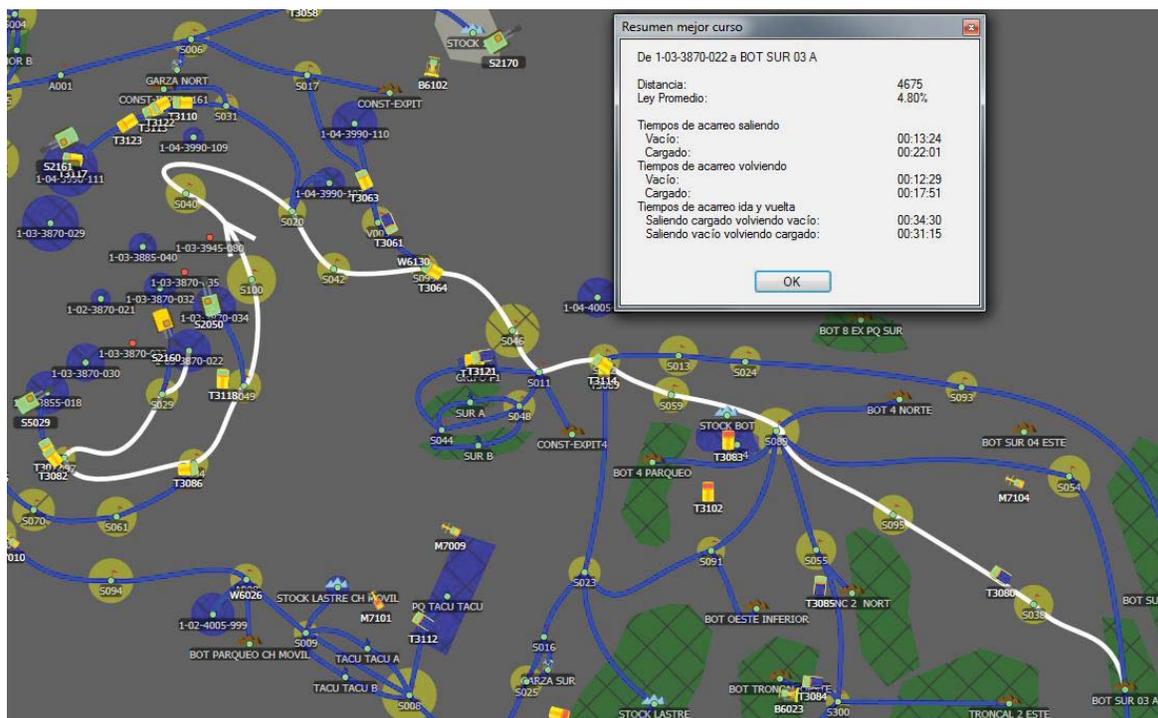
Los algoritmos de programación son las herramientas del sistema Dispatch que permiten desarrollar y crear utilidades para llevar un mejor control de las características y propiedades de los equipos de acarreo. Adicionalmente, el cálculo del consumo de combustible en tiempo real en el Sistema Dispatch requirió de modificaciones necesarias en la programación lineal y la programación dinámica.

Por último, para el desarrollo de este proyecto de investigación fue necesario realizar la configuración de la programación lineal de la asignación de camiones a grifo debido a que este presentaba errores en la asignación de camiones a grifo, generando así cola de camiones.

### 5.2.1.1. Mejor Ruta

La Mejor Ruta es aquella opción que permite mostrar el principal trayecto para el equipo de acarreo (*Ilustración 71*), este trayecto, generalmente es la ruta más corta, y la que genera menor consumo de combustible y desgaste de los neumáticos. Para el desarrollo de este proyecto de investigación fue necesario crear y actualizar las rutas de acarreo en el Mine Graphic con la información brindada por el área de planeamiento mina. Una vez actualizada y creada las rutas de acarreo se procedió a establecer la dirección de estas, los cuales fueron de subida, de bajada o de doble sentido.

Posterior a la creación de las rutas de acarreo se procedió a colocar balizas de control en las intersecciones de estas vías con el objetivo de identificar el tráfico que pasa por ellos. Finalmente, en base a estas rutas creadas el programa se encargó de establecer la mejor ruta de acarreo y calcular de consumo de combustible.



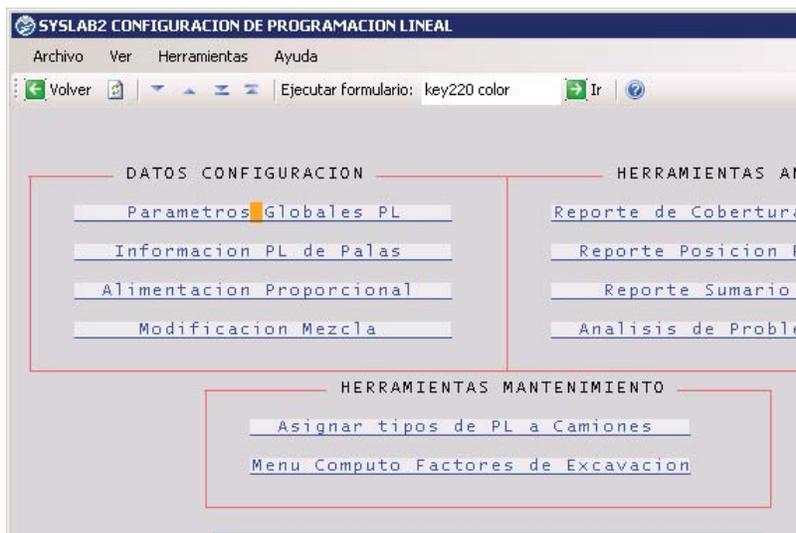
*Ilustración 71. Mejor ruta de recorrido para el equipo de acarreo, Antapaccay (2016).*

Fuente: Operaciones mina, Antapaccay, 2016.

### 5.2.1.2. Programación lineal

El módulo de configuración de programación lineal (*Ilustración 72*) permite configurar la forma en que el modelo de *Programación Lineal* (PL) del sistema crea circuitos de producción de acarreo

y tasas de alimentación en los circuitos. Consecuentemente, este brinda una mayor flexibilidad para satisfacer los requisitos de producción únicos de la mina. El módulo también provee herramientas de PL de análisis y de mantenimiento, y además le permite forzar un re-cálculo de PL.



*Ilustración 72. Menú Principal de Configuración de Programación Lineal..*

Fuente: Dispatch\_6.3\_Help\_System, Modular Minig System, Inc., 2016.

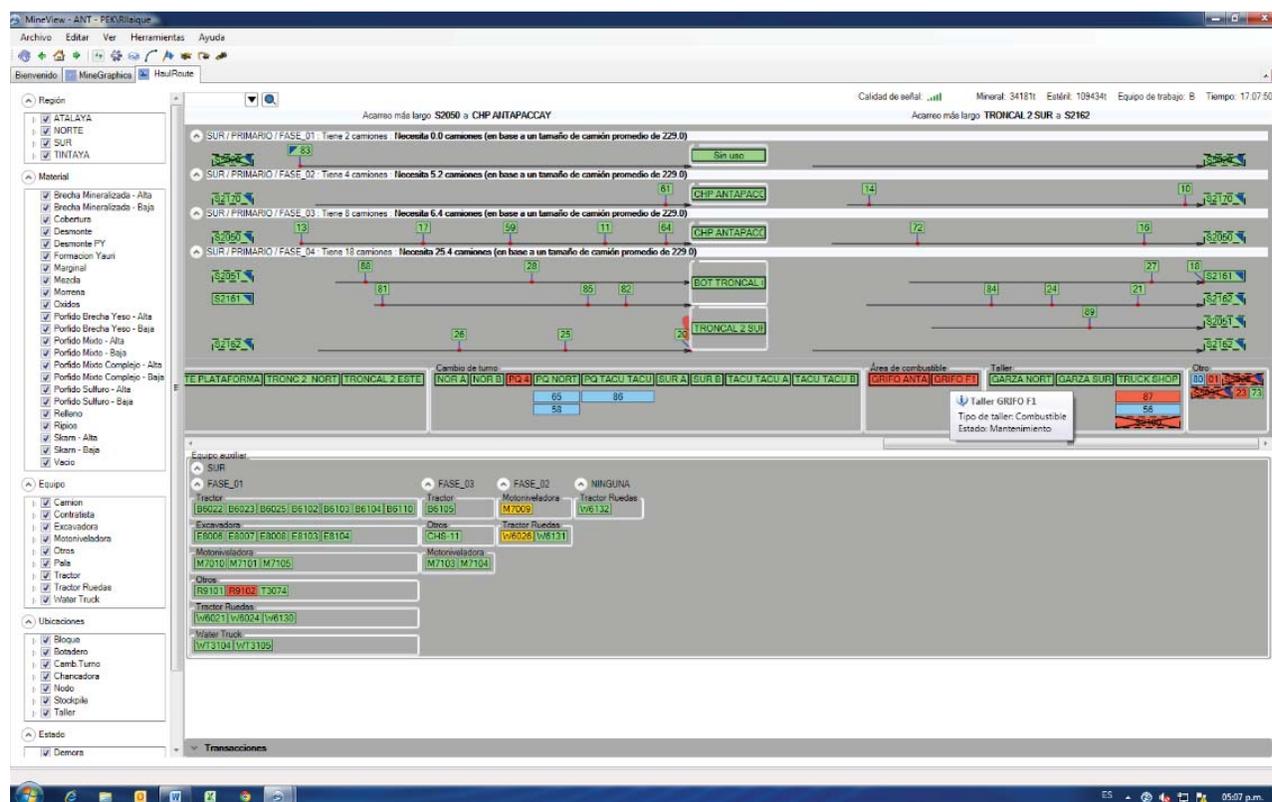
### 5.2.1.3. Programación dinámica

La programación dinámica es la herramienta que se encarga de realizar la asignación de los camiones hacia los grifos, esta asignación está basada en la programación lineal y en la disponibilidad del equipo, la asignación dinámica de camiones a agrifo inicia un vez que se habilita la opción del grifo en el Haul Route del sistema Dispatch. El proceso de asignación es realizado en base de la disponibilidad del grifo y el nivel de combustible del equipo; en el caso de los camiones de la empresa minera Antapaccay, el porcentaje mínimo de combustible admisible es el 25% de la capacidad del tanque del equipo.

El modelo PD intenta llevar a cabo, en tiempo real, los circuitos de producción en la solución de PL teórica. Esto lo hace mediante la asignación de camiones por las rutas especificadas, con el fin de alcanzar las tasas de alimentación de las rutas. Los circuitos de producción en la solución de PL permanecen en efecto y le permiten al modelo de PD optimizar las asignaciones de camiones hasta que ocurra un cambio en las condiciones; el cual puede ser la asignación de un camión a grifo; En ese momento, la PL calcula otra solución de PL para dar cuenta de los cambios en las

condiciones. La PL también calcula una nueva solución PL en intervalos definidos por el usuario, para dar cuenta de los cambios. Después del abastecimiento de combustible de un equipo de acarreo, el despachador también, en cualquier momento durante el turno, puede obligar a la PL a calcular una nueva solución, usando la opción de Forzar Recálculo de PL desde el módulo de Configuración de la Programación Lineal.

Para monitorear los circuitos de producción en la solución PL actual, DISPATCH incluye la ventana Ruta de PL. Esta pantalla de gráficas en líneas de color muestra las rutas de PL, cargadas y vacías, para cada circuito de producción. También muestra, entre otras cosas, las posiciones actuales de los camiones viajando por las rutas de PL, pero no muestra los camiones que se encuentran abasteciendo combustible hasta que el operador solicite ser asignado (*Ilustración 73*).



*Ilustración 73. pantalla de gráficas de PL para cada circuito de producción.*

Fuente: Dispatch\_6.3\_Help\_System, Modular Minig System, Inc., 2016.

#### **5.2.1.4. Programación del módulo de información mediante la herramienta C Sharp de Microsoft**

C# (pronunciado si Sharp en inglés) es un lenguaje de programación orientado a objetos desarrollado y estandarizado por Microsoft como parte de su plataforma NET, que después fue aprobado como un estándar por la ECMA (ECMA-334) e ISO (ISO/IEC 23270). C# es uno de los lenguajes de programación diseñados para la infraestructura de lenguaje común.

Su sintaxis básica deriva de C/C++ y utiliza el modelo de objetos de la plataforma .NET, similar al de Java, aunque incluye mejoras derivadas de otros lenguajes.

Microsoft.NET es el conjunto de nuevas tecnologías en las que Microsoft ha estado trabajando durante los últimos años con el objetivo de obtener una plataforma sencilla y potente para distribuir el software en forma de servicios que puedan ser suministrados remotamente y que puedan comunicarse y combinarse unos con otros de manera totalmente independiente de la plataforma, lenguaje de programación y modelo de componentes con los que hayan sido desarrollados. Ésta es la llamada plataforma .NET, y a los servicios antes comentados se les denomina servicios Web.

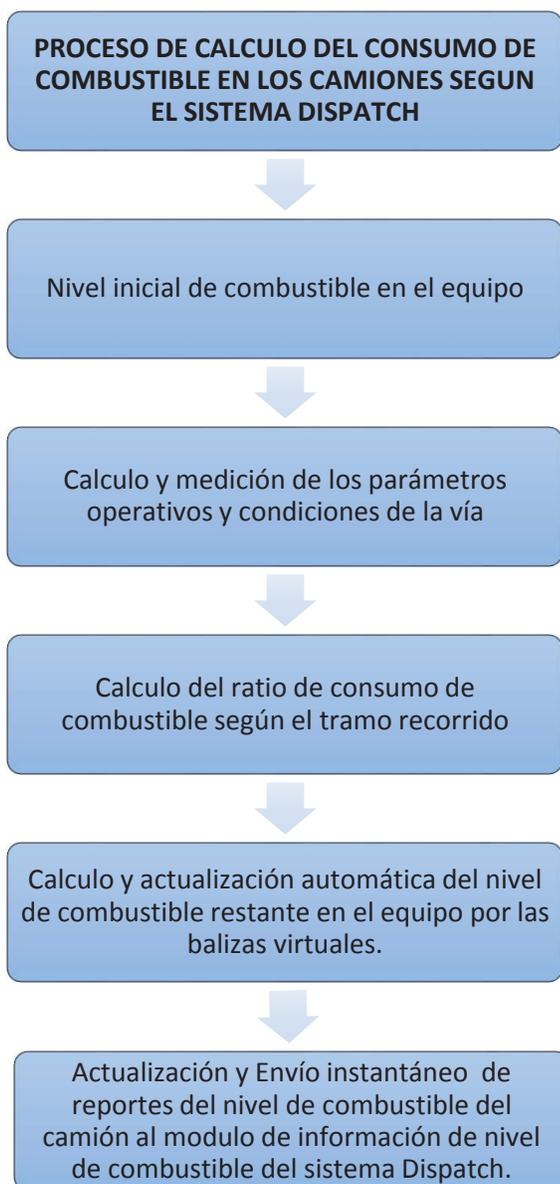
El *anexo 8* muestra la infraestructura del Código de simulación del módulo de información de nivel de combustible, el cual fue codificado y programado en base a los resultados obtenidos de los estudio de los camiones para calcular el consumo de combustible de los camiones en tiempo real.

#### **5.2.2. Proceso de cálculo del consumo de combustible de los camiones mediante el módulo de información de nivel de combustible**

El proceso de cálculo es muy sencillo debido a la existencia de un modelo matemático que se encarga de calcular el consumo de combustible del camión en función a la cantidad inicial de combustible, el cual se va reduciendo en función del ratio de consumo de combustible y las características de la rutas de acarreo (*Plano PP-01*); este proceso de cálculo de consumo de combustible (*Ilustración 74*) es muy sencillo y se va registrando periódicamente mediante las balizas de control los cuales se encargan de modificar y actualizar los ratios de consumo de combustible en el módulo de información del sistema Dispatch. Además, es necesario mencionar que el algoritmo matemático usado para el cálculo del consumo de combustible utiliza el periodo de abastecimiento de combustible y la cantidad de combustible que se va agregando. La secuencia a seguir para el cálculo de nivel de combustible de los camiones depende del ratio de consumo de

combustible para diferentes condiciones operativas, los cuales pueden ser vías con pendientes positivas o negativas, así como equipos cargados o vacíos. Seguidamente, el ratio obtenido del consumo de combustible es alimentado al modelo matemático ya existente en el sistema Dispatch, con la finalidad de conocer el nivel de combustible del camión en tiempo real.

Adicionalmente, los datos alimentados a la base de datos de la programación lineal de este programa, serán utilizados para aquellos equipos recientemente adquiridos debido a que en la realidad el consumo de combustible es diferente al existente en el manual del fabricante (OEM).



*Ilustración 74. Proceso de calculo de consumo de combustible por el sistema Dispatch.*

Fuente: Adaptación propia, 2016.

### 5.3. Cálculo de la cantidad de combustible consumido por el camión

El sistema Dispatch utiliza una serie de herramientas para el proceso de cálculo del consumo de combustible de los quipos de acarreo. Adicionalmente, existen especificaciones técnicas de consumo que provee el fabricante de los equipos, las cuales son rangos de consumo en galones por hora cuya variación se sustenta en las condiciones de terreno, accesos a frentes de carguío y condiciones de vías.

Para la aplicación de este proyecto de investigación fue necesario que el personal encargado del sistema Dispatch haga las correcciones y modificaciones de los datos existentes en la programación lineal por datos nuevos que han sido calculados y determinados mediante los análisis estadísticos.

Los datos que se alimentaron al Dispatch fueron los siguientes:

- Nivel inicial de combustible del camión.
- Cantidad de combustible abastecido en grifo.
- Características de operación.
- Características de la vía de acarreo.
- Ratio de consumo de combustible (Gal/h), etc.

#### 5.3.1. Cálculo del consumo de combustible para el camión CAT 797F

El objetivo de esta sección es conocer el proceso de cálculo realizado por el módulo de información de nivel de combustible en tiempo real. A continuación, se muestra el proceso de cálculo correspondiente al camión CAT 797F (T3101), en el recorrido realizado entre la pala S2162 hacia el Botadero Troncal Sur (*Plano PB-01*), el cual estuvo dividido en 9 tramos, cada con diferentes parámetros operativos.

Para el caso del Tramo 1, el proceso de cálculo de consumo de combustible (Gal/Hr) del camión T3101 requirió del uso de las siguientes variables.

- Nivel inicial de combustible : 80 %
- Peso bruto del vehículo (GVW) : 623690 Kg
- Consumo de combustible específico del motor (SFC) : 0.213 – 0.268 Kg/kw.hr
- Factor de carga del motor de acuerdo a Filas,2002 (LF) : 75% (0.75)
- Densidad del combustible (FD) : 0.85 Kg/L

- Aceleración de la gravedad (g) : 9.8 m/s
- Factor de conversión de litro a galones : 1L = 0.2641720512 gal
- Velocidad del camión (S) : 6.54 m/s
- Resistencia a la rodadura (RR) : 5%
- Resistencia por pendiente (GR) : 3.24%
- Distancia de recorrido (D) : 513.4365 m
- Tiempo de viaje del camión (t) : 0.0218 Hr
- Factor de consumo de combustible (F) : 1

Inicialmente, el cálculo de consumo de combustible necesitó del cálculo previo de la potencia (P) del camión mediante la ecuación (8).

- $P = \frac{1}{3.6} * GVW * (RR \pm GR) * g * S$
- $P = \frac{1}{3.6} * 623690 \text{ kg} * (0.05 + 0.0324) * 9.8 \text{ m/s}^2 * 6.54 \text{ m/s}$
- $P = 914949.9036 \text{ W}$
- $P = 914.9499 \text{ KW}$

Seguidamente, el cálculo del consumo de combustible del camión (FC) requirió de reemplazar el SFC, FD, LF y P en la ecuación (2), sin olvidar el factor de consumo de combustible (F).

$$FC = \frac{SFC}{FD} * (LF * P) * F$$

$$FC = \frac{0.268}{0.85} * (LF * P) * F$$

$$FC = 0.3 * 0.75 * P * 1$$

$$FC = 0.225 * 914.9499$$

$$FC = 205.8637 \text{ L/h}$$

*Conversión del consumo de combustible en galones/hora.*

$$FC = 205.8637 \text{ L/h} * 0.264172 \text{ Gal/L}$$

$$FC = 54.3839 \text{ Gal/h}$$

Finalmente, el consumo de combustible en el tramo 1 fue.

$$FC_{TR1} = 54.3839 \text{ Gal/h} * 0.0218 \text{ h}$$

$$FC_{TR1} = 1.1856 \text{ Gal}$$

Luego de realizar el cálculo de consumo de combustible en el tramo 1, se procedió a realizar el proceso de cálculo de los 8 tramos restantes (*Plano PB-02*), cuyos resultados se muestran en la *Tabla 46*. Es necesario recalcar que estos resultados fueron calculados por el módulo de información de nivel de combustible de los camiones en el sistema Dispatch.

*Tabla 46. Resumen de datos operativos y resultados del consumo de combustible de los camiones en el Modulo de información de nivel de combustible en el sistema Dispatch*

Datos de la ruta Pala S2162 – Botadero										
Tramo	Distancia recorrida (m)	Tiempo (h)		Velocidad (m/s)		RR (%)	GR (%)	F	FC (Gal)	
		cargado	vacío	cargado	vacío				cargado	vacío
Tramo 1B	513.4365	0.0218	0.0164	6.54	8.70	5	3.24	1	<b>1.1856</b>	0.4169
Tramo 2B	319.5095	0.0172	0.0107	5.16	8.26	3	8.97	1	<b>1.0721</b>	0.3751
Tramo 3B	689.8872	0.0369	0.0232	5.19	8.27	1.5	8.84	1	<b>1.9984</b>	0.7035
Tramo 4B	520.8603	0.0289	0.0176	5.00	8.20	1.5	9.64	1	<b>1.6245</b>	0.5701
Tramo 5B	362.8424	0.0174	0.0119	5.79	8.46	3	6.34	1	<b>0.9496</b>	0.3334
Tramo 6B	285.9502	0.0111	0.0089	7.15	8.90	3	0.7	1	<b>0.2963</b>	0.1039
Tramo 7B	170.5429	0.0066	0.0053	7.13	8.90	3	0.77	1	<b>0.1790</b>	0.0631
Tramo 8B	439.0816	0.0224	0.0146	5.46	8.35	5	7.75	1	<b>1.5737</b>	0.5512
Tramo 9B	1019.5100	0.0396	0.0318	7.16	8.91	8	0.65	1	<b>2.4751</b>	0.8691
<b>Tramo 1-9</b>	<b>4321.6211</b>	<b>0.2019</b>	<b>0.1404</b>	<b>6.06</b>	<b>8.55</b>	<b>3.67</b>	<b>5.21</b>	<b>1</b>	<b>11.3543</b>	<b>3.9863</b>

Fuente: Adaptacion propia, 2016.

En la tabla anterior se puede observar el consumo de combustible (FC) del camión en el recorrido de la pala S2162 hacia el Botadero Troncal Sur (9 tramos), el cual permitió hallar el consumo total de combustible.

$$FC_{TR1-TR9} = FC_{TR1} + FC_{TR2} + FC_{TR3} + FC_{TR4} + FC_{TR5} + FC_{TR6} + FC_{TR7} + FC_{TR8} + FC_{TR9}$$

$$FC_{TR1-TR9} = 1.1856 + 1.0721 + 1.9984 + 1.6245 + 0.9496 + 0.2963 + 0.1790 + 1.5737 + 2.4751$$

$$FC_{TR1-TR9} = 11.3543 \text{ Gal}$$

Se puede observar que el consumo de combustible del camión T3101 en el recorrido de la pala S2160 hacia el Botadero Troncal Sur es de 11.3543 Gal, el cual expresado en Porcentaje es:

$$FC_{TR1-TR9} = 11.3543 \text{ Gal} * \frac{100}{2000} (\%)$$

$$FC_{TR1-TR9} = 0.5677 \%$$

Finalmente, este resultado obtenido permite conocer el nivel real de combustible del camión al finalizar su recorrido, es decir, el camión al llegar al botadero tendrá un nivel de combustible de 79.43% de la capacidad total del tanque del equipo.

### 5.3.2. Cálculo del consumo de combustible para el camión KOMATSU 930E

El objetivo de esta sección es conocer el proceso de cálculo realizado por el módulo de información de nivel de combustible en tiempo real. El siguiente cálculo corresponde al camión KOM 930E (T3111), en el recorrido de la pala S2160 la Chancadora Primaria (*Plano PCH-01*), el cual estuvo dividido en 7 tramos cada uno con diferentes parámetros operativos.

A continuación se muestra el proceso de cálculo del consumo de combustible (Gal/Hr) del camión T3111 (Komatsu 930E) en el tramo 1, el cual requirió del uso de las siguientes variables.

- Nivel inicial de combustible : 70 %
- Peso bruto del vehículo (GVW) : 501974 Kg
- Consumo de combustible específico del motor (SFC) : 0.213 – 0.268 Kg/kw.hr
- Factor de carga del motor de acuerdo a Filas,2002 (LF) : 75% (0.75)
- Densidad del combustible (FD) : 0.85 Kg/L
- Aceleración de la gravedad (g) : 9.8 m/s
- Factor de conversión de litro a galones : 1L = 0.2641720512 gal
- Velocidad del camión (S) : 4.6219 m/s
- Resistencia a la rodadura (RR) : 5%
- Resistencia por pendiente (GR) : 3.24%
- Distancia de recorrido (D) : 513.4365 m
- Tiempo de viaje del camión (t) : 0.0309 Hr
- Factor de consumo de combustible (F) : 1

Inicialmente, el cálculo del consumo de combustible requirió del cálculo previo de la potencia (P) del camión mediante la ecuación (8).

$$P = \frac{1}{3.6} * GVW * (RR \pm GR) * g * S$$

$$P = \frac{1}{3.6} * 501974 \text{ kg} * (0.05 + 0.0324) * 9.8 \text{ m/s}^2 * 4.62 \text{ m/s}$$

$$P = 520\,204.3571 \text{ W}$$

$$P = 520.2044 \text{ KW}$$

Seguidamente, el cálculo del consumo de combustible del camión (FC) necesito reemplazar el SFC, FD, LF y P en la ecuación (2), sin olvidar el factor de consumo de combustible (F).

$$FC = \frac{SFC}{FD} * (LF * P) * F$$

$$FC = \frac{0.268}{0.85} * (LF * P) * F$$

$$FC = 0.3 * 0.75 * P * 1$$

$$FC = 0.225 * 520.2044$$

$$FC = 117.0460 \text{ L/h}$$

*Conversión del consumo de combustible en galones/hora.*

$$FC = 117.0460 \text{ L/h} * 0.264172 \text{ Gal/L}$$

$$FC = 30.9203 \text{ Gal/h}$$

Finalmente, se logró calcular el consumo de combustible en el tramo 1.

$$FC_{TR1} = 54.3839 \text{ Gal/h} * 0.0309 \text{ h}$$

$$FC_{TR1} = 0.9554 \text{ Gal}$$

El cálculo completo del consumo de combustible de los 7 tramos (*Plano PCH-02*) se visualiza en la *Tabla 47*, los cuales fueron calculados por el módulo de información de nivel de combustible de los camiones en el sistema Dispatch.

Tabla 47. Resumen de datos operativos y resultados del consumo de combustible de los camiones en el Modulo de información de nivel de combustible del sistema Dispatch

Datos de la ruta Pala S2160 – Chancadora primaria										
Tramo	Distancia recorrida (m)	Tiempo (Hr)		Velocidad (m/s)		RR (%)	GR (%)	F	FC (Gal)	
		cargado	vacío	cargado	vacío				cargado	vacío
Tramo 1CH	513.4365	0.0309	0.0096	4.62	14.80	5	3.24	1	0.9554	0.3997
Tramo 2CH	406.1319	0.0445	0.0121	2.54	9.36	3	6.80	1	0.8980	0.3760
Tramo 3CH	860.8976	0.0842	0.0226	2.84	10.57	1.5	7.02	1	1.6549	0.6929
Tramo 4CH	889.6003	0.0653	0.0189	3.78	13.05	3	5.07	1	1.6197	0.6782
Tramo 5CH	429.2213	0.0215	0.0068	5.55	17.63	4	-3.03	1	0.6808	0.2851
Tramo 6CH	541.3842	0.0375	0.0106	4.01	14.13	1.5	5.63	1	0.8709	0.3647
Tramo 7CH	135.9312	0.0026	0.0009	14.47	43.45	1.5	1.68	1	0.0975	0.0408
<b>Tramo 1-7</b>	<b>3776.603</b>	<b>0.2865</b>	<b>0.0815</b>	<b>5.40</b>	<b>17.57</b>	<b>2.79</b>	<b>4.64</b>	<b>1</b>	<b>6.8663</b>	<b>2.8374</b>

Fuente: Adaptacion propia, 2016.

En la tabla anterior se puede observar el consumo de combustible (FC) del camión en el recorrido de la pala S2160 hacia Chancadora primaria. (7 tramos), el cual permitió hallar el consumo total de combustible.

$$FC_{TR1-TR7} = FC_{TR1} + FC_{TR2} + FC_{TR3} + FC_{TR4} + FC_{TR5} + FC_{TR6} + FC_{TR7}$$

$$FC_{TR1-TR7} = 0.9554 + 0.8980 + 1.6549 + 1.6197 + 0.6808 + 0.8709 + 0.0975$$

$$FC_{TR1-TR7} = 6.8663 \text{ Gal}$$

Se puede observar que el consumo de combustible del camión T3111 en el recorrido de la pala S2162 hacia la Chancadora Primaria es de 6.8663 Gal, el cual expresado en Porcentaje es:

$$FC_{TR1-TR9} = 6.8663 \text{ Gal} * \frac{100}{1400} (\%)$$

$$FC_{TR1-TR9} = 0.4905\%$$

Finalmente, este resultado obtenido permite conocer el nivel real de combustible del camión al finalizar su recorrido, es decir, el camión al llegar a la Chancadora Primaria tendrá un nivel de combustible de 69.51% de la capacidad total del tanque del equipo.

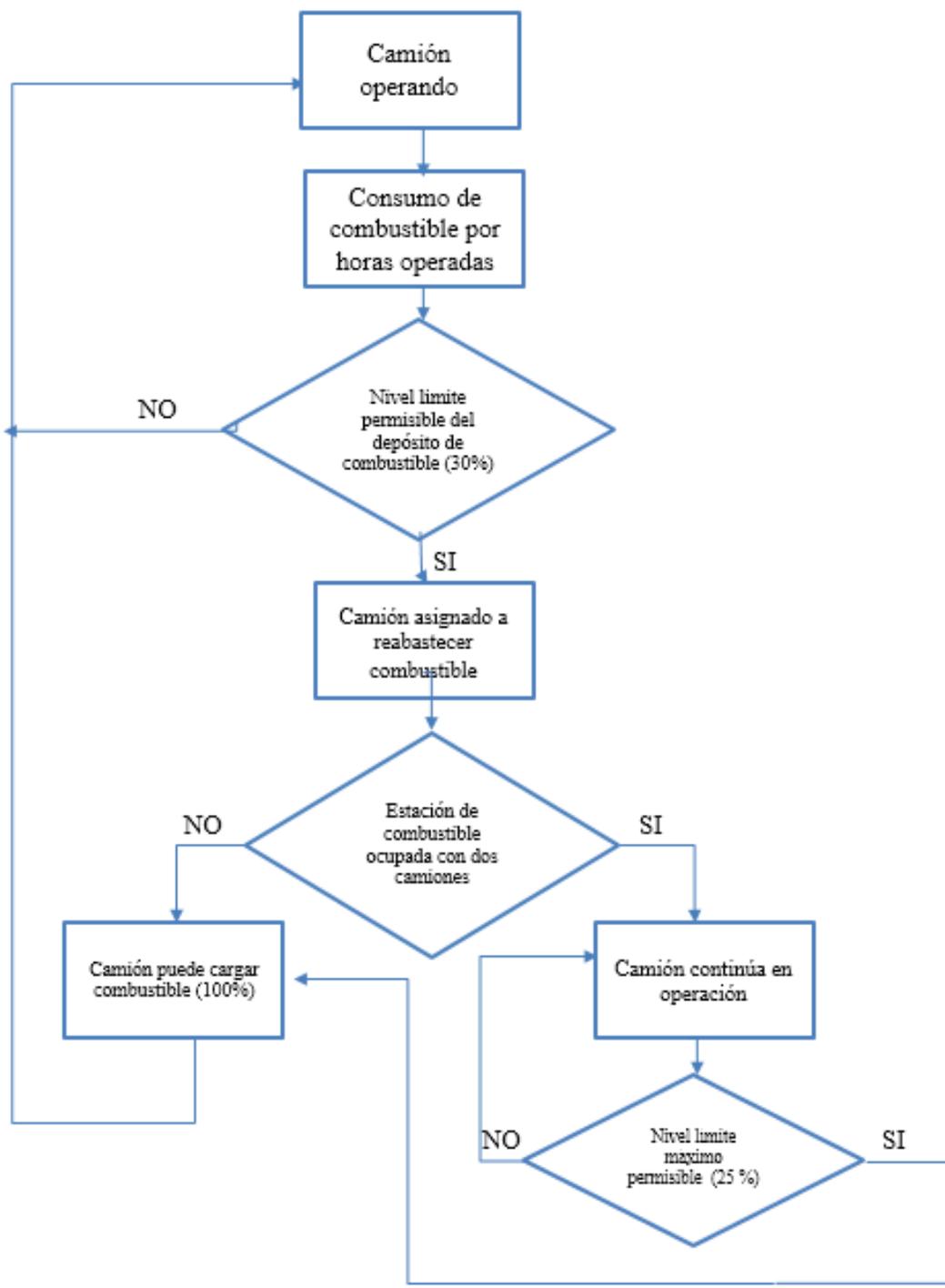
### 5.3.3. Diagrama de flujo del abastecimiento de combustible en grifo

El diagrama de flujo del abastecimiento de combustible (*Ilustración 81*) es una representación gráfica de la secuencia de etapas, operaciones, movimientos, esperas, decisiones y otros eventos que ocurren en este proceso.

En base a los datos obtenidos durante el estudio de los camiones, se diseñó un programa que se pueda implementar e incluir como parte integral en los Módulos de Servicio con el fin de mejorar el control del consumo de combustible y realizar una asignación eficiente de los camiones a la estación de servicio.

La asignación de los camiones a grifo depende de la cantidad real de combustible remanente en el equipo (nivel de combustible restante), el cual varía con el ritmo de trabajo de este. Cuando el nivel de combustible de un camión cae por debajo del nivel mínimo establecido (30%), dicho camión podrá ser asignado a reabastecerse de combustible, siempre y cuando este haya descargado en quebradora y/o vaciadero y dependiendo de la disponibilidad del grifo, caso contrario continuará con su ciclo de trabajo hasta que el nivel de combustible restante sea cercano o igual al 25 % donde el camión obligatoriamente será asignado a la estación de servicio sin importar que este se encuentre ocupado.

Una vez que el camión haya abastecido de combustible, el sistema registrará el nivel de combustible de ese camión como lleno (100%).



*Ilustración 75. Diagrama de flujo del abastecimiento de combustible.*

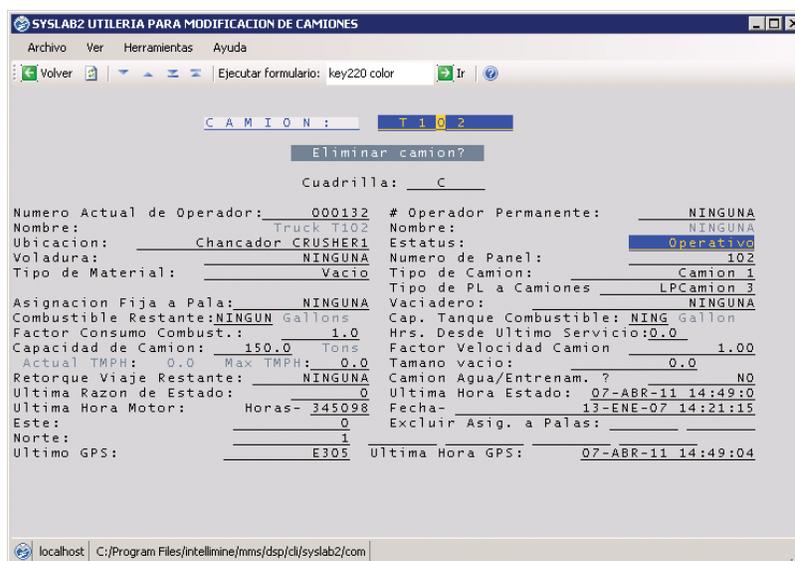
Fuente: Elaboración propia, 2016.

#### 5.4. Utilería para modificaciones de camiones (ModCamión)

En el presente trabajo de investigación la utilería ModCamión (*Ilustración 76*), fue utilizada para agregar y eliminar camiones de acarreo al sistema Dispatch, además este permitió desplegar y cambiar la información de los camiones de acarreo.

La adición de nueva información de los camiones de acarreo a la base de datos, ocurre solo cuando se agrega un nuevo equipo a la operación. Así mismo esta utilería permite eliminar camiones de acarreo cuando la mina los remueve de la operación. Cuando se agrega un camión de acarreo, el sistema Dispatch instantáneamente toma al camión como elegible para las asignaciones una vez que el camión cambia su estado a Operativo. Un camión agregado aparece en los reportes del sistema, sin importar que este Operativo o no. Esto le permite inmediatamente comenzar a rastrear su actividad.

Agregar un camión de acarreo es crucial para el funcionamiento óptimo del sistema DISPATCH. Eliminar un camión removido permanentemente no es tan crucial. Un camión de acarreo removido de la operación minera normalmente tiene un estado En Mantenición o En Reserva. De modo que DISPATCH no considerará el camión cuando genere asignaciones, sin importar que se remueva el camión o no. Sin embargo, es muy importante eliminar un camión removido lo más pronto posible de modo que no aparezca innecesariamente en los reportes de sistema.



*Ilustración 76. Utilería ModCamión, Sistema Dispatch, Anatapacay (2016).*

Fuente: Dispatch, Modular Minig System, Inc., 2016.

### **5.4.1. Datos de la Utilería de ModCamión**

La Utilería ModCamión contiene los siguientes datos que son necesarios para la asignación de los camiones a grifo:

#### **5.4.1.1. Combustible restante**

El combustible restante es la cantidad de combustible que le queda al camión (galones, litros u horas de operación). Los camiones recientemente creados por defecto muestran la capacidad del tanque de combustible.

Un camión es elegible para una asignación de combustible si el combustible en el estanque cae por debajo de un límite predefinido (30 % del tanque de combustible), y si hay un número inferior a los camiones permitidos en el taller de combustible o en camino hacia éste. Si estas condiciones se cumplen, DISPATCH asigna al camión al taller de combustible una vez que el camión descarga y solicita una asignación.

#### **5.4.1.2. Factor consumo combustible**

Por defecto, Dispatch calcula el consumo de combustible para un camión basándose en la tasa de consumo de combustible del tipo de flota del camión configurado en el archivo `dispmod_fueling.frm`. Sin embargo, el operador de despacho puede cambiar la tasa de consumo de combustible para un camión en particular usando el campo de Factor Consumo de combustible. Esto le permite hacer ajustes por las diferencias en la eficiencia de combustible entre los camiones, tales como camiones con motores mal afinados versus camiones con motores nuevos.

El campo acepta un número de 0.0 a 4.0. Cuando un camión se configura en 1, el sistema considera que el factor de consumo de combustible del camión es igual que el factor para la flota. Cuando un camión se configura en menos de 1, el sistema considera que el factor de consumo de combustible del camión es inferior al factor para la flota. Cuando un camión se configura en más de 1, el sistema considera que el factor de consumo de combustible del camión es superior al factor para la flota.

#### **5.4.1.3. Opción de registro de combustible del sistema Dispatch**

Esta opción de registro de combustible es utilizada para desplegar, crear, cambiar y eliminar registros de combustible.

### 5.4.1.3.1. Registro de Combustible

Cuando un camión de acarreo termina de abastecerse de combustible, el operador del camión ingresa los datos de combustible en la consola gráfica de color (CGC). Dispatch luego crea un registro de combustible.

Cada registro de combustible (*Ilustración 77*) incluye información estándar de abastecimiento de combustible, tales como unidad e identificación (ID), inicio y final del abastecimiento de combustible y duración.

Estos datos pueden incluir la cantidad de combustible diésel que se recibió, la cantidad de combustible diésel que se esperaba que se colocará y cualquier cantidad adicional de refrigerante, aceite de motor, aceite de diferencial, aceite de la transmisión y otros.

UNIDAD	ID	INICIO	FINAL	DURACION	Diesel	Expected D	Coolant	Engine Oil	Diff Oil	Trans Oil	other	Elim?
Shovel	L200	13:36:22	13:36:22	00:00:00	100	0	0	0	0	0	0	
Grader	GR1100	13:37:00	13:00:00	00:00:00	0	0	0	0	0	0	0	
Water Truck	WT2000	14:46:08	14:55:08	00:00:00	100	0	0	0	0	0	0	
Water Truck	WT2000	15:30:37	15:30:37	00:00:00	200	0	0	0	0	0	0	
Water Truck	WT2000	16:10:32	16:10:32	00:00:00	100	0	0	0	0	0	0	

*Ilustración 77. Ejemplo de Registros de Combustible.*

Fuente: Dispatch, Modular Minig System, Inc., 2016.

**Importante:** Es necesario crear manualmente los registros de combustible para equipos que no están equipados con consolas gráficas. Esto puede incluir camiones de agua, buldóceres, traíllas y otros equipos.

Cuando un camión llega automáticamente a una estación de servicio, Dispatch reposiciona el nivel del depósito de combustible del camión a la capacidad del estanque. La programación del servicio de combustible luego se basa en el consumo de combustible del camión durante las horas de operación (horas en estados Operativo y Demora). Dispatch actualiza el consumo de combustible de horas-operación después de cada segmento del ciclo (acarreo cargado, acarreo vacío, demora y en espera) basándose en las tasas de consumo.

Dispatch asume que el consumo de combustible de los camiones con estados Mantenimiento, En reserva y Cambio de turno son nulos, puesto que el camión invariablemente está apagado.

Un camión es elegible para una asignación de combustible si:

- El combustible en el estanque cae por debajo de un límite predefinido (Para el caso de los equipos de la mina Antapaccay el límite crítico es de 25% de la capacidad del tanque de combustible y el límite mínimo de nivel de combustible es de 30% )
- Existe un número inferior al número de camiones permitidos a estar en el taller de combustible, o en camino a éste (Un camión como máximo).

Si estas condiciones se cumplen, Dispatch asigna al camión al taller de combustible una vez que el camión descarga y solicita una asignación.

#### 5.4.1.3.2. Despliegado de registros de combustible

Para desplegar los registros de combustible es necesario abrir el menú de Utilidades de Modificación de la Base de Datos de Turno y el Registro de Combustible en la ventana de la utilería, para seguidamente abrir la ventana de Registro de Combustible de Turno donde se selecciona el turno (*Ilustración 78*).



*Ilustración 78. Registro de comsbutible de un Turno.*

Fuente: Dispatch, Modular Minig System, Inc., 2016.

### 5.4.1.3.3. Ordenamiento de los Registros de Combustible

Usted puede usar el menú de “Ordenar Por” para ordenar los registros por la hora inicial de carga de combustible (por defecto) o por ID del equipo.

### 5.4.1.3.4. Búsqueda de los Registros de Combustible

La función de búsqueda permite desplazarse a un registro de combustible que contiene una hora inicial de abastecimiento de combustible o ID de equipo.

### 5.4.1.3.5. Creación de los Registros de Combustible

Para crear un registro de combustible para un equipo se tiene que ir a la ventana del menú de Utilidades de Modificación de la Base de Datos de Turno, para abrir el Registro de Combustible, donde aparecerá la ventana de la utilería de registro de combustible de turno para elegir el turno y el equipo que fue abastecido de combustible según la lista de códigos de tipos de unidad (*Ilustración 79*).

UNIDAD	ID	INICIO	FINAL	DURACION	Diesel	Expected D	Coolant	Engine oil	Diff oil	Trans oil	Other	Elim?
Shovel	L200	13:36:22	13:36:22	00:00:00	100	0	0	0	0	0	0	1
Grader	GR1100	13:00:00	13:00:00	00:00:00	0	0	0	0	0	0	0	1
Water Truck	WT2000	14:55:08	14:55:08	00:00:00	100	0	0	0	0	0	0	1
Water Truck	WT2000	15:30:37	15:30:37	00:00:00	200	0	0	0	0	0	0	1
Water Truck	WT2000	16:10:32	16:10:32	00:00:00	100	0	0	0	0	0	0	1

*Ilustración 79. Nuevo Registro de Combustible.*

Fuente: Dispatch, Modular Minig System, Inc., 2016.

### 5.4.1.3.6. Descripciones de los Campos de la Utilidad de Combustible

A continuación se muestra la descripción de cada uno de los datos utilizados en la utilería de combustible (*Tabla 48*).

*Tabla 48. Descripciones de los Campos de la Utilidad de Combustible.*

<b>Unidad</b>	<b>Tipo de equipo, tales como camión, bulldócer, perforadora, niveladora, etc.</b>
<b>ID</b>	Numero de ID de equipo.
<b>Inicio</b>	Hora de inicio del abastecimiento del combustible en hh:mm: ss.
<b>Final</b>	Hora de término del abastecimiento del combustible en hh:mm: ss.
<b>Duración</b>	Tiempo total del abastecimiento de combustible en hh:mm:ss (Calculado automáticamente).
<b>Diésel</b>	Cantidad de Diésel que se colocó en el tanque de combustible.
<b>D esperado [diésel esperado]</b>	Cantidad de diésel requerido para llenar el tanque de combustible, tal como lo calcula la Utilería de Combustible (Capacidad del tanque del menos al nivel actual de combustible).
<b>Refrigerante</b>	Cantidad de refrigerante agregada al sistema de enfriamiento.
<b>Aceite de motor</b>	Cantidad de aceite agregada al motor.
<b>Aceite de diferencial</b>	Cantidad de aceite agregada al diferencial.
<b>Aceite de transmisión</b>	Cantidad de fluido agregado a la transmisión.
<b>Otros</b>	Cantidad de aceite agregada al diferencial.
<b>Elim?</b>	Aviso para eliminar el registro.

Fuente: Dispatch, Modular Minig System, Inc., 2016.

#### **5.4.1.3.7. Modificación de Registros de Combustible**

En la opción de modificación de registro de combustible se puede cambiar todos los datos en un registro de combustible, excepto la duración.

#### **5.4.1.3.8. Eliminación de Registros de Combustible**

Para eliminar un registro de combustible en el menú de Utilidades de Modificación de la Base de Datos de Turno, se tendrá que abrir el Registro de Combustible y seleccionar la fecha del turno del registro de combustible de un equipo en específico que se desea eliminar.

### **5.5. Implementación del módulo de información de nivel de combustible**

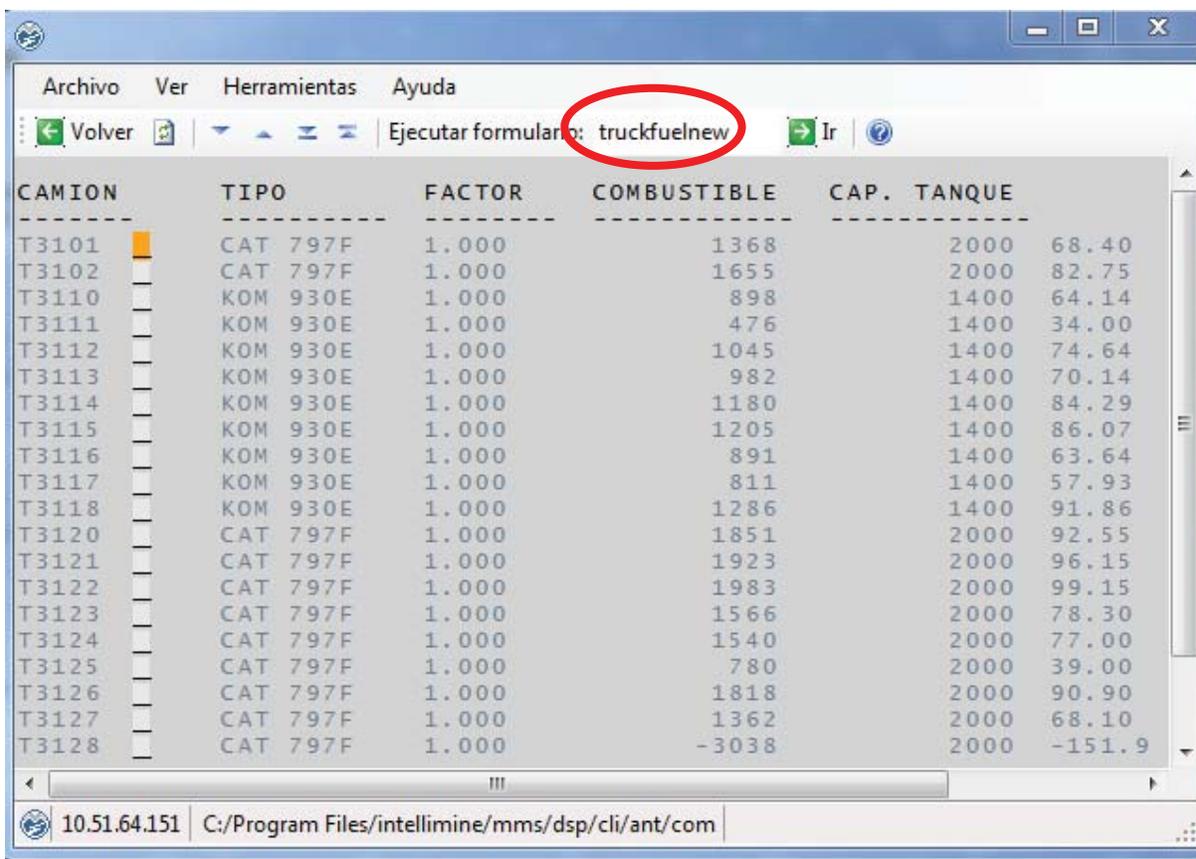
La implementación de esta herramienta dentro del sistema Dispatch admite modificar y visualizar de forma independiente el nivel de combustible de cada camión; Adicionalmente, la pantalla del módulo de información de nivel de combustible permite verificar las diferentes características operacionales y el desarrollo de un mejor control y administración de las operaciones mineras.

El módulo de información de nivel de combustible es utilizado para el mejor control de nivel de combustible y optimizar la asignación de los camiones a los grifos, Adicionalmente, es necesario mencionar que esta utilidad del sistema Dispatch permite visualizar el nivel de combustible de los camiones en tiempo real.

El **FormView** es una herramienta de ejecución del sistema Dispatch; que ejecutando los formularios **Truckfuelnew** y **Truckfuelnew2** en el campo de ejecución de formularios permite visualizar el nivel de combustible de los camiones por flota según el tipo de formulario ingresado.

- **Truckfuelnew** para camiones CAT 797F y KOM 930E (*Ilustración 80*).
- **Truckfuelnew2** para camiones CAT 793D y KOM 830E (*Ilustración 81*).

Para poder ver el nivel de combustible de los camiones en tiempo real es necesario actualizar las anteriores ventanas (*Truckfuelnew* y *Truckfuelnew2*) constantemente de acuerdo a la necesidad de asignación del despachador.



CAMION	TIPO	FACTOR	COMBUSTIBLE	CAP. TANQUE	
T3101	CAT 797F	1.000	1368	2000	68.40
T3102	CAT 797F	1.000	1655	2000	82.75
T3110	KOM 930E	1.000	898	1400	64.14
T3111	KOM 930E	1.000	476	1400	34.00
T3112	KOM 930E	1.000	1045	1400	74.64
T3113	KOM 930E	1.000	982	1400	70.14
T3114	KOM 930E	1.000	1180	1400	84.29
T3115	KOM 930E	1.000	1205	1400	86.07
T3116	KOM 930E	1.000	891	1400	63.64
T3117	KOM 930E	1.000	811	1400	57.93
T3118	KOM 930E	1.000	1286	1400	91.86
T3120	CAT 797F	1.000	1851	2000	92.55
T3121	CAT 797F	1.000	1923	2000	96.15
T3122	CAT 797F	1.000	1983	2000	99.15
T3123	CAT 797F	1.000	1566	2000	78.30
T3124	CAT 797F	1.000	1540	2000	77.00
T3125	CAT 797F	1.000	780	2000	39.00
T3126	CAT 797F	1.000	1818	2000	90.90
T3127	CAT 797F	1.000	1362	2000	68.10
T3128	CAT 797F	1.000	-3038	2000	-151.9

*Ilustración 80. Pantalla del módulo de información de nivel de combustible (Truckfuelnew).*  
Fuente: Dispatch, Modular Minig System, Inc., 2016.

CAMION	TIPO	FACTOR	COMBUSTIBLE	CAP. TANQUE
T3056	KOM 830EDC	0.800	502	1200 41.83
T3058	KOM 830EDC	0.900	717	1200 59.75
T3059	KOM 830EDC	0.900	1068	1200 89.00
T3061	KOM 830EDC	1.000	448	1200 37.33
T3063	KOM 830EDC	0.900	1170	1200 97.50
T3064	KOM 830EDC	0.900	1144	1200 95.33
T3065	KOM 830EDC	0.800	780	1200 65.00
T3072	KOM 830EAC	0.900	434	1200 36.17
T3073	KOM 830EAC	1.000	1091	1200 90.92
T3080	CAT 793D	1.000	1133	1200 94.42
T3081	CAT 793D	1.000	1194	1200 99.50
T3082	CAT 793D	1.000	967	1200 80.58
T3083	CAT 793D	1.000	861	1200 71.75
T3084	CAT 793D	1.000	1056	1200 88.00
T3085	CAT 793D	1.000	531	1200 44.25
T3086	CAT 793D	1.000	884	1200 73.67
T3087	CAT 793D	1.000	1133	1200 94.42
T3088	CAT 793D	1.000	1177	1200 98.08
T3089	CAT 793D	1.000	1115	1200 92.92
T3090	CAT 793D	1.000	978	1200 81.50

*Ilustración 81. Pantalla del módulo de información de nivel de combustible (Truckfuelnew2).*

Fuente: Dispatch, Modular Minig System, Inc., 2016.

En la parte derecha de ambas pantallas se puede visualizar la capacidad del tanque de combustible y el porcentaje restante de combustible en el equipo. De acuerdo a los porcentajes de combustible restante mostrados se puede verificar que por el momento no existe un camión que necesite ser asignado al grifo debido a que los porcentajes de combustible de los camiones están por encima de lo estandarizado para ser abastecidos.

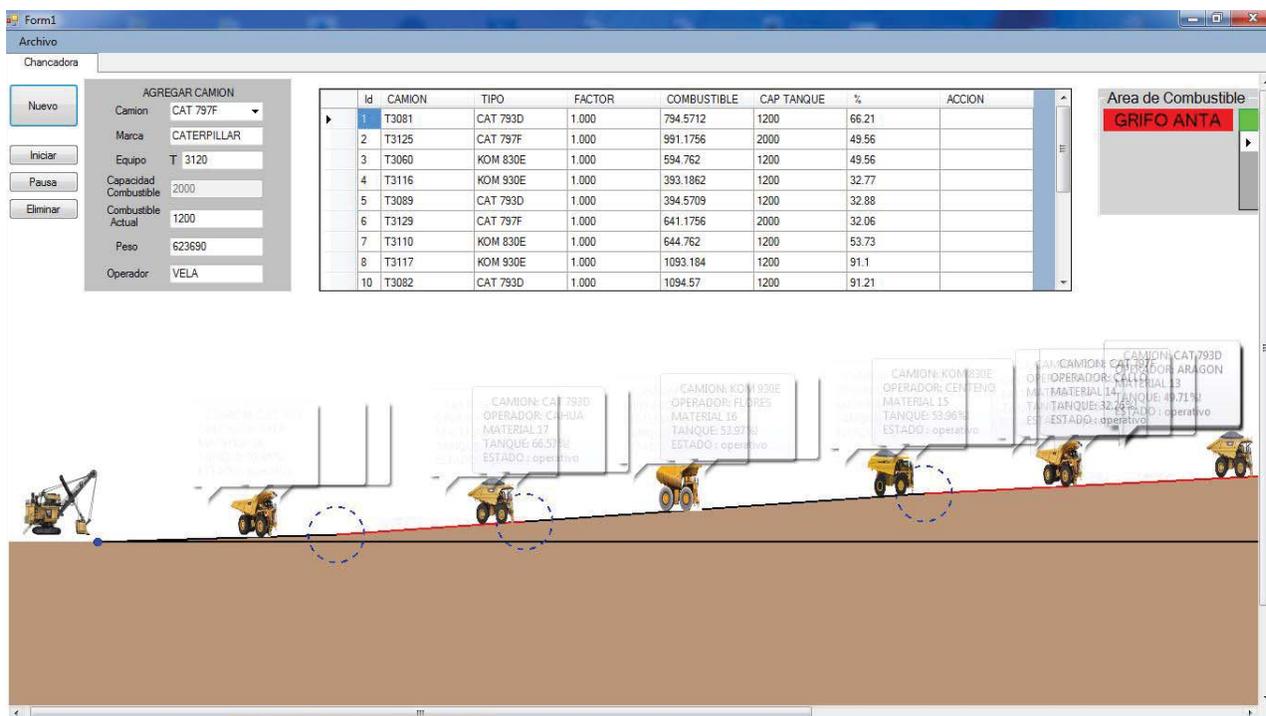
### **5.6. Manejo del módulo de información de nivel de combustible**

En este proyecto de investigación, el sistema Dispatch es un recurso que optimiza la asignación de camiones de acarreo para entregar una productividad más alta e incrementar la eficiencia total de la flota.

En la *Ilustración 82* se puede visualizar que la nueva herramienta del grifo del Haul Route se encuentra en estado operativo, el cual permite a los despachadores conocer el nivel real de

combustible restante en los camiones para realizar la asignación adecuada y prevenir la cola de camiones en la estación de servicio.

El trabajo de esta nueva herramienta de información de nivel e combustible del sistema Dispatch facilita la labor de los despachadores, haciendo que los camiones sean asignados a grifo ordenadamente.



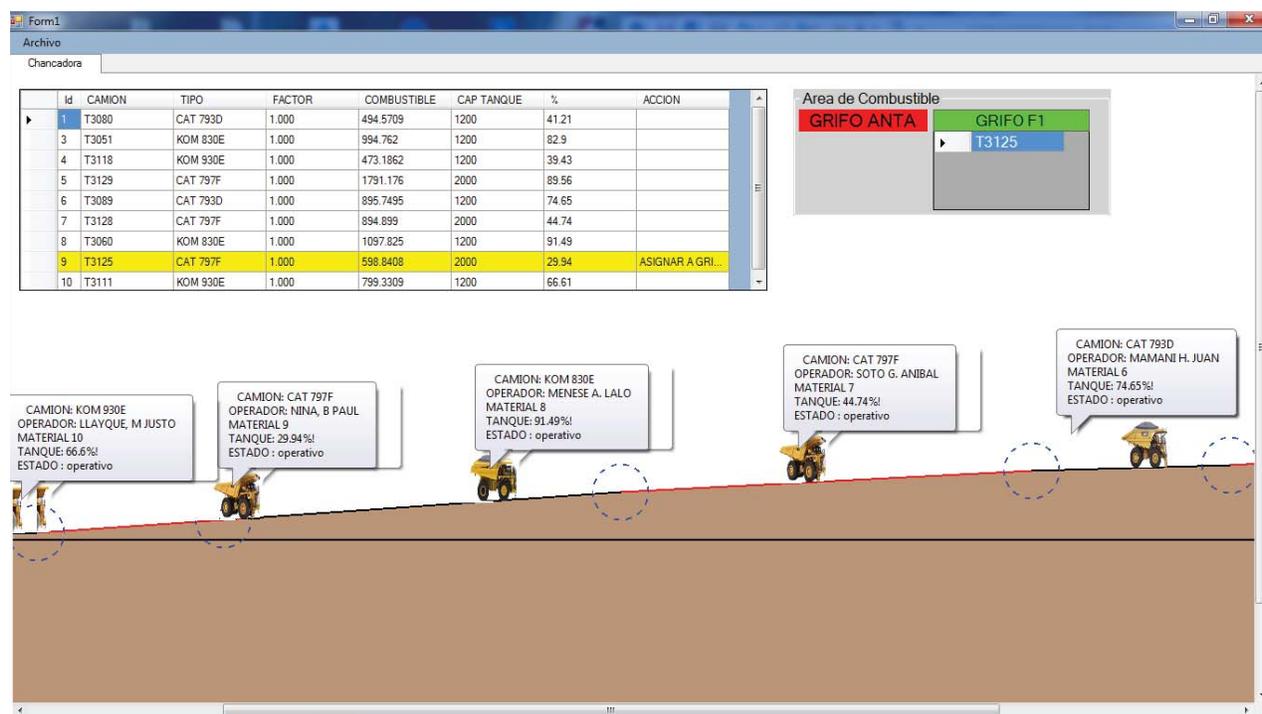
*Ilustración 82. Módulo de información de nivel de combustible del sistema Dispatch®.*  
Fuente: Dispatch, Modular Mining System, Inc., 2016.

### 5.6.1. Asignación de camiones con el módulo de información de nivel de combustible

Para la asignación de los camiones a grifo, fue necesario activar la ventana del módulo de información de nivel de combustible en las computadoras del área de despacho, con el objetivo de realizar y verificar las asignaciones de los camiones. Adicionalmente, la ventana del módulo de información de nivel de combustible permitió que el despachador interactúe con el sistema Dispatch, realizando las siguientes funciones; desplegar, ingresar, cambiar y borrar información con respecto a la asignación de camiones a grifo.

La asignación de camiones a grifo se basó en la cantidad restante de combustible en el tanque del camión (*Ilustración 83*) y funcionó de la siguiente manera; los camiones que tuvieron un tanque combustible menor o igual al 30% adquirieron prioridad de asignación con respecto a los demás camiones, pero los camiones que tuvieron un nivel inferior al 25% de combustible tuvieron una mayor prioridad que los mencionados, por estar en una situación de estado crítico, es por esta razón que estos camiones pasaron directamente a grifo para ser abastecidos.

Finalmente, esta forma de asignación de camiones a grifo es más efectiva debido a que el módulo de información de nivel de combustible hace uso de datos reales de campo, logrando así obtener la cantidad real de combustible restante en el tanque de los camiones. La programación del abastecimiento de camiones durante la guardia permitió evitar la cola de camiones en el grifo para optimizar la producción mina.



*Ilustración 83. Asignación de camiones a grifo mediante el módulo de información de nivel de combustible del sistema Dispatch®.*

Fuente: Dispatch, Modular Minig System, Inc., 2016.

### 5.6.2. Optimización de la asignación de camiones a grifo

La asignación óptima de los camiones a grifo permitió maximizar la productividad y minimizar los costos operativos, y fue gracias a la configuración del modelo de Programación lineal (PL) del sistema Dispatch.

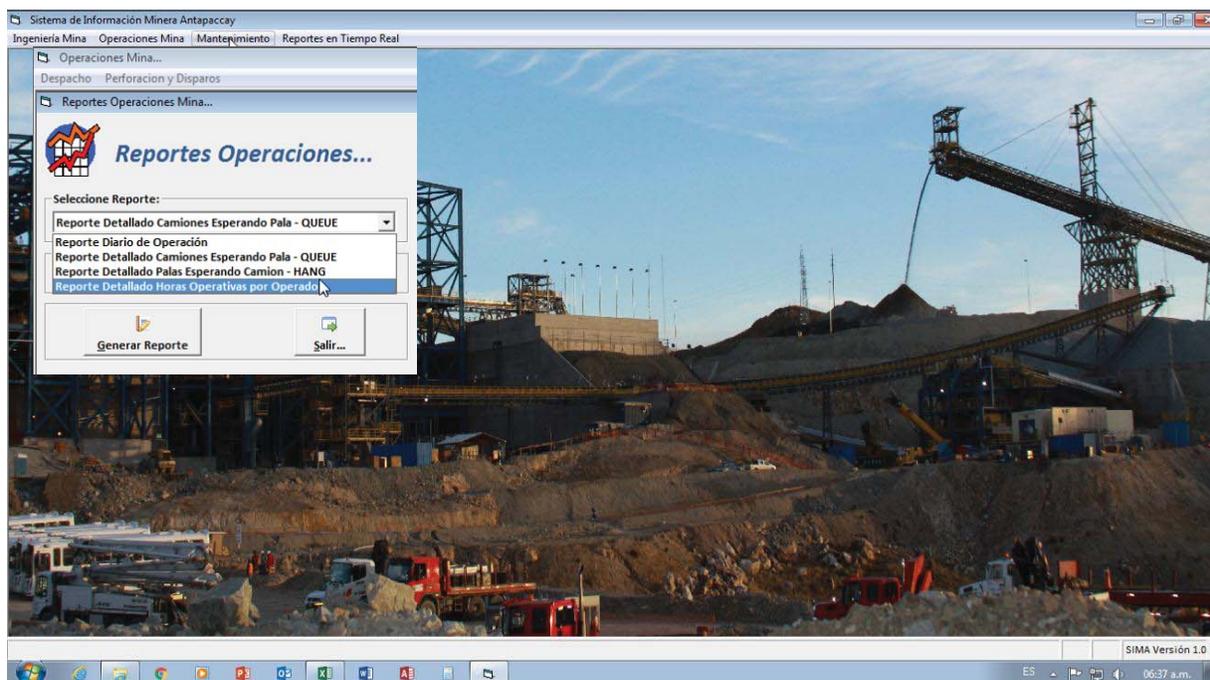
Actualmente en Antapaccay, la asignación de los camiones a grifo es un proceso más sencillo y seguro, debido a las modificaciones en la forma usual de proceder (asignación manual de los camiones a grifo), el cual permitió obtener resultados que están por encima de lo regular y lo esperado; en este sentido, La optimización de la asignación de camiones a grifo permitió lograr una mejor gestión de los recursos en función del objetivo que se consiguió.

## 5.7. Resultados de la implementación del módulo de información del nivel de combustible.

La implementación del módulo de información del nivel de combustible y la activación de la herramienta del grifo dentro del Haul Route permitió que los camiones de la empresa Antapaccay incrementen la productividad de acarreo, mejorando la coordinación con los operadores y minimizando los eventos de reabastecimiento de combustible.

### 5.7.1. Medición de los indicadores de rendimiento

Los indicadores de rendimiento (KPIs) de este proyecto de investigación permitieron definir y medir el rendimiento de la flota de camiones. Los reportes de los indicadores operativos fueron obtenidos directamente del Sistema de Información Minera (MINSa), el cual estuvo delimitada por la fecha y turno (*Ilustración 84*).



*Ilustración 84. Reportes de operaciones mina .*  
Fuente: Sistema de Información Minera Antapaccay, 2016.

Los reportes de los indicadores operativos obtenidos antes de la implementación del módulo (*Anexo 9*) y después de la implementación del módulo (*Anexo 10*), permitieron verificar la mejora de los indicadores de los rendimientos después de la aplicación del módulo de información.

La sección de acarreo del reporte de indicadores operativos obtenido antes y después de la aplicación del módulo de información (*Tabla 49*), muestra claramente la mejora de los indicadores de rendimiento. En este caso el análisis indica que existe una mejora en la disponibilidad, utilización y productividad de los camiones después de la implementación del módulo de información de nivel de combustible.

*Tabla 49. Resultados de los indicadores de rendimiento de los camiones antes y después de la aplicación del módulo de información de combustible.*

<b>CAMIONES</b>	<b>INDICADORES DE RENDIMIENTO</b>							
	<b>ANTES DE LA APLICACIÓN DEL MODULO</b>				<b>DESPUES DE LA APLICACIÓN DEL MODULO</b>			
	<b>DM</b>	<b>UE</b>	<b>(tms/hr)</b>	<b>(tms*km.eq/hr)</b>	<b>DM</b>	<b>UE</b>	<b>(tms/hr)</b>	<b>(tms*km.eq/hr)</b>
	<b>%</b>	<b>%</b>			<b>%</b>	<b>%</b>		
<b>CAT 797F</b>	87.9	84.4	635.5	7,714.4	89.4	84.9	646.5	8,350.6
<b>KOM 930E</b>	88.5	85.5	465.1	4,816.6	89.7	85.4	539.2	4,752.5
<b>KOM 830E</b>	86.1	84.0	382.7	3,149.4	91.3	85.5	444.7	2,922.3
<b>CAT 793D</b>	90.2	84.9	483.1	2,777.3	90.8	86.7	564.0	2,733.9

Fuente: Adaptación propia a partir de los Reportes del sistema Dispatch, Modular Minig System, Inc., 2016.

La *Tabla 50* muestra la cantidad de material movido antes y después de la aplicación del módulo de información de nivel de combustible, el cuál ha sido utilizado para medir y comprobar la mejora del desempeño de las flotas de camiones existentes en el tajo Antapaccay.

*Tabla 50. Resultado del movimiento de material de los camiones antes y después de la aplicación del módulo de información de combustible.*

<b>ITEM</b>	<b>MOVIMIENTO DE MATERIAL</b>			
	<b>ANTES DE LA APLICACIÓN DEL MODULO</b>		<b>DESPUES DE LA APLICACIÓN DEL MODULO</b>	
	<b>tmh</b>	<b>tms</b>	<b>tmh</b>	<b>tms</b>
Movimiento Total	13,687,540	13,099,531	14,062,671	13,434,648
Producción Mina	12,584,802	12,042,806	13,591,998	12,983,303
Sulfuros a Planta	3,169,046	3,037,928	3,407,026	3,266,902
Oxidos a Planta	0	0	0	0
Inpit	59,627	57,168	71,722	69,217

Fuente: Adaptación propia a partir de los Reportes del sistema Dispatch, Modular Minig System, Inc., 2016.

### 5.7.1.1. Mejora de la Disponibilidad Mecánica de los camiones

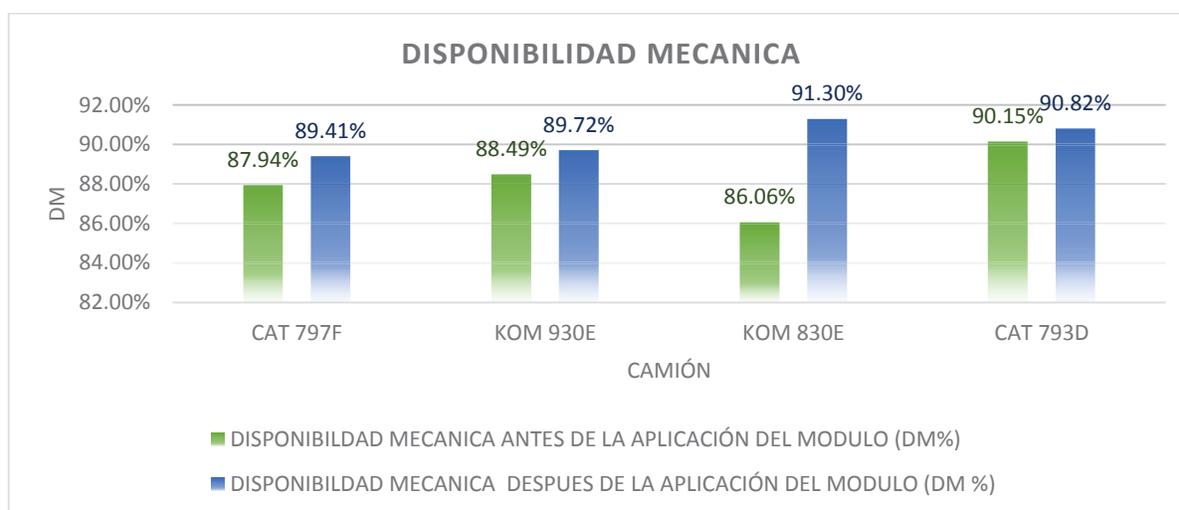
La disponibilidad mecánica de los camiones antes y después de la implementación del módulo de información de nivel de combustible (*Tabla 51*), es el porcentaje de tiempo en que el equipo estuvo físicamente disponible y tuvo un operador asignado. La siguiente tabla muestra claramente la variación del tiempo operativo del camión respecto de la duración total durante la que se hubiese deseado que funcionase. Adicionalmente, se puede observar que existe una variación de 88.16% a 90.31 %, que es igual a un incremento de 2.44%, el cual significa que existe una mayor disponibilidad de los equipos para ser usados.

*Tabla 51. Disponibilidad de los camiones antes y después de la implementación del proyecto de investigación.*

DISPONIBILIDAD MECANICA		
CAMIONES	ANTES DE LA APLICACIÓN DEL MODULO	DESPUES DE LA APLICACIÓN DEL MODULO
	(DM%)	(DM %)
CAT 797F	87.94%	89.41%
KOM 930E	88.49%	89.72%
KOM 830E	86.06%	91.30%
CAT 793D	90.15%	90.82%
<b>PROMEDIO</b>	<b>88.16%</b>	<b>90.31%</b>

Fuente: Adaptación propia a partir de los reportes del sistema Dispatch, Modular Minig System, Inc., 2016.

El siguiente gráfico de barras (*Ilustración 85*) muestra claramente el incremento de la disponibilidad mecánica después de la implementación del módulo de información.



*Ilustración 85. Disponibilidad de los camiones antes y después de la implementación del proyecto de investigación.*

Fuente: Adaptación propia a partir de los reportes del sistema Dispatch, Modular Minig System, Inc., 2016

### 5.7.1.2. Mejora de la Utilización efectiva de los camiones

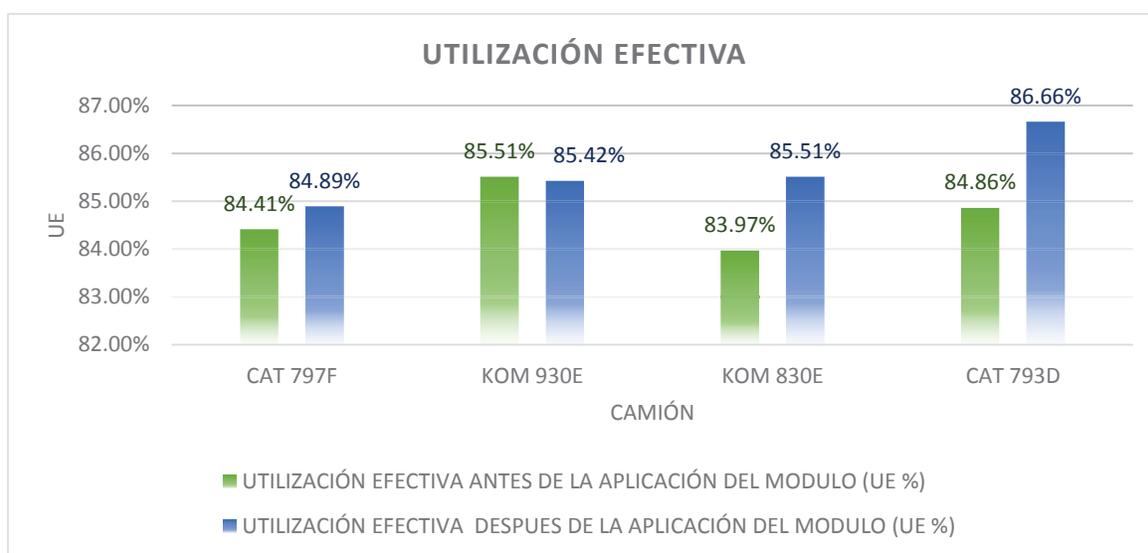
La utilización efectiva de los camiones (*Tabla 52*) muestra la mejora del porcentaje de utilidad de los camiones después de la implementación del módulo de información de nivel de combustible. Adicionalmente, se puede observar que existe una variación de 84.69% a 85.62%, que es igual a un incremento de 1.10%, el cual significa que existe una mayor utilización efectiva de los camiones.

*Tabla 52. Utilidad de los camiones antes y después de la implementación del proyecto de investigación.*

CAMIONES	UTILIZACIÓN EFECTIVA	
	ANTES DE LA APLICACIÓN DEL MODULO	DESPUES DE LA APLICACIÓN DEL MODULO
	(UE %)	(UE %)
CAT 797F	84.41%	84.89%
KOM 930E	85.51%	85.42%
KOM 830E	83.97%	85.51%
CAT 793D	84.86%	86.66%
<b>PROMEDIO</b>	<b>84.69%</b>	<b>85.62%</b>

Fuente: Adaptación propia a partir de los reportes del sistema Dispatch, Modular Minig System, Inc., 2016.

El siguiente gráfico de barras (*Ilustración 86*) muestra visiblemente el incremento de la utilización efectiva de los camiones después de la implementación de módulo de información de nivel de combustible.



*Ilustración 86. Utilidad de los camiones antes y después de la implementación del proyecto de investigación.*

Fuente: Adaptación propia a partir de los reportes del sistema Dispatch, Modular Minig System, Inc., 2016.

### 5.7.1.3. Mejora de la productividad mina

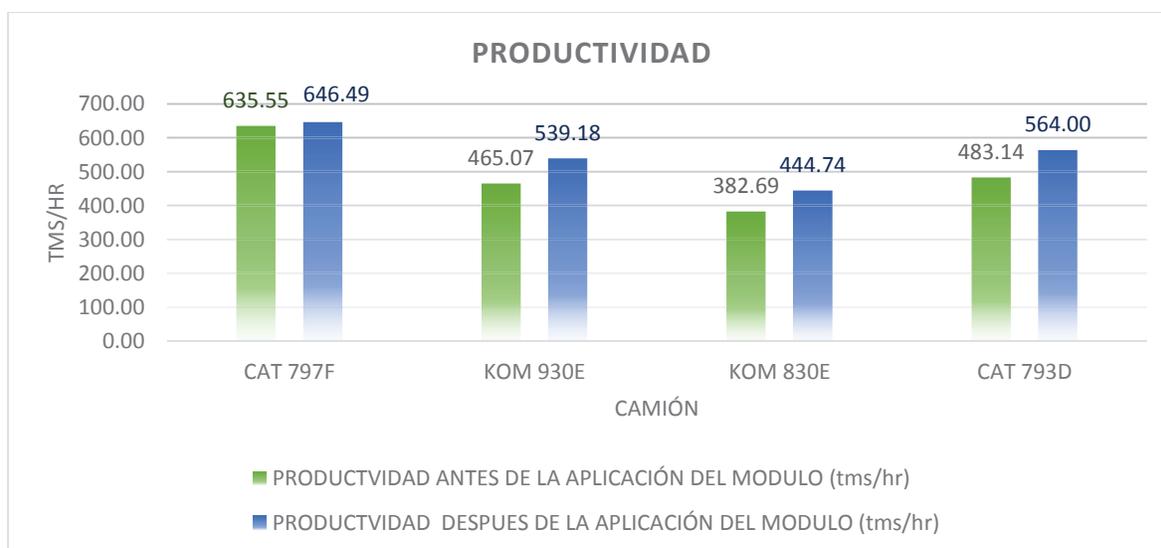
La productividad mina en este proyecto de investigación es la cantidad de toneladas métricas secas de material movidos por hora (tms/hr). La siguiente tabla (*tabla 53*) muestra que durante las operaciones mineras se ha aumentado considerablemente la productividad mina de un cantidad de 491.61tms/hr a 548.60 tms/hr aproximadamente, lo que significa que los camiones tuvieron un incremento de productividad en 11.59 %.

*Tabla 53. Productividad de los camiones antes y despues de la implementacion del proyecto de investigacion.*

PRODUCTIVIDAD		
CAMIONES	ANTES DE LA APLICACIÓN DEL	DESPUES DE LA APLICACIÓN DEL
	MODULO	MODULO
	(tms/hr)	(tms/hr)
CAT 797F	635.55	646.49
KOM 930E	465.07	539.18
KOM 830E	382.69	444.74
CAT 793D	483.14	564.00
<b>PROMEDIO</b>	<b>491.61</b>	<b>548.60</b>

Fuente: Reportes del sistema Dispatch, Modular Minig System, Inc., 2016.

Finalmente, en el siguiente grafico de barras (*Ilustración 87*) se puede observar que existe un incremento de la productividad con respecto a la producción anterior.



*Ilustración 87. Productividad de los camiones antes y despues de la implementacion del proyecto de investigacion.*

## CONCLUSIONES

1. El ratio promedio de consumo de combustible en función del horómetro para la flota de camiones CAT 793D, CAT 797F, KOM 830E y KOM 930E, es de 41.36 Gal/Hr, 73.72 Gal/Hr, 41.77 Gal/Hr y 58.34 Gal/Hr respectivamente. De acuerdo al análisis de regresión curvilínea los modelos más ajustado del ratio de consumo de combustible en una vía de pendiente positiva para los camiones cargados CAT 797F y KOM 930E son:  $Y = 57.292 - 4.278x + 0.062x^2 + 0.003x^3$  y  $Y = 52.943 - 3.821x + 0.088x^2 + 0.001x^3$  respectivamente, Dónde “Y” es ratio de consumo de combustible y “X” pendiente de la vía.
  
2. El cálculo del nivel real de combustible de los camiones se determinó gracias al algoritmo de cálculo de consumo de combustible (FC) del sistema Dispatch, el cual estuvo basado en las fórmulas planteadas por Filas (2002) y Runge (1998). Este algoritmo realizó sus cálculos basándose en la cantidad restante de combustible en el equipo (cantidad de combustible después de abastecer en grifo); una vez conocida la cantidad de combustible, se procedió a realizar el cálculo progresivo del consumo de combustible en función del estado del equipo y características de la vía de acarreo. Seguidamente, se logró implementar dos nuevos módulos de información de nivel de combustible en el sistema Dispatch (Truckfuelnew y Truckfuelnew2), los cuales se encargan de calcular e informar el nivel de combustible del camión en tiempo real, para realizar un mejor control del consumo de combustible de los camiones y efectuar una asignación óptima de los camiones al grifo.
  
3. La implementación del módulo de información de nivel de combustible en tiempo real permitió reducir los tiempos de espera (cola) en grifo y mejorar la asignación de camiones a grifo, debido a la reducción del tiempo promedio del ciclo de abastecimiento de combustible de 20 min/camión (Budget) a 16.8 min/camión, ganando así 3.2 min/camión. Finalmente, La implementación del módulo de información de nivel combustible permitió mejorar los indicadores de rendimiento (KPIs), tal es el caso de la disponibilidad mecánica de los camiones que mejoro en un 2.44%, la utilización efectiva de los camiones de acarreo en un 1.10% y la productividad de la mina en un 11.59%.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda que la información de nivel de combustible de los camiones Caterpillar y Komatsu, sean obtenidos automáticamente del VIMS (sistema operativo interno de Caterpillar) y del KOMTRAX PLUS (Sistema de monitoreo de los signos vitales de Komatsu), el cual podría ser utilizado directamente por el sistema Dispatch para conocer el nivel real de combustible de los camiones y priorizar la asignación de los camiones hacia los grifos.
2. Es necesario hacer la modificación en las restricciones de la baliza de grifo debido a que esta baliza erróneamente considera a cualquier camión que está dentro del área de grifo como si estuviera abasteciendo combustible, sin importar que el camión este realizando otra actividad; el sistema Dispatch lo reconoce y lo marca con un nivel de combustible al 100% el cual no es cierto en la realidad.
3. Se recomienda que los encargados del despacho hagan uso constante del módulo de información de nivel de combustible para poder guiarse y saber la prioridad real de asignación de los camiones a grifo y así de esta forma poder identificar posibles problemas en la asignación de camiones a grifo.
4. Debe de existir constante comunicación entre los despachadores y administración Dispatch para mejorar o corregir inmediatamente los problemas del sistema Dispatch, adicionalmente, es necesario realizar la capacitación eficiente a los operadores del grifo y entregar sus respectivos PETs y ASTs.

## BIBLIOGRAFIA

### a. LIBROS

- Aziz, M. & Kecojevic, V. (2008), “*Carbon dioxide footprint of the U.S. mining industry and the potential cost of CO2 legislation*, *Mineral Resources Engineering*”.USA., Vol.13, No.3, 111-129.
- Cárdenas, F. (2002). “*VIMS-Sistema de administración de información vital*”. USA, Caterpillar (Tercera edición), Tucson, USA. 148p
- Caterpillar, 2009, “*Caterpillar Performance Handbook*”, Edition 39, Caterpillar Inc. Peoria, Illinois, USA.
- Caterpillar Inc. (2006) “*Servicio de aprendizaje global del camión fuera de carretera 793 (FDB)*”. Peoria, Illinois, USA, 305p.
- Filas, F.J. (2002). *Excavation, Loading, and Material Transport*, in SME Mining Reference Handbook, Lowrie, R.L., ED., Society for Mining, Metallurgy, and exploration, Littleton, Colorado, USA, 215-241.
- Hays, M.R. (1990). “*Trucks in surface mining handbook*”, Kenenedy, B.A., ed., Society for Metallurgy, and Exploration, Littleton, Colorado, USA 672-691.
- Hernandez, R., Fernandez, C. y Baptista, P. (2010). “*Metodología de la investigación*”. (Quinta edición). México DF, México: Editorial McGRAW-HILL.
- Hustrulid, W. y Kuchta, M. & Martin, R.K. (2013) “*Open pit mine, planing & design*”. (Tercera edición), Utah, USA: Editorial CRC Press.
- Modular Mining System, Inc (Ed.) (2012) “*Ayuda del sistema de Dispatch*”. Tucson, USA: Editorial Modular Mining System, Inc.
- Runge, I. (1998). “*Mining economics and Strategy*”, Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Littleton, Colorado, USA.

## b. ARTÍCULOS CIENTÍFICOS

- Fortescue Metals Group LTD., Downer Edi Mining Pty LTD., & Leighton Contractors Pty Limited (2014). “Analyses of diesel use for mine haul and transport operations”. Energy efficiency opportunities, 1(1), 1-15. Recuperado de <https://www.eex.gov.au/sites/g/files/net1896/f/files/2014/06/Analyses-of-Diesel-Use-for-Mine-Haul-and-Transport-Operations.pdf>
- Komatsu Ltd. (2015). “Guía de ahorro de combustible”. Views. (1), 20-34. Recuperado de <http://www.komatsu.com>
- Soofastaei, A., Aminossadati, S., Kizil, M., & Knights, P. (2016). “Reducing fuel consumption of haul trucks in surface mines using artificial intelligence models”. University of Wollongong Australia, 16, 477-489. Recuperado de <https://ro.uow.edu.au/coal/634/>
- Soofastaei, A., Aminossadati, S., Kizil, M., & Knights, P. (2016). “Rolling resistance plays a critical role in fuel consumption of mining haul trucks”. Mining, the University of Queensland Australia, (1), 1-9. Recuperado de <https://www.vericomcomputers.com/cms-files/rolling-resistance-in-haul-truck-operations.pdf>
- Wicaksan, Y., Widodo, N., & Kramadibrata, S. (2015). “Determining Rolling resistance Coefficient on hauling road, using dump-truck in open pit coal mine”. ResearchGate, (1), 1-5. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/280239858>
- Lalit, K., Santanu, B., & Rangan, B (2010). “Energy Performance of Dump Trucks in Opencast Mine”. Ecos, 1, 1-3. Recuperado de <https://pdfs.semanticscholar.org/5e87/f9a1b817d038982d7e3c9cbb15c942ab5eea.pdf>
- Kecojevic, V & Komljenovic, D (2010). “Haul truck fuel consumption and CO2 emission under various engine load conditions”. ResearchGate, (1), 44-46. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/261214668>
- Parreira, J., & Meech, J. (2011). “Simulation of autonomous haulage trucks”. Norman B. Keevil Institute of Mining Engineering, (1), 63-72. Recuperado de <http://docplayer.net/15911734-Simulation-of-an-open-pit-mine-to-study-autonomous-haulage-trucks.html>

### c. INFORMES

- Glencore. (2016). “Antapaccay del proyecto a la operación” (1). Recuperado de <https://www.convencionminera.com/perumin31/encuentros/topmining/jueves19/1630-luis-rivera.pdf>
- Centro de escritura Javeriano. (2010). “Normas APA” (Sexta Edición). Recuperado de <http://www.uees.edu.sv/editorial/publicaciones/Normas%20APA%20Sexta%20Edici%C3%B3n.pdf>

### d. TESIS

- Gazmuri, N. (2014). “*Simulación on-line para el despacho de camiones mineros en operaciones a cielo abierto*” (Tesis de Maestría). Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago de Chile.
- Nuñonca, M.F. (2012). “*Plan de minado a corto plazo de la unidad minera Antapaccay- Xstrata Copper*” (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Cusco, Perú.
- Meza, J. E. (2011). “*Desarrollo de un modelo para la aplicación de simulación a un sistema de carguío y acarreo de desmonte en una operación minera a tajo abierto*” (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica de Perú. Lima, Peru.
- Lagos, E. A. (2007) “*Gestión operativa del sistema de despacho estudio técnico y económico*” (Tesis de pregrado) Universidad de Chile, Santiago de Chile.
- Rojas, C.E. (2014). “*Mejoras en la gestión de la planificación y pautas de mantenimiento en los caminos de carguío diésel Komatsu 830E y 930E en la compañía minera Doña Inés de Collahuasi*” (Tesis de pregrado). Universidad de Chile. Santiago de Chile.
- Rojas, S. A. (2006). “*Mejoramiento de la performance y gestión del Dispatch en Cerro Verde*” (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
- Diaz, J.G. (2014). “*Determinación del ratio de consumo en petróleo en camiones gigantes*” (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
- Vidal, M. A. (2010). “*Estudio del cálculo de flota de camiones para una operación minera a cielo abierto*” (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica de Perú. Lima, Perú.

## ANEXOS

## Anexo 1, Plantilla del check list despachador, Antapaccay (2016).

Check List Despachador	
<b>Día :10/05/14</b>	
<b>Turno:B</b>	
<b>Guardia:A1</b>	
<b>Despachador: Josue</b>	
<b>PALAS</b>	
Revisar las ubicaciones de las palas en gráficos.	<input checked="" type="checkbox"/>
Revisar amarres a Botaderos.	<input checked="" type="checkbox"/>
Revisar el tipo de material.	<input checked="" type="checkbox"/>
Revisar la Alimentación Proporcional.	<input checked="" type="checkbox"/>
Revisar rendimiento de pala (TPH)	<input checked="" type="checkbox"/>
Ley	<input checked="" type="checkbox"/>
Revisar factor de cobertura deseado	<input checked="" type="checkbox"/>
Revisar factor de cobertura actual	<input checked="" type="checkbox"/>
Actualizar polígonos de minado	<input checked="" type="checkbox"/>
Revisar equipos deshabilitados	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>BOTADEROS</b>	
Revisar Estados. (Botaderos habilitados, botaderos deshabilitados).	<input checked="" type="checkbox"/>
Revisar capacidad y configurar como sea necesario.	<input checked="" type="checkbox"/>
Revisar si hay mezclas configuradas.	<input checked="" type="checkbox"/>
Revisar tipos de Material	<input checked="" type="checkbox"/>
Revisar balizas y radios	<input checked="" type="checkbox"/>
Revisar ubicaciones en relación a los puntos GPS	<input checked="" type="checkbox"/>
Revisar materiales y leyes restringidas	<input checked="" type="checkbox"/>
Revisar tiempos de vaciado	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>Rutas</b>	
Revisar Estados. (Abierto, cerrado, un solo sentido)	<input checked="" type="checkbox"/>
Puntos GPS y rutas deben coincidir.	<input checked="" type="checkbox"/>
Balizas en intersecciones deben identificar todo el tráfico pasando por ellos.	<input checked="" type="checkbox"/>
Rampas deben tener un grado de inclinación de 10% o menos.	<input checked="" type="checkbox"/>





Anexo 2, procedimiento escrito de trabajo del abastecimiento de combustible

PROCEDIMIENTO ESCRITO DE TRABAJO - PET			
TÍTULO: ABASTECIMIENTO DE COMBUSTIBLE			
<b>Código:</b> TAN-NOP-MOM-001-PET-015	<b>Versión:</b> 00	<b>AREA:</b> Sup. de Carguío y Acarreo	<b>NIVEL DE RIESGO PURO:</b> ALTO
<b>Fecha de Elaboración:</b> 20/07/2013	<b>Fecha de Revisión:</b> 20/07/2015	<b>EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL (ESPECÍFICO):</b> Casco de seguridad, lentes de seguridad, respirador para polvo, zapatos de seguridad, guantes de operador, tapones de oído, chaleco reflectivo.	
<b>ACTIVIDAD DE ALTO RIESGO ASOCIADA (HHA):</b> Equipo móvil de superficie, sistema aislamiento y bloqueo	<b>PERSONAL RESPONSABLE:</b> Operadores de equipo pesado /equipo auxiliar/operador de camión cisterna de combustible.		
<b>CONSIDERACIONES GENERALES/RESTRICCIONES:</b> <b>Esta Prohibido:</b> Poner maderas o piedras para cruzar cables eléctricos, fumar en grifos y/o cisterna de abastecimiento de combustible.	<b>Referencia Legal/otros:</b> DS 055-2010	<b>EQUIPOS</b> Camión cisterna de combustible	<b>MATERIALES</b> Combustible diesel
			<b>HERRAMIENTAS</b> Candado personal
<b>Es Obligatorio:</b> Comunicar de cualquier			
ETAPAS DE LA TAREA	RIESGO/ASPECTO	PROCEDIMIENTO SEGURO	
1. Abastecimiento de cargador frontal, tractor, excavadora, motoniveladora y perforadora en el CAMPO.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Atropello.</li> <li>• Colisión.</li> <li>• Incendio.</li> <li>• Explosiones.</li> <li>• Contacto con líneas eléctricas</li> <li>• Deslizamiento de talud.</li> <li>• Caída de rocas.</li> <li>• Emisión de gases de combustión.</li> <li>• Derrame de hidrocarburos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La Cisterna de combustible se estacionará a 50 metros del equipo a ser abastecido.</li> <li>• El operador de la cisterna de combustible comunicará que se encuentra en espera.</li> <li>• Verifique que la zona hacia donde se va a dirigir este libre de personas o equipos.</li> <li>• Elija una zona segura horizontal a 10 metros del talud o berma más cercana.</li> <li>• Respetar las prioridades vehiculares y aplicar el derecho de paso dentro de las operaciones.</li> <li>• <b>NUNCA</b> pase sobre los cables de alimentación eléctrica, a menos que estén protegidos por dispositivos adecuados. (puente de jebe).</li> <li>• Aplique el freno de servicio hasta detener completamente el equipo.</li> <li>• Coloque el selector de marcha en neutro.</li> <li>• Aplique el freno de estacionamiento, tacos y conos de seguridad.</li> <li>• Para el caso de cargador frontal y tractor de llantas: verifique que el operador baje hasta que descanse el cucharón en el piso.</li> <li>• Para el caso de tractor de orugas: verifique que el operador baje bulldózer y ripper hasta que descanse en el piso.</li> <li>• Para el caso de excavadora: verifique que el operador baje el cucharón hasta que descanse en el piso.</li> <li>• Para motoniveladora: verifique que el operador baje la cuchilla y el ripper hasta que descanse en el piso.</li> </ul>	

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• levantará la columna de perforación.</li> <li>• Baje la palanca del bloqueo o traba (CANDADO).</li> <li>• Antes de apagar el motor espere de 3 a 5 minutos.</li> <li>• Gire la llave de arranque a la posición desconectado (OFF). Apague el motor.</li> <li>• Comunique a la cisterna de combustible para que se aproxime a abastecer.</li> <li>• En caso de la perforadora, la cisterna de combustible se estacionara en lado derecho para ser observado por el operador de la perforadora.</li> <li>• Baje de su equipo y desconecte el switch principal de energía.</li> <li>• El operador de la cisterna y el operador del equipo deben de colocar su candado y tarjeta personal (LOCK OUT).</li> <li>• Realice usted un chequeo de su equipo (vuelta del gallo).</li> <li>• Si observa algún desperfecto comunique a mantenimiento y al dispatch.</li> <li>• Baje o suba de su unidad haciendo uso de los TRES PUNTOS DE APOYO, NUNCA baje o suba saltando de su máquina.</li> <li>• Concluido el abastecimiento, retire su Lock-Out, firme la tarjeta y verifique que el operador de la cisterna haya retirado su LOCK OUT.</li> <li>• Antes de partir realizar una inspección visual desde la plataforma del equipo, que no exista ninguna persona o equipo en su trayectoria.</li> <li>• Suba a su cabina. Antes de arrancar dar UN toque de bocina. Arranque su equipo.</li> <li>• Para partir dar DOS toques de bocina.</li> <li>• La cisterna de combustible se estacionará en la zona demarcada para el abastecimiento de los equipos, quienes ingresarán al carril correspondiente separado por una berma.</li> <li>• El operador de la cisterna le comunicará que se encuentra a la espera.</li> <li>• Cumplir con su mantenimiento programado.</li> <li>• Inspección diaria del equipo (posibles fugas).</li> <li>• De presentarse derrames detener la tarea, comunicar al supervisor inmediato (O1) y realizar la primera respuesta.</li> <li>• Disponer adecuadamente los residuos contaminados por las labores de limpieza del derrame.</li> </ul>
<p>2. Abastecimiento de emergencia a camiones en el CAMPO</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Atropello.</li> <li>• Deslizamiento de talud.</li> <li>• Caída de rocas.</li> <li>• Colisión.</li> <li>• Incendio.</li> <li>• Explosiones.</li> <li>• Emisión de gases de combustión.</li> <li>• Derrame de hidrocarburos.</li> <li>• Generación de polvo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Únicamente cuando el camión este con un desperfecto en el campo y no pueda hacer uso de la zona de abastecimiento en tránsito y el grifo de camiones.</li> <li>• Verifique que la zona hacia donde se va a dirigir esté libre de personas u obstáculos.</li> <li>• El abastecimiento se realizará cuando la tolva del camión se encuentre sin carga.</li> <li>• Elija una zona horizontal, a 15 metros de talud más cercano o de la berma más cercana.</li> <li>• Avance hacia la zona elegida para el abastecimiento, a una velocidad máxima de 10 km/HR.</li> <li>• Aplique el freno de servicio hasta detener completamente el equipo.</li> <li>• Coloque el selector de marchas en neutro.</li> <li>• Aplique el freno de estacionamiento.</li> <li>• Antes de apagar el motor espere de 3 a 5 minutos.</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• combustible para que se aproxime a realizar el abastecimiento.</li> <li>• Baje de su equipo y desconecte el switch principal de energía (Punto de bloqueo).</li> <li>• El operador de la cisterna y el operador del equipo deben de colocar su candado y tarjeta personal (Lock Out).</li> <li>• Realice usted un chequeo de su equipo (vuelta del gallo).</li> <li>• Si observa algún desperfecto comunique a mantenimiento y a dispatch.</li> <li>• Baje o suba de su unidad haciendo uso de los TRES PUNTOS DE APOYO, NUNCA baje o suba saltando de su máquina.</li> <li>• Concluido el abastecimiento, retire su Lock Out, firme la tarjeta y verifique que el operador de la cisterna haya retirado su Lock Out.</li> <li>• Suba a su cabina. Antes de arrancar dar UN toque de bocina. Arranque su equipo.</li> <li>• Antes de partir, realizar una inspección visual desde la plataforma del equipo que no exista ninguna persona o equipo en su trayectoria.</li> <li>• Para partir dar DOS toques de bocina.</li> <li>• Cumplir con su mantenimiento programado del equipo.</li> <li>• Inspección diaria del equipo.</li> <li>• De presentarse derrames detener la tarea, comunicar al supervisor inmediato (O1) y realizar la primera respuesta.</li> <li>• Disponer adecuadamente los residuos contaminados por las labores de limpieza del derrame.</li> <li>• Solicite regadío de accesos y zonas de trabajo si hay presencia de material particulado al supervisor de carguro y acarreo.</li> </ul>
<p>3. Abastecimiento en zona de tránsito.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Caída, golpe.</li> <li>• Cortes.</li> <li>• Explosiones.</li> <li>• Incendios.</li> <li>• Derrame de hidrocarburo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Durante el turno noche, la zona de abastecimiento en tránsito debe contar con iluminación.</li> <li>• Los accesos hacia el área para abastecimiento de camiones deberán estar en buen estado, para el ingreso a los mismos.</li> <li>• El abastecimiento se realizará cuando la tolva del camión se encuentre sin carga.</li> <li>• El camión cisterna se ubicará únicamente en el área asignada a la cisterna, esta área estará separado por una berma del área asignada a los camiones.</li> <li>• El camión cisterna ingresara a su área asignada de manera frontal.</li> <li>• Coloque el selector de marcha en neutro y aplique el freno de estacionamiento</li> <li>• El operador de la cisterna se comunicará con el O1 y/o Dispatch indicando que se encuentra en el área de abastecimiento para proceder con el abastecimiento de combustible.</li> <li>• El camión pesado avanzara hacia la zona elegida para el abastecimiento, a una velocidad máxima de 10 km/HR.</li> <li>• Antes de ingresar, el camión pesado pedirá autorización a la cisterna de combustible para ingresar a la zona de abastecimiento, la comunicación siempre será de IDA Y VUELTA.</li> <li>• El camión pesado ingresara de retroceso al área asignada para los camiones, use siempre los espejos retrovisores.</li> <li>• Antes de apagar el motor espere de 3 a 5 minutos.</li> <li>• <b>Abaque el motor</b></li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• de su equipo.</li> <li>• Desconecte el SWITCH principal de energía.</li> <li>• El operador del equipo debe colocar su lock out.</li> <li>• Si el área asignada para el camión no cuenta con un badén o giba, el operador del camión tiene que colocar cuñas de seguridad.</li> <li>• Coloque las cuñas correctamente en los neumáticos del camión cisterna.</li> <li>• El operador del camión cisterna también deberá colocar su Lock Out.</li> <li>• Limpie la boquilla antes de colocar el chupón en la válvula de llenado rápido.</li> <li>• Recuerde mantenerse alejado de fuentes de calor ó fuego abierto a menos de 50m</li> <li>• Verifique que el contómetro se encuentre en cero.</li> <li>• Conecte la bomba del camión cisterna (encorchar la bomba).</li> <li>• Concluido el abastecimiento, registre en la tarjeta la cantidad, horómetro y firma del operador.</li> <li>• Desconecte la bomba y cierre la válvula.</li> <li>• Desconecte el chupón y asegure la manguera en la cisterna.</li> <li>• Retire su Lock Out y conecte la llave principal de energía.</li> <li>• Antes de retirarse del grifo, realice un chequeo de su equipo (vuelta al gallo), que no exista ninguna persona o equipo en su trayectoria.</li> <li>• Si encuentra algún desperfecto comunique a mantenimiento y al dispatch.</li> <li>• Suba a su cabina haciendo uso del principio de los tres puntos de apoyo.</li> <li>• Antes de arrancar dar UN TOQUE de bocina, arranque el equipo.</li> <li>• Para dar marcha adelante dar DOS TOQUES de bocina.</li> <li>• El operador debe estar atento a las señales indicadoras del equipo.</li> <li>• Cuando el camión pesado se haya retirado, el operador del camión cisterna indicara al despachador que puede enviar a otro camión pesado para el abastecimiento.</li> <li>• De presentarse derrames detener la tarea, comunicar al supervisor inmediato (O1) y realizar la primera respuesta.</li> <li>• Disponer adecuadamente los residuos contaminados por las labores de limpieza del derrame.</li> </ul>
<p>4. Abastecimiento de emergencia de cargador frontal, tractor, excavador y motoniveladora en el GRIFO.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Atropello.</li> <li>• Salpicadura.</li> <li>• Calda a nivel.</li> <li>• Colisión.</li> <li>• Incendio.</li> <li>• Explosiones.</li> <li>• Emisión de gases de combustión.</li> <li>• Derrame de hidrocarburos.</li> </ul>	<p><b>ABASTECIMIENTO DE COMBUSTIBLE EN GRIFO NFORMULA 1 (F1) Y ANTAPACCAY.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ingrese a la zona del grifo a una velocidad de 5 km/HR.</li> <li>• Aplique el freno de servicio hasta detener completamente el equipo.</li> <li>• <input type="checkbox"/> Coloque el selector de marchas en neutro y aplique el freno de estacionamiento.</li> <li>• <input type="checkbox"/> Para el caso de cargador frontal y tractor de llantas, baje el cucharón hasta que descanse en el piso; para el caso de tractor de orugas, baje el bulldozer y el ripper hasta que descanse en el piso; para el caso de excavadora, ingrese a la zona del grifo con el cucharón en paralelo con las orugas, NUNCA gire el cucharón en la plataforma del grifo, baje el cucharón hasta que descanse en el piso; para el caso de motoniveladora, baje la cuchilla hasta que descanse en el piso.</li> <li>• Baje la palanca del bloqueo (CANDADO).</li> <li>• El abastecimiento de combustible se realizará en coordinación con el Despachador.</li> <li>• El porcentaje mínimo de combustible con el cual se puede trabajar es de 25%.</li> <li>• Anticipese para abastecerse combustible.</li> </ul>

- Observe que el área esté libre de obstáculos antes de ingresar al grifo.
- Ingrese a la ISLA 1 o 2 zonas del grifo a una velocidad de 5 km/h.
- Avance lentamente con todas las medidas de precaución.
- Aplique el freno de servicio hasta detener completamente el equipo.
- Coloque el selector de marchas en neutro.
- Aplique el freno de estacionamiento.
- Cerciórese que la luz indicadora de freno de estacionamiento este encendida.
- Cumpla con la norma no FUMAR.
- Coloque la demora respectiva en el sistema dispatch (cargador frontal)
- Antes de apagar el motor espere de 5 minutos.
- Apague el motor.
- Baje de su equipo. Con los EPP respectivos, uso de los tres puntos de apoyo.
- No baje saltando de su equipo.
- Desconecte el SWITCH principal de energía.
- El operador del equipo debe colocar su lock out.
- Coloque el cable de puesta a tierra.
- Cerciórese que la luz cambie de rojo a verde
- Limpie la boquilla antes de colocar el chupón en la válvula de llenado rápido del equipo.
- Coloque correctamente la pistola de llenado rápido del grifo, al chupón del camión.
- Abra la válvula para iniciar el llenado de combustible.

#### **SIGA LOS SIGUIENTES PASOS**

1. Presione tecla NEXT.
2. Ingrese código de camión más ENTER.
3. Ingrese el código PIN = 111 más 2 veces ENTER
4. Ingrese la cantidad de galones más 2 veces ENTER. tener en cuenta la cantidad que hay en el tanque.
5. Espere a que la bomba encienda, observe la aguja del manómetro
6. Espere la carga de COMBUSTIBLE.
7. Permanezca alerta durante el proceso de descarga de combustible a posibles derrames o fugas.
8. Si por algún motivo la puesta a tierra no hiciera buen contacto se paralizará la bomba. Si esto ocurriera reiniciar realizando los paso del 1 al 7 arriba descritos.
9. Si usted ingresó una cantidad mayor de combustible de lo requerido y se presenta DERRAME presione la tecla STOP.

#### **FINALIZACIÓN DE CARGA DE COMBUSTIBLE**

10. La carga finaliza AUTOMATICAMENTE
11. Desencroche la pistola de la válvula de llenado y enrede la manguera en su base giratoria.
12. Desconecte el cable de puesta a tierra y ubíquelo ordenadamente en su base.
13. No poner el conector a la base de metal debe quedar colgado en su base.
14. Oprima la tecla CLR.
15. Oprima la tecla EXIT 2 veces.
16. Retire los tacos.

		<p>17. Retire su Lock out</p> <p>18. Subir al equipo usando los 3 puntos de apoyo.</p> <p>19. Arranque el motor siguiendo el procedimiento.</p> <p>20. Concluido el abastecimiento comuniqué al dispatch la cantidad abastecida de combustible.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Realice usted un chequeo de su equipo (vuelta del gallo), si observa algún defecto comuniqué a mantenimiento y al dispatch.</li> <li>● Verifique limpieza de plataforma (derrames), el estado de mangueras y pistolas de abastecimiento antes de realizar el abastecimiento para evitar caídas a nivel y salpicaduras.</li> <li>● Concluido el abastecimiento, retire su lock-out y firme la tarjeta y verifique que el operador del grifo (si está presente) retire su LOCK OUT.</li> <li>● Suba de su unidad haciendo uso de los TRES PUNTOS DE APOYO, NUNCA baje o suba saltando de su máquina.</li> <li>● Antes de partir, verifique que no exista ninguna persona u obstáculo en su trayectoria.</li> <li>● Para partir dar DOS toques de bocina.</li> <li>● Cumplir con su mantenimiento programado.</li> <li>● Inspección diaria del equipo (posibles fugas).</li> </ul>
<p>5. Abastecimiento de camiones en el GRIFO.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Atropello.</li> <li>● Deslizamiento de talud.</li> <li>● Colisión.</li> <li>● Caída a nivel.</li> <li>● Incendio.</li> <li>● Explosiones.</li> <li>● Emisión de gases de combustión.</li> <li>● Derrame de hidrocarburos.</li> </ul>	<p><b>ABASTECIMIENTO DE COMBUSTIBLE EN GRIFO FORMULA 1(F-1) Y ANTAPACCAY.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● El abastecimiento de combustible se realizará en coordinación con el Despachador y con la tolva sin carga.</li> <li>● El porcentaje mínimo de combustible con el cual se puede trabajar es de 25%. Anticipese para abastecer combustible.</li> <li>● Observe que el área esté libre de obstáculos antes de ingresar al grifo.</li> <li>● Ingrese a la ISLA 1 o 2 zonas del grifo a una velocidad de 10 km/h.</li> <li>● Avance lentamente con todas las medidas de precaución.</li> <li>● Aplique el freno de servicio hasta detener completamente el equipo.</li> <li>● Coloque el selector de marchas en neutro.</li> <li>● Aplique el freno de estacionamiento.</li> <li>● Cerciórese que la luz indicadora de freno de estacionamiento este encendida.</li> <li>● Cumpla con la norma no FUMAR.</li> <li>● Colocar la demora respectiva en el sistema dispatch.</li> <li>● Antes de apagar el motor espere de 3 a 5 minutos.</li> <li>● Apague el motor.</li> <li>● Baje de su equipo. Con los EPP respectivos, uso de los tres puntos de apoyo.</li> <li>● No baje saltando de su equipo.</li> <li>● Desconecte el SWITCH principal de energía.</li> <li>● El operador del equipo debe colocar su lock out.</li> <li>● Coloque las cuñas de seguridad.</li> <li>● Coloque el cable de puesta a tierra.</li> <li>● Cerciórese que la luz cambie de rojo a verde</li> <li>● Coloque la bandeja para contener derrames debajo de la toma de combustible.</li> <li>● Limpie la boquilla antes de colocar el chupón en la válvula de llenado rápido del equipo.</li> <li>● Coloque correctamente la pistola de llenado rápido del grifo, al chupón del</li> </ul>

camión.

- Abra la válvula para iniciar el llenado de combustible.
- Encienda la bomba del grifo.

**SIGA LOS SIGUIENTES PASOS**

1. Presione tecla NEXT.
2. Ingrese código de camión más ENTER.
3. Ingrese el código PIN = 111 más 2 veces ENTER
4. Ingrese la cantidad de galones más 2 veces ENTER. tener en cuenta la cantidad que hay en el tanque.
5. Espere a que la bomba encienda, observe la aguja del manómetro
6. Espere la carga de COMBUSTIBLE.
7. Permanezca alerta durante el proceso de descarga de combustible a posibles derrames o fugas.
8. Si por algún motivo la puesta a tierra no hiciera buen contacto se paralizará la bomba. Si esto ocurriera reiniciar realizando los pasos del 1 al 7 arriba descritos.
9. Si usted ingresó una cantidad mayor de combustible de lo requerido y se presenta DERRAME presione la tecla STOP.

**FINALIZACIÓN DE CARGA DE COMBUSTIBLE**

10. La carga finaliza AUTOMATICAMENTE
11. Desencroche la pistola de la válvula de llenado y enrede la manguera en su base giratoria.
12. Desconecte el cable de puesta a tierra y ubíquelo ordenadamente en su base
13. No poner el conector a la base de metal debe quedar colgado en su base.
14. Oprima la tecla CLR.
15. Oprima la tecla EXIT 2 veces.
16. Retire los tacos.
17. Retire su Lock out
18. Subir al equipo usando los 3 puntos de apoyo.
19. Arranque el motor siguiendo el procedimiento.
20. Concluido el abastecimiento comunique al dispatch la cantidad abastecida de combustible.

**EN CASO DE UN FUNCIONAMIENTO ATÍPICO OPRIMA LA TECLA STOP. NOTA IMPORTANTE**  
**El interruptor de EMERGENCIA solo de debe oprimir en caso estrictamente necesario. Si se usó este interruptor por alguna EMERGENCIA comunicar al supervisor.**

**Si lo oprime en otra situación se bloqueará el sistema.**

- Cuando haya terminado el llenado apague la bomba del grifo (OFF).
- Desconecte la pistola de llenado y asegure en el lugar correspondiente.

**RETIRO DE BAHÍA UNO O DOS.**

**Si abasteció en el lado derecho de las islas.**

- Avance girando levemente a su derecha. luego hacia su izquierda para salir por la salida de su izquierda.

**Si abasteci3 en el lado izquierdo de la isla uno.**

- Debe salir realizando el giro hacia su izquierda por la salida izquierda.

**Si abasteci3 en el lado izquierdo de la ISLA DOS.**

- Avance girando levemente a su izquierda luego hacia su derecha para salir por la salida de su izquierda.

**Despu3 del refiro de las ISLAS retomar el tr3nsito por la izquierda.**

**PARADA POR LUBRICACI3N**

**De existi3r cola de camiones esperando para el abastecimiento.**

- Considerar dejar libre la v3a de salida de los camiones que est3n abasteciendo.

**LUBRICACI3N**

- Coordinar con el lubricador la ubicaci3n del equipo solo se lubricar3 en parqueos.
- Es obligaci3n del operador del equipo reportar cualquier derrame al Supervisor de carguio y acarreo.
- Retire su lock out y conecte el SWITCH principal de energ3a.
- Antes de retirarse del grifo, realice un chequeo de su equipo (inspecci3n alrededor del equipo), que no exista ninguna persona o equipo en su trayectoria.
- Si encuentra alg3n desperfecto comunique a mantenimiento y al dispatch.
- Suba a su cabina haciendo uso del principio de los tres puntos de apoyo.
- Antes de arrancar dar UN TOQUE de bocina, arranque el equipo.
- Para dar marcha adelante dar DOS TOQUES de bocina.
- El operador debe estar atento a las se3ales indicadoras del equipo.

**Inspección del equipo (posibles fugas).**

- El abastecimiento de combustible para los equipos livianos será en el parqueo de equipo auxiliar de 16:00 a 18:00 hrs.
- Verifique que la zona hacia donde se va a dirigir esté libre de personas y obstáculos.
- La cisterna se estacionará en zona horizontal a 05 metros de la berma de seguridad.
- El abastecimiento se realizará cuando la cisterna se encuentre estacionado en el parqueo de equipo auxiliar.
- El conductor del equipo liviano se estacionara en retroceso a lado derecho de la cisterna a una velocidad adecuada y a una distancia de 2 mts.
- Aplique el freno de servicio hasta detener completamente el equipo liviano.
- Coloque el selector de marchas en neutro.
- Aplique el freno de mano, engancharlo la palanca de cambios en primera.
- Gire la llave de arranque a la posición desconectado (OFF), apague el motor y saque la llave (lock Out).
- El operador del equipo liviano debe colocar tacos y conos.
- El operador de equipo liviano deberá calcular la cantidad de combustible abastecer para evitar derrames.
- El operador de la cisterna baja de su equipo para abastecer al equipo liviano sacando la manguera y coloque el acople del tanque para el abastecimiento de combustible.
- Realice usted un chequeo de su equipo (inspección alrededor del equipo
- Concluido el abastecimiento asegúrese que la tapa del tanque este cerrado
- Suba a su cabina, Antes de arrancar dar UN toque de bocina. Arranque su equipo
- Para partir dar DOS toques de bocina.
- Concluido el abastecimiento, primero abandona el equipo liviano previa comunicación de ida y vuelta con el operador de la cisterna.
- Cumplir con su mantenimiento programado del equipo.

- Atropello.
- Colisión.
- Incendio.
- Salpicadura.
- Explosiones.
- Emisión de gases de combustión.
- Derrame de hidrocarburos

6. Abastecimiento de combustible a camionetas en parqueo equipo auxiliar.

Elaborado Por: Equipo de Trabajo/Supervisor	Revisado: Superintendente de Área	Revisado: Asesor de Seguridad y Salud	Aprobado: Gerente de Área  Firma:
--	--------------------------------------	--	--

Anexo 3. AST de despacho de combustible en grifos, Antapaccay (2016).

Código: TAN-NGE-SGI-001-REG-001 Versión: 01		<b>ANÁLISIS DE SEGURIDAD EN EL TRABAJO (AST)</b>				
Fecha de revisión: 01/01/2014		RESPONSABLE DEL CUMPLIMIENTO - Aprueba y revisa el presente documento		FECHA:		
AREA/UBICACION: Mina		EQUIPOS Y HERRAMIENTAS:		EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL: Casco ___ Lentes ___ Guantes ___ Zapatos ___ Arnés ___ Chaleco ___ Respirador ___ Protector Auditivo ___ Otros: _____		
NOMBRE DE LA TAREA: DESPACHO DE COMBUSTIBLE EN GRIFOS		Código de la tarea:				
PERSONAL QUE ELABORA EL AST Y EJECUTA LA TAREA: Nombre y Firma						
1. _____	2. _____	3. _____	4. _____	5. _____	6. _____	
7. _____	8. _____	9. _____	10. _____	11. _____	12. _____	
<b>Actividades de Alto Riesgo</b>						
Trabajo en Altura <input type="checkbox"/>	Manipulación de explosivos/Voladura <input type="checkbox"/>	Manipulación de Materia Iónicas <input type="checkbox"/>	Incendio y Explosión <input type="checkbox"/>			
Trabajo en Espacios Confinados <input type="checkbox"/>	Trabajo en Caliente <input type="checkbox"/>	Manipulación de Sustancias Peligrosas <input type="checkbox"/>	Impacto y estallido <input type="checkbox"/>			
Operación de equipo Móvil <input type="checkbox"/>	Excavación <input type="checkbox"/>	Operaciones de Izaje <input type="checkbox"/>	Contacto con Energía Eléctrica <input type="checkbox"/>			
Asiembra y Bloqueo <input type="checkbox"/>	Exposición directa a energía <input type="checkbox"/>	Trabajo cerca a taludes <input type="checkbox"/>				
<b>Salud e Higiene Ocupacional</b>						
Agentes físicos: Ruido <input type="checkbox"/> Vibración <input type="checkbox"/>	Iluminación <input type="checkbox"/> Temperatura <input type="checkbox"/>	Agentes Químicas: Gases <input type="checkbox"/> Vapor <input type="checkbox"/> Polvo <input type="checkbox"/>	Humo metálico <input type="checkbox"/>	Otros: Agentes biológicas <input type="checkbox"/> Ergonomía <input type="checkbox"/> Otros <input type="checkbox"/>		
<b>Medio Ambiente</b>						
Emisiones a la atmósfera <input type="checkbox"/>	Generación de efluentes <input type="checkbox"/>	Generación de residuos <input type="checkbox"/>	Potenciales derrames <input type="checkbox"/>	Consumo de recursos <input type="checkbox"/>	Otros: _____	
<b>Ambiente/Equipos/Herramientas/Materiales/Otros</b>						
Proyección de materiales <input type="checkbox"/>	Material inflamable <input type="checkbox"/>	Protecciones <input type="checkbox"/>	Equipos/Herramientas en mal estado <input type="checkbox"/>			
Condición climatológica adversa <input type="checkbox"/>	Carga y descarga <input type="checkbox"/>	Cilindros presurizados <input type="checkbox"/>	Superficie inestable o resbaladiza <input type="checkbox"/>			
<b>Cuidado de Manos</b>						
Superficies cortantes/punzantes <input type="checkbox"/>	Equipo/partes en movimiento <input type="checkbox"/>	Manipulación de sustancias químicas <input type="checkbox"/>	Superficies calientes <input type="checkbox"/>			
Puntos de atrición/atrapamiento <input type="checkbox"/>					Otros: _____	

CONSECUENCIA					
	1	2	3	4	
A. Alto Impacto	11	16	20	23	25
B. Medio Impacto	7	12	17	21	24
C. Bajo Impacto	4	8	13	18	22
D. Muy Bajo	2	5	9	14	19
E. Insignificante	1	3	6	10	15

**EN CASO DE EMERGENCIA**

Atender a la CENTRAL DE EMERGENCIAS

- Por teléfono: 044 2222
- Por celular: 914233555
- Por radio: Frecuencia 2

Conectar la calma a: INCENDIO

- Uso de extinguidor y desactivación de alarma
- Uso de equipo de emergencia
- Apertura de pasillos de escape y de emergencia
- Nombre de quien recibió y área de trabajo

Herramientas	
Equipos	<input type="checkbox"/>
PP	<input type="checkbox"/>
Equipo de emergencia	<input type="checkbox"/>
Permisos	<input type="checkbox"/>
PP	<input type="checkbox"/>

Chequeo Inmediato de Herramientas	
ALB	<input type="checkbox"/>

Nº	Procedimiento (Pasos de la Tarea)	Riesgos/Aspectos ambientales Asociados	Medidas de Control	Probabilidad	Consecuencia	Nivel de Riesgo	Controles y/o medidas preventivas adicionales	Probabilidad	Consecuencia	Nivel del Riesgo Residual
1	Revisión de equipos estacionarios del grifo.	Golpes, resbalones, caídas	Los equipos deben estar operativos mecánica y eléctricamente.	D	1	2				
2	Estacionamiento de camiones y/o otros equipos.	Colisiones, choques	Coordinación y comunicación con el operador de ida y vuelta. Seguir los pasos de la norma en caso de condiciones climatológicas adversas. Uso de lock out.	D	2	5				
3	Abastecimiento al equipo con pistola wiggins, prender tablero de control.	Derrames, corto circuito, explosiones, incendios.	Bomba y tablero de control operativos.	D	2	5				
4	Apagar tablero de control, retirar pistola y lock out.	Derrames, corto circuito	Mantener la concentración en todo momento.	D	2	5				
5	Cerrar válvulas, colocar candado, limpieza de zona.	Derrames, caídas	Cumplir con el procedimiento	D	1	2				
6	Espichar válvulas de escape de contómetro y filtro.	Derrame contaminación al suelo	Espichar diariamente.	D	2	5				

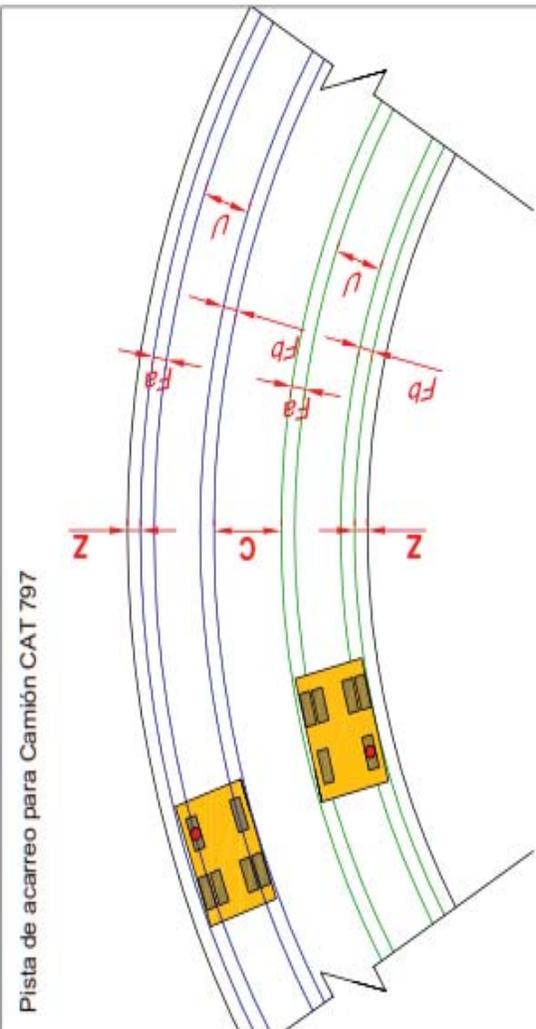
Supervisor del área: \_\_\_\_\_  
(Nombre y firma)

Supervisor Contratista: \_\_\_\_\_  
(Nombre y firma)

Anexo 4. Manejo de sustancias químicas, Petroleo diesel2, Antapaccay (2016).

		Proveedor	
		Teléfono emergencia	
		Código ellipse	
<b>MANEJO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS</b> <b>ANTAPACCAY</b>		<b>REG -</b>	<b>289</b>
Nombre comercial <b>PETROLEO DIESEL 2</b>			
Nombre químico Diesel 2			
Número NU	1293	Versión	001
Número riesg	33	Densidad vapor relativa	3.4
T° Descomposición	N.L.	Presión vapor a 20°C	0.004 Atm
Punto de Ebullición (°C)	140	Concentración	N.L.
Punto de Fusión (°C)	N.L.	PH	N.L.
Punto de Inflamación (°C)	52	Peso molecular(gramo)	N.L.
T° de Autoignición °C	257	Límite permisible	10 ppm TWA
Densidad relativa al agua	0.88	Solubilidad	Insoluble
<b>EPP</b>			
Composición	Hidrocarburo	Tarea en que se utiliza	Combustible
Información toxicológica	Toxico: trastornos gastrointestinales, irritante para ojos, piel y vías respiratorias	Características o propiedades	Líquido amar a rojo de olor característico a petróleo.
<b>Exposición Aguda - Primeros Auxilios</b>			
Inhalación	Trasladar a la persona afectada hacia un lugar ventilado. Si no respira dar respiración artificial y llamar al médico.	Piel	Lavar la parte afectada de la piel con abundante agua y jabón por lo menos por 15 minutos.
Ojos	Lavar inmediatamente con abundante agua con los párpados abiertos por lo menos por 15 minutos. Conseguir atención oftalmológica	Ingestión	NO INDUCIR AL VÓMITO, mantener en reposo no administrar nada por la boca, buscar pronta atención médica
Prevención	Usar lentes con protección lateral, guantes, respirador con cartucho, ropa y zapatos de trabajo. Bomberos: usar traje completo y equipo de respiración autónoma.	Exposición crónica	Se puede presentar dermatitis por una exposición prolongada o reiterada.
Incendio	Medios de extinción: Polvo químico, dióxido de carbono, o espuma se recomienda. El rocío de agua. Se recomienda agua solo para enfriar los contenedores, no usar agua en chorro directamente sobre el fuego.	Fugas o Derrames	El producto derramado no se debe enviar a los desagües. Absorber el derrame con material absorbente como arena o tierra y depositarlo en recipientes no permeables tapados bien identificando el contenido.No usar material combustible como aserrín.
Reactividad	Mantener alejado de Líquidos oxidados, oxígeno concentrado, hipoclorito de sodio o hipoclorito de calcio.	Almacenamiento	Almacenar en tanques grandes que cumplan con los estándares. Cánticas pequeñas, almacenar en envases resistentes, herméticos, antiestáticos, y en lugares frescos, secos y bien ventilados.
Embalaje y transporte	Requiere de condiciones adecuadas de transporte. Identificar como: Material INFLAMABLE		
<b>Mantenimiento</b>	<b>Oxidos</b>	<b>Sulfuros</b>	<b>SS. TT.</b>
<input type="checkbox"/> Laboratorio predictivo	<input type="checkbox"/> Área seca	<input type="checkbox"/> Laboratorio químico	<input type="checkbox"/> Muestretería
<input type="checkbox"/> Taller alta tensión	<input type="checkbox"/> Área húmeda	<input checked="" type="checkbox"/> Taller mecánico concentradora	<input checked="" type="checkbox"/> Geofísica
<input type="checkbox"/> Taller camiones	<input checked="" type="checkbox"/> Manílo mecánico-eléctrico	<input checked="" type="checkbox"/> Taller mecánico chancadora	<input type="checkbox"/> Medio Ambiente
<input checked="" type="checkbox"/> Taller muestreteras	<input type="checkbox"/> Laboratorio metalúrgico	<input type="checkbox"/> Taller eléctrico	<input type="checkbox"/> Planta de agua
<input type="checkbox"/> Taller palas y perforadoras		<input type="checkbox"/> Concentradora	<b>Mina</b>
			<input type="checkbox"/> Voladura
			<b>Adminal.</b>
			<input type="checkbox"/> SSGG
			<input type="checkbox"/> Almacén
			<b>Seguridad</b>
			<input type="checkbox"/> Hospital
			<input type="checkbox"/> Emergencia

Anexo 5. Diseño de ancho de vía para camión CAT 79F, Antapaccay (2016).



**Pista de acarreo para Camión CAT 797**

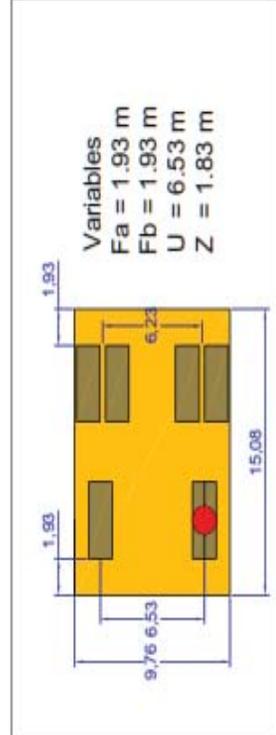
**Variables :**  
W = Ancho total de la vía.  
Fa = Distancia del voladizo delantero.  
Fb = Distancia del voladizo posterior.  
U = Ancho del vehículo (de centro a centro del neumático)  
Z = Ancho extra por seguridad en curvas.  
C = Distancia entre laterales.

**Formula**

$$C = Z ( U + Fa + Fb ) / 2$$

$$W = 2 ( U + Fa + Fb + Z ) + C$$

**Medidas del Camión CAT 797F**



**Variables**  
Fa = 1.93 m  
Fb = 1.93 m  
U = 6.53 m  
Z = 1.83 m

**Cálculo del ancho de vía para camión CAT 797F**

$$C = 1.83 ( 6.53 + 1.93 + 1.93 ) / 2 = 9.51 \text{ m}$$

$$W = 2 ( 6.53 + 1.93 + 1.93 + 1.83 ) + 9.51 = 33.95 \text{ m}$$

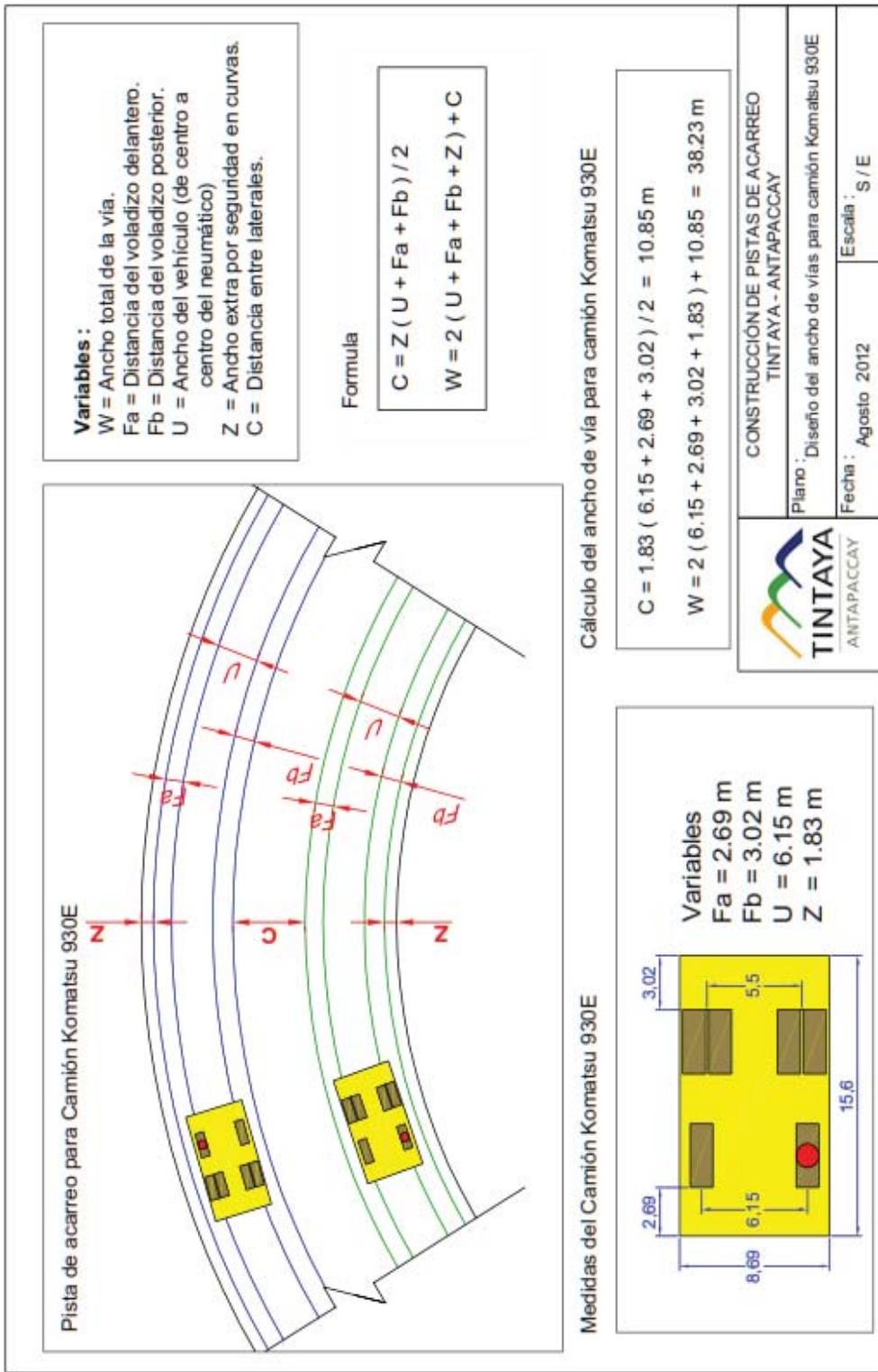
**TINTAYA**  
ANTAPACCAY

CONSTRUCCIÓN DE PISTAS DE ACARREO  
TINTAYA - ANTAPACCAY

Plano : Diseño del ancho de vías para camión CAT 797F

Fecha : Agosto 2012 Escala : S / E

Anexo 6. Diseño de ancho de vía para camión KOM 930E, Antapaccay (2016).



Anexo 7. *Análisis de seguridad en el trabajo, Antapaccay (2016).*  
ANÁLISIS DE SEGURIDAD EN EL TRABAJO (AST)



AREA / UBICACIÓN		COORDINADOR DEL AREA : Nombre y Firma		Fecha:						
NOMBRE DEL TRABAJO:		EQUIPOS DE PROTECCION PERSONAL								
OPERACION DE CAMION PESADO (Cat 797F y Komatsu 930E)		Casco _____ Lentes _____ Guantes _____ Zapatos _____ Arnes _____ Otros _____								
DESCRIPCION DEL TRABAJO:										
PERIODO DE PRUEBA DE CAMIONES										
PROTOCOLO										
PERSONAL INTEGRANTES: Nombre y Firma										
1.	_____	6.	_____	11.						
2.	_____	7.	_____	12.						
3.	_____	8.	_____	13.						
4.	_____	9.	_____	14.						
5.	_____	10.	_____	15.						
N° de pasos	Descripción de los pasos de la tarea	Riesgos asociados	Medidas de Control	Probabilidad	Consecuencia	Nivel de Riesgo	Controles adicionales y acciones requeridas	Probabilidad	Consecuencia	Clasificación de Riesgo Final
1	Charla de coordinación de trabajo	No comprensión del trabajo, no ubicación del equipo, etc.	Coordinación al inicio de la guardia y en el frente de trabajo, estar atento en el reparto de guardia.	D	2	5				

2	Relevo de Personal	Colisión, comunicación inadecuada, caídas, resbalones, tropiezos.	Manejo defensivo, respetar y cumplir las señales de tránsito, cumplir con el PET de operación de camión, uso de EPP, comunicación efectiva de ida y vuelta, tener cuidado con el piso y área de relevo. El relevo se realizara solo en los Parqueos (Supercarretera, Huisa y 70)	D	2	5
---	--------------------	---	--	---	---	---

		CONSECUENCIAS				
		1 Muy Baja	2 Baja	3 Moderada	4 Alta	5 Muy Alta
PROBABILIDAD	A Casi Seguro	11	16	20	23	25
	B Probable	7	12	17	21	24
	C Moderado	4	8	13	18	22
	D Improbable	2	5	9	14	19
	E Raro	1	3	6	10	15

Niveles de Riesgo

Bajo : 1 - 5	Medio : 6 - 17	Alto : 18 - 25
Se debe evaluar con precaución	Se debe evaluar con precaución	Se debe evaluar con precaución

N° de pasos	Descripción de los pasos de la tarea	Riesgos asociados	Medidas de Control	Probabilidad	Consecuencia	Nivel de Riesgo	Consecuencia	Probabilidad	Clasificación de Riesgo Final
3	Chequeo del equipo, estacionamiento en hora de refrigerio, stand by, chequeo por mantenimiento o falla imprevista.	Estacionamiento inadecuado por cercanía a taludes u otros equipos, deslizamiento del equipo por ubicación inadecuada, resbalos, tropiezos, caídas, ruido.	Manejo a la defensiva, respetar las reglas de tránsito, estacionarse de izquierda a derecha, proceder según el PET, comunicación de ida y vuelta, colocar el equipo a 10 metros del talud , usar el EPP, tener cuidado con el piso, uso de linterna de noche.	D	2	5			

4	Operación del camión, traslado al frente de trabajo, ingreso a la zona de carga y descarga.	Deslizamiento de pisos y botaderos, incendio, derrames, fugas, corte de llanta, explosión de llanta, despiste, atropello, fugas de hidrocarburos, colisión con otros equipos en la zona de carga y descarga, contacto con cables de alta tensión y comunicación inadecuada.	Manejo a la defensiva, respetar las reglas de tránsito, comunicación abierta y efectiva, ingresar a la zona carga y descarga cuando las condiciones sean seguras, cumplir el PET en todo momento. Seguir los pasos de la norma en caso de condiciones climatológicas adversas. El camión no debera de ingresar a Stock temporal de óxidos, chancadora primaria de sulfuros ni de óxidos. Respetar los limites de velocidad establecidos por el protocolo de prueba (Vel max plano 50 Km/hora; vel max en pendiente 32 Km/hora) En zonas angostas dar preferencia al camion cargado que se encuentra de subida. Prestar atención la señalización de accesos angostos. Bascular la carga en zona definida por el dispatch (protocolo).	D	3	9			
5	Abastecimiento de combustible	Aplastamiento, atropello, colisión con otro equipos, derrames, incendio.	Sólo abastecer cuando el camión esta vacío, según el PET. Los camiones serán abastecidos sólo en el Grifo Maria Cecilia (supercarretera). Check list del equipo.	D	2	5			
6	Pesaje de Camiones (cargado y vacío)	Colision Aplastamiento Derrame Atropello Incendio de Hidrocarburos	Cumplimiento del Pet de Operación de equipo. Comunicación efectiva entre el operador/becario con el personal encargado del pesaje en el Bot 28 D o Bot Dyno E. No se realizaran pesajes en condiciones climaticas adversas (alerta roja). Check list del equipo.	D	2	5			
7	Firma del Supervisor directo del trabajo:								



```

    return ((1 / (3.6)) * peso * (GR + RR) * 9.8 * velocidad) * 0.001;
}

// Consumo de combustible en galones por hora para cada tramo
public double ConvertirAGalones(double consumo, double tl)
{
    return (consumo * 0.2642) * tl;
}

// Verificar en que tramo esta el Camion
public int VerificarTramo(double x)
{
    int i;
    for (i = 1; i < PuntosChancadora.Count; i++)
    {
        if (x < PuntosChancadora[i].X)
            break;
    }
    return i - 1;
}

// dibujar los tramos
void DibujarLineas(Graphics grafico, List<CTramo> tramos, List<Point> Puntos)
{
    Pen RedPen = new Pen(Color.Red, 2);
    Pen BluePen = new Pen(Color.Blue, 2);
    Pen BlackPen = new Pen(Color.Black, 2);
    Pen[] color = { RedPen, BlackPen };
    int x = 100;
    int y = 500;
    int x1, y1;

    for (int i = 1; i < Puntos.Count; i++)
    {
        grafico.DrawLine(color[i % 2], Puntos[i], Puntos[i - 1]);
    }
    grafico.DrawLine(BlackPen, Puntos[0].X, 500, Puntos[Puntos.Count - 1].X, 500);
}

// calcular la distancia en el eje X que avanza
public double CalcularDistanciaX(double distancia, CTramo tramo)
{
    return distancia * (Math.Cos(tramo.Angulo * (Math.PI / 180.0)));
}

// calcular la distancia en el eje Y que avanza
public double CalcularDistanciaY(double distancia, CTramo tramo)
{
    return (Math.Round(distancia * (Math.Sin(tramo.Angulo * (Math.PI / 180.0))));
}

// Agregamos la imagen de la chancadora
public void AgregarPictureChancadora(Graphics grafico, List<Point> Puntos)
{
    System.Drawing.SolidBrush myBrush = new
    System.Drawing.SolidBrush(System.Drawing.Color.Blue);
    System.Drawing.Pen myPen = new Pen(Color.Blue, 1.7f);
    float[] dashValues = { 4, 4, 4, 4 };
    myPen.DashPattern = dashValues;
    var imgPicturePala = new PictureBox();
    imgPicturePala.Location = new Point(Puntos[0].X - 80, Puntos[0].Y - 80);
    imgPicturePala.Size = new System.Drawing.Size(80, 80);
    imgPicturePala.SizeMode = PictureBoxSizeMode.StretchImage;

    imgPicturePala.Image = Image.FromFile(@"C:\img\pala.png");
    pnlChancadora.Controls.Add(imgPicturePala);
    imgPicturePala.Visible = true;

    var imgPictureChancadora = new PictureBox();
    imgPictureChancadora.Location = new Point(Puntos[Puntos.Count - 1].X,
    Puntos[Puntos.Count - 1].Y - 100);
    imgPictureChancadora.Size = new System.Drawing.Size(100, 100);
    imgPictureChancadora.SizeMode = PictureBoxSizeMode.StretchImage;
    imgPictureChancadora.Image = Image.FromFile(@"C:\img\chancadora.png");
    pnlChancadora.Controls.Add(imgPictureChancadora);
    imgPictureChancadora.Visible = true;

    grafico.FillEllipse(myBrush, new Rectangle(Puntos[0].X - 5, Puntos[0].Y - 5, 10, 10));
    grafico.FillEllipse(myBrush, new Rectangle(Puntos[Puntos.Count - 1].X - 5,
    Puntos[Puntos.Count - 1].Y - 5, 10, 10));

    int _aux = 30;
    for (int i = 1; i < Puntos.Count; i++)
    {
        grafico.DrawEllipse(myPen, new Rectangle(Puntos[i].X - _aux, Puntos[i].Y - _aux,
        _aux*2, _aux*2));
    }
    myBrush.Dispose();
    grafico.Dispose();
}

private void timer1_Tick(object sender, EventArgs e)
{
    var picList = pnlChancadora.Controls.OfType<PictureBox>();
}

```



```

    }
    listacamiontramochancadora[identificador].GalonActual = _galonActual;
    int posX = (int)listacamiontramochancadora[identificador].X;
    int posY = (int)listacamiontramochancadora[identificador].Y;
    pic.Location = new Point(posX - 10, posY - 50);
    return true;
}

public CamionTramo RecuperarCamion(int identificador)
{
    foreach (CamionTramo lcc in listacamiontramochancadora)
    {
        if (lcc.Camion.Id == identificador)
            return lcc;
        return null;
    }
    // Cacular la velocidad del camion (CATERPILLAR Y KOMATSU)
    public double calcularSi(int tramo, Ccamion camion)
    {
        double[] arrReturn;
        // si de camion por tramo
        double[] arrCaterpillar = { 6.54, 5.68, 5.63, 6.1, 6.59, 5.96, 6.91 };
        double[] arrKomatsu = { 4.6219, 2.5375, 2.8401, 3.7838, 5.5497, 4.5744, 14.4676 };
        arrReturn = camion.Marca == "CATERPILLAR" ? arrCaterpillar : arrKomatsu;
        return arrReturn[tramo];
    }
    // Calcular el tiempo del camion por el tramo
    public double calcularTi(int tramo, Ccamion camion)
    {
        double[] arrReturn;
        double[] arrCaterpillar = { 0.0218, 0.0198, 0.0425, 0.0425, 0.0181, 0.0252, 0.0172 };
        double[] arrKomatsu = { 0.0309, 0.0445, 0.0842, 0.0653, 0.0215, 0.0329, 0.0026 };
        arrReturn = camion.Marca == "CATERPILLAR" ? arrCaterpillar : arrKomatsu;
        return arrReturn[tramo];
    }
    private void pnlPrincipal_MouseMove(object sender, MouseEventArgs e)
    {
        // Agregar un nuevo camion
        private void button1_Click_2(object sender, EventArgs e)
        {
            AgregarChancadoraCamion();
        }
    }
}

public void DrawPolygonPoint(PaintEventArgs e)
{
    // Create pen.
    Pen blackPen = new Pen(Color.Black, 3);
    // Create points that define polygon.
    SolidBrush blueBrush = new SolidBrush(colorTierra);
    Point[] puntosActuales = PuntosChancadora.ToArray();
    Array.Resize(ref puntosActuales, 12);
    puntosActuales[8] = new Point(pnlChancadora.Width,
    PuntosChancadora[PuntosChancadora.Count - 1].Y);
    puntosActuales[9] = new Point(pnlChancadora.Width, pnlChancadora.Height);
    puntosActuales[10] = new Point(0, pnlChancadora.Height);
    puntosActuales[11] = new Point(0, PuntosChancadora[0].Y);
    e.Graphics.FillPolygon(blueBrush, puntosActuales);
}
private void pnlChancadora_Paint(object sender, PaintEventArgs e)
{
    pnlChancadora.Size =
    System.Drawing.Size(PuntosChancadora[PuntosChancadora.Count - 1].X + 100, Height - 100);
    DrawPolygonPoint(e);
    e.Graphics.Transform(pnlChancadora.AutoScrollPosition.X,
    pnlChancadora.AutoScrollPosition.Y);
    Graphics grafico = e.Graphics; ;
    DibujarLineas(grafico, tramochancadora, PuntosChancadora);
    AgregarPictureChancadora(grafico, PuntosChancadora);
}
public void DibujarPoligono(Graphics grafico, List<Point> Puntos)
{
    Point[] puntosActuales = Puntos.ToArray();
    Array.Resize(ref puntosActuales, 10);
    puntosActuales[8] = new Point(Puntos[Puntos.Count - 1].X, pnlChancadora.Height);
    puntosActuales[9] = new Point(Puntos[0].X, pnlChancadora.Height);
    Pen lapiz = new Pen(Color.Aqua, 3);
    grafico.DrawPolygon(lapiz, puntosActuales);
}
// Agregar nuevo camion
public void AgregarChancadoraCamion()
{
    if (txtCombustibleActual.Text.Trim() == "") return;
    string imagen_camion = TodosCamiones[comboBox.SelectedIndex].Image;
    // crea el nuevo camion
    var imgPictureBox = new PictureBox();
    imgPictureBox.Location = new Point(PuntosChancadora[0].X - 10,
    PuntosChancadora[0].Y - 50);
    imgPictureBox.Size = new System.Drawing.Size(50, 50);
}

```

```

i++;
imgPictureBox.Name = "camion" + i;
imgPictureBox.Tag = i;
imgPictureBox.SizeMode = PictureBoxSizeMode.StretchImage;
imgPictureBox.Image = Image.FromFile(imagen_camion);
pnlChancadora.Controls.Add(imgPictureBox);
imgPictureBox.Visible = true;
Ccamion camion1 = new Ccamion(i, txtMarca.Text, cbxCamion.Text,
String.Format("T{0}", txtEquipo.Text), double.Parse(txtPeso.Text), txtOperador.Text);
CamionTramo camiontramo1 = new CamionTramo(camion1, 1,
PuntosChancadora[0].X, PuntosChancadora[0].Y, float.Parse(txtCapacidadCombustible.Text),
float.Parse(txtCombustibleActual.Text));
listacamiontramochancadora.Add(camiontramo1);
}
private void button2_Click(object sender, EventArgs e)
{
var picList = pnlChancadora.Controls.OfType<PictureBox>();
foreach (PictureBox pic in picList)
{
if (pic.Name.StartsWith("camion")) pnlChancadora.Controls.Remove(pic);
}
}
// Agregar la tabla
public void dibujar_datagridview()
{
dataGridView1.Rows.Clear();
// listacamiontramochancadora
dataGridView1.ColumnCount = 8;
dataGridView1.Columns[0].Name = "Id";
dataGridView1.Columns[1].Width = 25;
dataGridView1.Columns[1].Name = "CAMION";
dataGridView1.Columns[2].Name = "TIPO";
dataGridView1.Columns[3].Name = "FACTOR";
dataGridView1.Columns[4].Name = "COMBUSTIBLE";
dataGridView1.Columns[5].Name = "CAP TANQUE";
dataGridView1.Columns[6].Name = "%";
dataGridView1.Columns[7].Name = "ACCION";
}
foreach (CamionTramo camiontramo in listacamiontramochancadora)
{
if (camiontramo.Movimiento != 2)
{
int id = camiontramo.Camion.Id;
string camion = camiontramo.Camion.Equipo;
string marca = camiontramo.Camion.Marca;
string codigo = camiontramo.Camion.Codigo;
string tipo = codigo;
object combustibleactual = camiontramo.Galonactual;
object cap_tanque = camiontramo.Galoninicial;
double porcen = Math.Round((float)(100 * camiontramo.Galonactual) /
camiontramo.Galoninicial, 2);
object porcentaje = porcen;
string asignargrifo = "";
// verificar si el porcentaje del consuo de combustible es mejor del 30%
if (porcen < 30)
asignargrifo = "ASIGNAR A GRIFO";
dataGridView1.Rows.Add(new object[] { id, camion, tipo, "1.000",
combustibleactual, cap_tanque, porcentaje, asignargrifo });
}
}
// Verificar si el combustible es menor a 30 o 25 porciento
private void dataGridView1_CellFormatting(object sender,
DataGridViewCellFormattingEventArgs e)
{
foreach (DataGridViewRow Myrow in dataGridView1.Rows)
{
if (Convert.ToDouble(Myrow.Cells[6].Value) <= 25)
Myrow.DefaultCellStyle.BackColor = Color.Red;
else if (Convert.ToDouble(Myrow.Cells[6].Value) <= 30)
Myrow.DefaultCellStyle.BackColor = Color.Yellow;
}
}
private void cbxCamion_SelectedIndexChanged(object sender, EventArgs e)
{
int cbx = cbxCamion.SelectedIndex;
Camiones camion = TodosCamiones[cbx];
txtMarca.Text = camion.Marca;
txtPeso.Text = camion.Peso.ToString();
txtCapacidadCombustible.Text = camion.Capacidad.ToString();
}
// Pausar la simulacion
private void btnPausa_Click(object sender, EventArgs e)
{
timer1.Stop();
}
// Iniciar la simulacion
private void btnStar_Click(object sender, EventArgs e)

```





SDV TITON600	REAL				ESTIMADO				VARIACION			
	DM %	UE %	(tms/hr)	T. Excav.	DM %	UE %	(tms/hr)	T. Excav.	DM %	UE %	(tms/hr)	T. Excav.
<b>CARGUÍO</b>												
B 495HR2	89.6	76.9	5,371.8	9,161.9								
CAT 6060FS	85.8	68.9	2,779.4	4,262.0								
PH 2800XPB	78.6	65.6	3,150.9	5,591.9								
PH 2300XP												
LT L2350												
LT L1850	79.3	54.3	1,966.7	2,560.6								
KOM WA900												
CAT 994F	87.1	60.8	1,469.7	1,895.3								
CAT 992G	100.0	2.2	125.9	198.8								

ACARREO	REAL				ESTIMADO				VARIACION			
	DM %	UE %	(tms/hr)	(tms*km.eq/hr)	DM %	UE %	(tms/hr)	(tms*km.eq/hr)	DM %	UE %	(tms/hr)	(tms*km.eq/hr)
CAT 797F	87.9	84.4	635.5	7,714.4								
KOM 930E	88.5	85.5	465.1	4,816.6								
KOM 830EDC	84.6	81.5	374.7	2,902.2								
KOM 830EAC	87.5	86.4	390.6	3,396.6								
CAT 793D	90.2	84.9	483.1	2,777.3								
CAT 785B												

#### D.- TIEMPOS DEL CICLO DE CARGUIO Y ACARREO

ITEM	REAL (Min)	ESTIMADO (Min)	VARIACION (Min)
Camión esperando pala - QUEUE			
Pala esperando camión- HANG			
Tiempo de carguío promedio - Palas	2.3		
Tiempo de carguío promedio - Cargadores	4.4		
Espera en botaderos			
Espera en chancadora			

Anexo 10, indicadores de rendimiento después de la aplicación del módulo de información del nivel de combustible

REPORTE DE INDICADORES OPERATIVOS DEL 01/03/2016 - 1 AL 31/03/2016 - 2

Mining Information System Antapaccay, Impreso el: 02/04/2016 04:30:59 p.m.



Supervisor de Carguio-Acarreo Joel Nova  
 Supervisor de Botaderos Richard Sinsaya  
 Supervisor de Cables Jorge Medina  
 Ingeniero de Despacho Alexander Castillo

**A.- MOVIMIENTO MATERIAL**

ITEM	REAL	
	tmh	tms
Movimiento Total	14,062,671	13,434,648
Produccion Mina	13,591,998	12,983,303
Sulfuros a Planta	3,407,026	3,266,902
Oxidos a Planta	0	0
Inpit	71,722	69,217

ESTIMADO	
tmh	tms

VARIACION	
tmh	tms

**B.- DISTANCIAS**

ITEM	REAL
	Incl.
Material Producido	9,804
Material Remanipulado	782

ESTIMADO	
Incl.	Equiv.

ESTIMADO	
Incl.	Equiv.

VARIACION	
Incl.	Equiv.

**C.- DISPONIBILIDAD MECANICA, UTILIZACION EFECTIVA Y PRODUCTIVIDAD**

PERFORACIÓN	REAL	
	DM %	Metros
B49HR		
PH100B		
DT D90KS		
ATL COP ROCL8		
SDV TITON600		

ESTIMADO		
DM %	UE %	Metros

ESTIMADO		
DM %	UE %	Metros

VARIACION		
DM %	UE %	Metros

CARGUÍO	REAL

ESTIMADO

ESTIMADO

VARIACION

	DM %	UE %	(tms/hr)	T. Excav.	DM %	UE %	(tms/hr)	T. Excav.	DM %	UE %	(tms/hr)	T. Excav.
B 495HR2	91.0	76.2	5,664.7	5,744.1								
CAT 6060FS	86.2	67.2	2,917.9	5,137.7								
PH 2800XPB	89.7	70.3	2,960.2	4,185.8								
PH 2300XP												
LT L2350												
LT L1850	84.7	58.5	1,651.9	1,726.8								
KOM WA900												
CAT 994F	79.6	47.1	1,515.6	2,590.2								
CAT 992G	97.4	1.5	204.0	370.1								

ACARREO	REAL				ESTIMADO				VARIACION			
	DM %	UE %	(tms/hr)	(tms*km.eq/hr)	DM %	UE %	(tms/hr)	(tms*km.eq/hr)	DM %	UE %	(tms/hr)	(tms*km.eq/hr)
CAT 797F	89.4	84.9	646.5	8,350.6								
KOM 930E	89.7	85.4	539.2	4,752.5								
KOM 830EDC	92.4	86.5	430.1	2,787.5								
KOM 830EAC	90.2	84.6	459.4	3,057.1								
CAT 793D	90.8	86.7	564.0	2,733.9								
CAT 785B												

## D.- TIEMPOS DEL CICLO DE CARGUIO Y ACARREO

ITEM	REAL (Min)	ESTIMADO (Min)	VARIACION (Min)
Camión esperando pala - QUEUE	1.2		
Pala esperando camión- HANG	1.2		
Tiempo de carguio promedio - Palas	1.8		
Tiempo de carguio promedio - Cargadores	4.3		
Espera en botaderos	2.3		
Espera en chancadora	6.0		

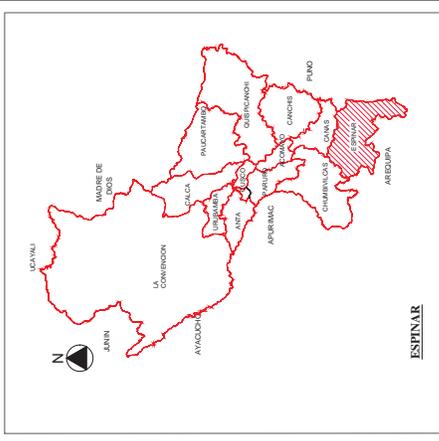
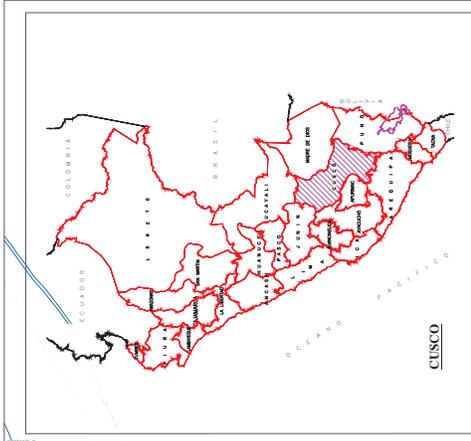
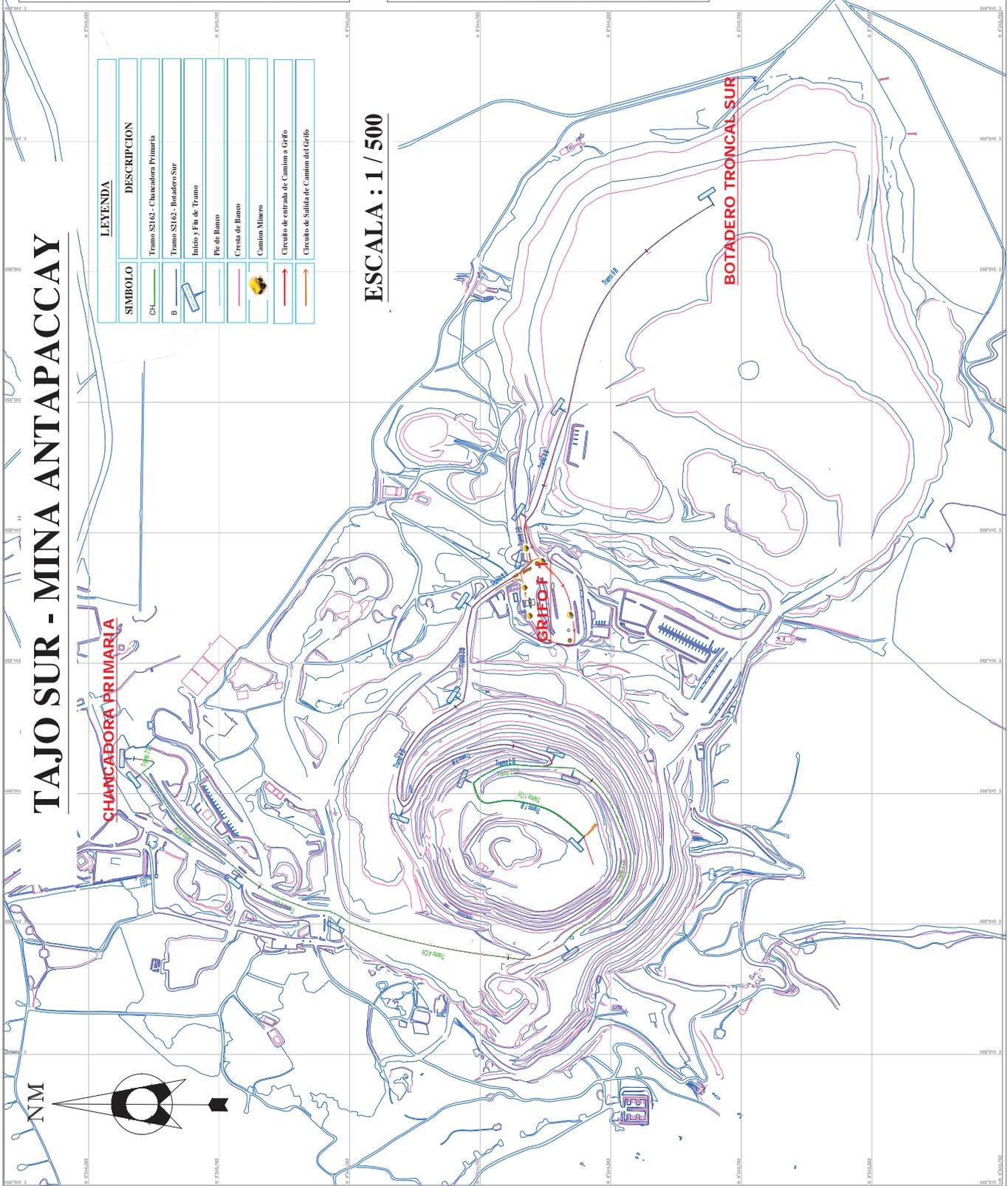
*Anexo II. planos*

# TAJO SUR - MINA ANTAPACCAY

**CHANCADORA PRIMARIA**

LEYENDA	
SIMBOLO	DESCRIPCION
CH	Tramo S2163 - Chancadora Primaria
B	Tramo S2162 - Botadero Sur
	Inicio y Fin de Tramo
	Pic de Ramco
	Cresta de Ramco
	Camión Minero
	Circuito de entrada de Camión a Grifo
	Circuito de Salida de Camión del Grifo

**ESCALA : 1 / 500**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAJO DEL CUSCO**

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA DE MINAS Y METALURGIA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAJO DEL CUSCO

PROYECTO: PLAN DE MANEJO DE MINA ANTAPACCAY - TAJO SUR

FECHA: 2023

PROFESOR: ING. TIBURCIO RAMOS VILLACAMA

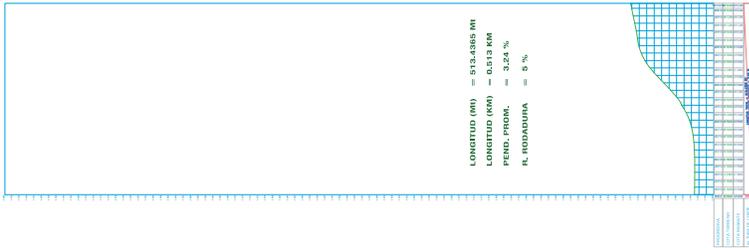
ESTUDIANTE: ING. TIBURCIO RAMOS VILLACAMA

PP-01

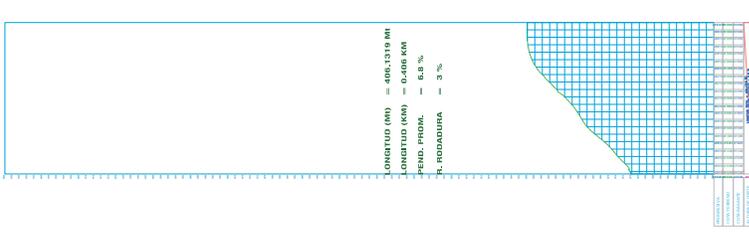


# PERFIL LONGITUDINAL TRAMO PALA S2162 - CHANCADORA

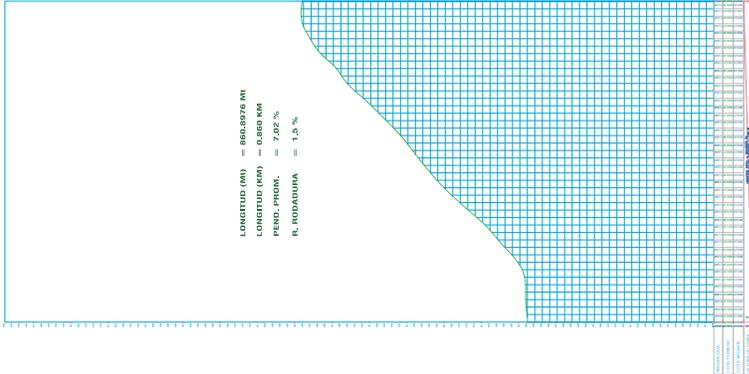
**TRAMO 1 CH**



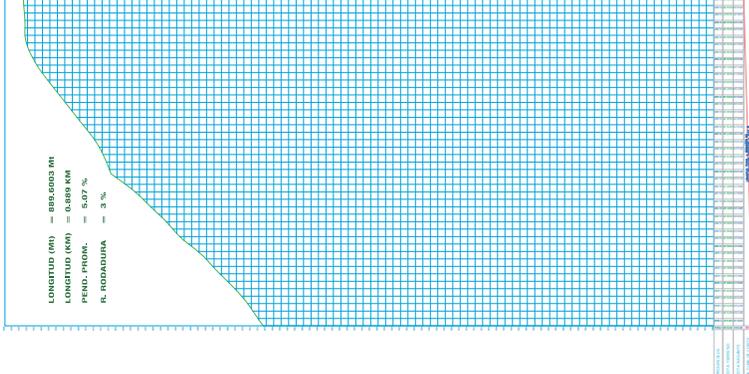
**TRAMO 2 CH**



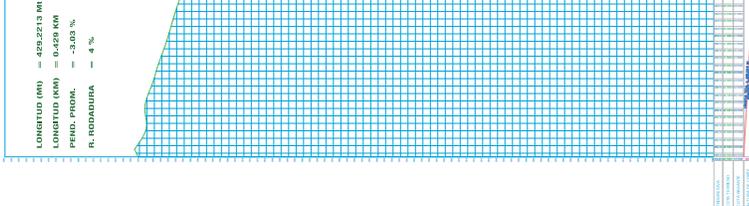
**TRAMO 3 CH**



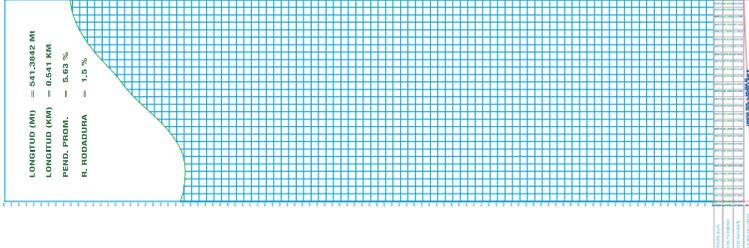
**TRAMO 4 CH**



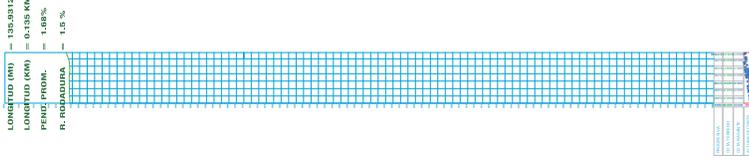
**TRAMO 5 CH**



**TRAMO 6 CH**



**TRAMO 7 CH**



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAJ DEL CUSCO

PROYECTO: ESTUDIO DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE E IMPLEMENTACION DE MODELO DE INFORMACION EN EL SISTEMA DISPATCH PARA LOS CAMIONES DE CAMBIA, INTRACAYV - ESPINAR - CUSCO

PARTE PERIF. LONGITUDINAL DE TRAMO PALA S2162 - CHANCADORA PRIMARIA

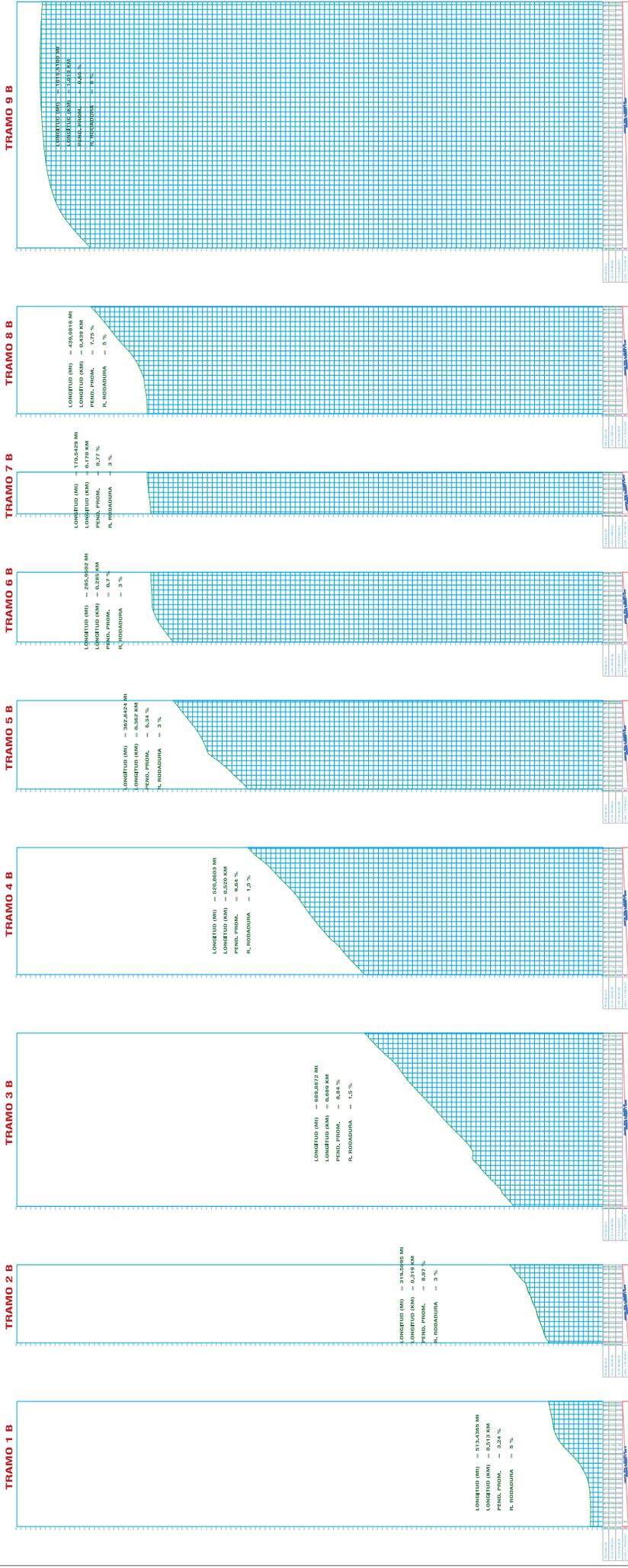


PROYECTO	ESTUDIO DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE E IMPLEMENTACION DE MODELO DE INFORMACION EN EL SISTEMA DISPATCH PARA LOS CAMIONES DE CAMBIA, INTRACAYV - ESPINAR - CUSCO
PARTE PERIF. LONGITUDINAL DE	TRAMO PALA S2162 - CHANCADORA PRIMARIA
FECHA	28/04/2024
PROYECTISTA	ING. JUAN PABLO
REVISOR	ING. JUAN PABLO
APROBADO	ING. JUAN PABLO
FECHA DE APROBACION	28/04/2024
ESCALA	1:1
PROYECTO	ESTUDIO DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE E IMPLEMENTACION DE MODELO DE INFORMACION EN EL SISTEMA DISPATCH PARA LOS CAMIONES DE CAMBIA, INTRACAYV - ESPINAR - CUSCO
PARTE PERIF. LONGITUDINAL DE	TRAMO PALA S2162 - CHANCADORA PRIMARIA
FECHA	28/04/2024
PROYECTISTA	ING. JUAN PABLO
REVISOR	ING. JUAN PABLO
APROBADO	ING. JUAN PABLO
FECHA DE APROBACION	28/04/2024
ESCALA	1:1

P-CH-02



# PERFIL LONGITUDINAL TRAMO PALA S2162 - BOTADERO





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAAD DEL CUSCO**

ESTUDIO DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE E IMPLEMENTACION DE UN MODULO DE INFORMACION EN EL SISTEMA DISPATCH PARA LOS CAMIONES DE CAMBINA ANTIPACAY - ESPINAY - CUSCO

---

TRAMO PERFIL LONGITUDINAL DEL TRAMO PALA S2162 - BOTADERO SUR

<b>PROYECTO:</b>	<b>TRAMO:</b>	<b>FORMA:</b>
ESTUDIO DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE E IMPLEMENTACION DE UN MODULO DE INFORMACION EN EL SISTEMA DISPATCH PARA LOS CAMIONES DE CAMBINA ANTIPACAY - ESPINAY - CUSCO	TRAMO PALA S2162 - BOTADERO SUR	TRAMO
<b>PROYECTISTA:</b>	<b>TRABAJO:</b>	<b>FECHA:</b>
ING. GILBERTO ESPINAY	TRAMO PALA S2162 - BOTADERO SUR	11/07/2024
<b>PROYECTISTA:</b>	<b>TRABAJO:</b>	<b>FECHA:</b>
ING. GILBERTO ESPINAY	TRAMO PALA S2162 - BOTADERO SUR	11/07/2024

PB - 02