

**UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE GEOLOGÍA, MINAS Y GEOFÍSICA
COORDINACIÓN DE PASANTÍAS
DEPARTAMENTO DE MINAS
MINERÍA DE CAMPO (3230)**

**INFORME
ANÁLISIS DE LOS FACTORES QUE INFLUYEN EN LAS
DESVIACIONES DE PRODUCTIVIDAD DEL SISTEMA
PALA-CAMION, CARBONES DEL GUASARE S.A.
MUNICIPIO MARA, ESTADO ZULIA
AGOSTO – OCTUBRE 2011.**

Presentado ante la Ilustre.
Universidad Central de Venezuela.

Por los Brs.
Manuel Porras
Johan Manzanilla

Maracaibo, Febrero de 2012

**UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE GEOLOGÍA, MINAS Y GEOFÍSICA
COORDINACIÓN DE PASANTÍAS
DEPARTAMENTO DE MINAS
MINERÍA DE CAMPO (3230)**

**INFORME
ANÁLISIS DE LOS FACTORES QUE INFLUYEN EN LAS
DESVIACIONES DE PRODUCTIVIDAD DEL SISTEMA
PALA-CAMION, CARBONES DEL GUASARE S.A.
MUNICIPIO MARA, ESTADO ZULIA
AGOSTO – OCTUBRE 2011.**

TUTORA ACADÉMICA: Prof. Aurora Piña

TUTOR INDUSTRIAL: Ing. Donald Espinoza

Por los Brs.
Manuel Porras
Johan Manzanilla

Maracaibo, Febrero de 2012

INDICE

RESUMEN	8
INTRODUCCIÓN	9
PLANTAMIENTO.....	10
OBJETIVOS.....	11
JUSTIFICACIÓN Y DELIMITACION.....	12
CAPÍTULO I	
GENERALIDADES	13
1.1.- UBICACIÓN.....	14
1.2.- GEOLOGÍA REGIONAL.....	14
1.3.- GEOLOGÍA LOCAL.....	16
1.4.- DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.....	18
1.4.1.- Reseña Histórica.....	18
CAPITULO II	
MARCO	
TEÓRICO	19
2.1.- BASES TEÓRICAS.....	20
2.1.1.-Operaciones Básicas de Minería	20
2.1.1.1.-Arranque.....	20
2.1.1.2.- Carga.....	20
2.1.1.3.- Acarreo.....	20
2.1.1.4.- Descarga.....	20
2.1.2.- Definiciones Cortas	27
2.1.2.1.- Mina Cielo Abierto.....	27
2.1.2.2.- Mina Subterránea.....	27
2.1.2.3.- Yacimiento Minero.....	27
2.1.2.4.- Carbón.....	27
2.1.2.5.- Estéril.....	27
CAPITULO III	
DATOS SUMINISTRADO POR “CDG”.....	28

3.1.1.-Características operativas del material estéril de CDG.....	29
3.1.2.-Overburden.....	29
3.1.3.-Interburden.....	29
3.1.4.- Escombreras.....	29
3.1.5.-MineScape.....	29
3.1.6.- Dispatch.....	29
3.1.7.- Longitud de perfil.....	29
3.1.8.- Delta cota.....	30
3.1.9.- Factor de ajuste.....	30
3.1.10.- Tiempo de espera.....	30
3.1.11.- Tiempo de maniobra.....	30
3.1.12.- Tiempo de carga.....	30
3.1.13.- Tiempo de Viaje.....	30
3.1.14.- Tiempo de ciclo.....	30
3.1.15.-Fórmula para la estimación de los tiempos de viaje.....	31
3.1.16 Tiempos parciales utilizados por CDG según la combinación de equipo de carga y equipo de acarreo.....	32
CAPITULO IV	
RESULTADOS.....	34
4.1.- FASE DE CAMPO.....	35
4.1.1.- Toma de muestras en campo.....	35
CAPITULO V	
ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	55
CONCLUSIONES.....	58
RECOMENDACIONES.....	59
BIBLIOGRAFÍA.....	60

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

FIGURAS

Figura 1: Ubicación geográfica de la Mina Paso Diablo.....	14
Figura 2: secuencia estratigráfica presente en la Mina Paso Diablo.....	17
Figura 3: Organigrama general de Carbones del Guasare S.A.....	19
Figura 4: Descripción gráfica de los tiempos parciales del sistema carga- acarreo.....	30
Figura 5: Formato para recopilación de datos en campo.....	36
Figura 6: Tabla de resultados.....	37
Figura 7: Cuadro comparativo entre valores teóricos y reales (combinación pala P&H2051 con CAT793)	38
Figura 8 : Cuadro comparativo entre valores teóricos y reales (combinación pala P&H2053 con CAT793)	39
Figura 9: Cuadro comparativo entre valores teóricos y reales (combinación pala O&K 2011 con CAT793)	39
Figura 10: Cuadro comparativo entre valores teóricos y reales (combinación pala O&K 2012 con CAT793)	40
Figura 11: Cuadro comparativo entre valores teóricos y reales (combinación pala O&K 2013 con CAT793)	40
Figura 12: Mapa del Perfil de Acarreo.....	41

TABLAS

Tabla 1: Cantidad de equipos disponibles en la empresa y su capacidad de uso por jornada de trabajo.....	32
Tabla 2: Combinación pala P&H con camiones CAT 793.....	32
Tabla 3: Combinación pala frontal O&K 2013 con camiones CAT 793.....	33
Tabla 4: Combinación pala retro O&K 2011 y 2012 con camiones CAT 793.....	33

ECUACIONES

Ecuación 1: Formula para la estimación de tiempos de viaje.....	31
Ecuación 2: Formula para la estimación de tiempos de ciclo.....	31

GRAFICAS

Gráfica 1 Comparación Real-Teórica de la Productividad del sistema Pala-Camión (P&H 2051 Y CAT79).....	42
Gráfica 2 Comparación Real-Teórica del sistema Pala-Camión (P&H 2051 Y CAT793)	43
Gráfica 3 Comparación Real-Teórica de la Productividad del sistema Pala-Camión (O&k 2011 Y CAT793).....	44
Gráfica 4 Comparación Real-Teórica de la Productividad del sistema Pala-Camión (O&k 2012 Y CAT793).....	45
Gráfica 5 Comparación Real-Teórica de la Productividad del sistema Pala-Camión (O&k 2013 Y CAT793)	46
Gráfica 6 Comparación Real-Teórica de los Tiempo de Viaje del sistema Pala-Camión (P&H 2051 Y CAT793)	47
Gráfica 7 Comparación Real-Teórica de los Tiempo de Ciclo del sistema Pala-Camión (P&H 2051 Y CAT793).....	48
Gráfica 8 Comparación Real-Teórica de los Tiempo de Viaje del sistema Pala-Camión (P&H 2053 Y CAT793).....	49
Gráfica 9 Comparación Real-Teórica de los Tiempo de Ciclo del sistema Pala-Camión (P&H 2053 Y CAT793).....	50
Gráfica 10: Comparación Real-Teórica de los Tiempo de Viaje del sistema Pala-Camión (P&H 2011 Y CAT793).....	51
Gráfica 11 Comparación Real-Teórica de los Tiempo de Ciclo del sistema Pala-Camión (P&H 2011 Y CAT793).....	51

Gráfica 12 Comparación Real-Teórica de los Tiempo de Viaje del sistema Pala-Camión (P&H 2012 Y CAT793).....	52
Gráfica 13: Comparación Real-Teórica de los Tiempo de Ciclo del sistema Pala-Camión (P&H 2012 Y CAT793)	52
Gráfica 14 Comparación Real-Teórica de los Tiempo de Viaje del sistema Pala-Camión (P&H 2013 Y CAT793).....	53
Gráfica 15: Comparación Real-Teórica de los Tiempo de Ciclo del sistema Pala-Camión (P&H 2013 Y CAT793)	53

RESUMEN

El presente informe constituye una recopilación de la información generada por el sistema de carga y acarreo de la Mina Paso Diablo, por medio de inspecciones de campo y la revisión de material técnico respectivo. Este informe contempla cinco (5) capítulos. El primero expone las generalidades de la empresa Carbones del Guasare S.A. correspondientes con ubicación, geología regional, geología local y la descripción de la empresa. El segundo capítulo de este informe abarca el marco teórico. El capítulo tres corresponde a los datos suministrados por la empresa. El cuarto suministra los resultados que comprenden la fase de campo y la de toma muestras. El último capítulo es el análisis de resultados. Una de las principales conclusiones es que la fórmula utilizada para la planificación se aproxima significativamente a la realidad. Realizar un muestreo más extenso para poder observar el comportamiento del sistema durante un periodo mayor de tiempo, se considera una de las más importantes recomendaciones.

INTRODUCCIÓN

En minería se desarrollan un conjunto de etapas y actividades bien definidas que se encuentran en estrecha interdependencia y con un fin común, por lo que una adecuada ejecución de éstas garantizará la eficiencia en el alcance de los objetivos.

Este informe contiene cinco capítulos en donde se describe la recopilación de datos, trabajo de campo y evaluación realizada por los pasantes de la Universidad Central de Venezuela.

El primer capítulo “Generalidades” abarca la ubicación de la Mina Paso Diablo, la geología regional y local que muestra su secuencia estratigráfica, así como la descripción de la empresa Carbones de Guasare S.A.

El capítulo II “Marco Teórico” trata acerca de las bases teóricas necesarias para comprender el siguiente informe como operaciones básicas de minería y definiciones cortas. “Los Datos Suministrados por la Empresa” corresponde al tercer capítulo, entre éstos se ubican definiciones como *MineScape*, *Dispatch*, tiempos parciales utilizados por CDG, entre otro. El capítulo IV “Resultados” expone la fase de campo en la cual se realizó la toma de muestras que consistió en la medición de los tiempos parciales de cada camión operativo durante el ciclo de acarreo. Al igual, se realizaron observaciones de las distintas variables que influyeron en las condiciones del frente de trabajo, presencia de equipos auxiliares en el frente y condiciones de la vía. La información recolectada en esta fase se sistematizó en tablas en donde estos tiempos se utilizaron para calcular la productividad real, tiempo de ciclo, tiempo de acarreo y la desviación estándar.

El capítulo V corresponde al análisis de resultados, de se obtuvo una comparación de productividad real - teórica de las distintas combinaciones del sistema pala – camión y tiempo de acarreo. Para finalizar el informe se dan algunas conclusiones y recomendaciones.

Planteamiento

Actualmente Carbones del Guasare, S.A presenta una desviación considerable en el rendimiento de la flota de camiones respecto a los registros reales. Esta situación está causando que en la realidad no se alcancen los datos calculados teóricamente. Se busca identificar las variables más influyentes en los sistemas de carga y acarreo de la Mina Paso Diablo “Carbonos Del Guasare, S.A.” mediante la recopilación de datos en campo, para validar las premisas estipuladas por el Departamento de Planificación en los ciclos de transporte de material estéril.

Para el cumplimiento de una meta específica de producción de carbón es de vital importancia que en la actualidad se realice una revisión rigurosa de las fórmulas de productividad para lograr así el ajuste necesario y poder alcanzar los números tanto de la producción real como los propuestos por el plan de mina, que permitan estimar un volumen de material a remover en un determinado período.

Objetivo General

Evaluar los factores que influyen en las desviaciones de productividad del sistema de acarreo camión - pala durante el período agosto – octubre 2011.

Objetivos Específicos

Determinar las variables reales que intervienen en el cálculo de productividad del sistema pala - camión.

Observar el comportamiento del circuito actual de carga y acarreo para el sistema pala - camión.

Determinar los factores que influyen en las desviaciones de productividad del sistema de pala - camión.

Analizar los valores reales obtenidos con respecto a los valores teóricos del sistema de acarreo pala – camión.

Justificación y Delimitación

Para la empresa Carbones del Guasare, S.A. es de vital importancia, mantener una revisión rigurosa de cada uno de los factores que intervienen en el proceso de producción. Por ende, un continuo chequeo de las variables más influyentes en el sistema de carga y acarreo se hace estrictamente necesario para conservar un control cuidadoso de estos aspectos.

Por medio de este trabajo, se quiere hacer una evaluación de las premisas contempladas en la planificación con respecto al ciclo de acarreo de material estéril a través de la recopilación de datos de campo. Esto servirá para observar la desviación existente entre los valores registrados en la realidad y los calculados teóricamente.

El trabajo se enfocará, en buscar, identificar y evaluar las variables más importantes que intervienen en el proceso de acarreo del material estéril hasta las escombreras. Los tiempos de acarreo se medirán en campo para obtener una productividad real de camión-pala y compararlo con la productividad ideal.

CAPITULO I
GENERALIDADES

En este capítulo se conocerán diferentes parámetros de la empresa como lo son: reseña histórica, ubicación, geología regional, geología local y descripción de la empresa Carbones de Guasare, S.A.

UBICACIÓN

La mina Paso Diablo se encuentra en la parroquia Luis De Vicente del Municipio Mara al noroeste del estado Zulia como se muestra en la figura 1.



Figura 1. Ubicación geográfica de la Mina Paso Diablo

Fuente: www.guasare.com, Consulta efectuada en Octubre de 2010

GEOLOGÍA REGIONAL

Formación Guasare (Terciario) Paleoceno

Fuente: <http://www.pdya.com/lexico/g42w.htm>

A. H. Garner, 1926, p. 679-680.

En los afloramientos de los ríos Guasare, Socuy y Cachirí, la formación consiste en calizas pardo grisáceo a gris amarillento o gris, generalmente glauconíticas. Algunas capas son ricas en restos de fósiles como *Ostrea* y *Venezulia*. Intercaladas con las calizas, se presentan lutitas y limolitas grises a parduscas y areniscas grises, calcáreas y glauconíticas. En el subsuelo del campo Alturitas, se señala que la litología consiste principalmente en lutitas gris oscuro, arenosas, macizas o laminadas, areniscas marrón claro, calcáreas y

glauconíticas, limolitas y arcillitas grises con esférulas de limolita, y en menor proporción caliza arenosa gris y algunas capas muy delgadas de carbón: esta litología es representativa de la transición lateral, a los sedimentos deltaicos del Grupo Orocué

Los afloramientos de la Formación Guasare se presentan a lo largo de una faja de 50 a 60 km de ancho, que se extiende a lo largo de los contrafuertes de la sierra de Perijá, desde el río Guasare, hasta el área sur del distrito Perijá. Aflora en la isla de Toas, y al lado oriental del lago de Maracaibo, se la encuentra en las cabeceras del río Misoa, extendiéndose por todo el subsuelo del lago. En la sección tipo, el espesor (incompleto) de la Formación Guasare es de unos 120 m. En el río Cachirí es de 390 m, y en el río Socuy, de 370 m. En el subsuelo de Alturitas de 165 a 193 m.

Formación Marcelina: (terciario) Paleoceno

Fuente: <http://www.pdv.com/lexico/m21w.htm>

F. A. Sutton, 1946, 1663-1665.

Se describe la litología de la formación como una intercalación de areniscas, lutitas, lutitas arenosas y capas de carbón. En la base de la unidad, las areniscas son macizas, gruesas, de color gris claro y localmente calcáreas. Más arriba se hacen delgadas, están intercaladas con lutitas color gris y presentan planos de estratificación con mica y carbón. Las lutitas son de color gris oscuro a negro, con fractura.

El carbón es de tipo subbituminoso a bituminoso, se presenta principalmente hacia la base de la formación, en capas de 2 hasta 10 m de espesor y se indican la existencia de 25 a 30 mantos importantes de carbón. Además, se observa un conjunto de rocas alteradas por el calor de la oxidación (combustión) de mantos de carbón.

Los afloramientos de la Formación Marcelina abarcan una faja de unos 54 km de largo, por no más de 4 km de ancho, que va desde unos 3 km al norte del río Guasare, hasta la confluencia del caño Colorado con el río Palma, al sur. En la sección tipo, la formación tiene alrededor de 610 m de espesor. En el río Socuy, el espesor es de unos 550 m. Se indica 265 m en el subsuelo del campo Alturitas y un espesor de 550 m en sondeos de la mina Paso Diablo, al sur de la localidad tipo. En el campo Alpuf, al noreste de Machiques, Perijá, la formación tiene un espesor promedio de 137 m.

Formación Misoa: Terciario (Eoceno)

Fuente: <http://www.pdv.com/lexico/m43w.htm>

A. H. Garner, 1926, p. 678-680.

Las areniscas de esta formación presentan tamaños variados de grano, pero, en general, son de grano fino y gradan a limolitas y luego a lutitas. Son generalmente micáceas, frecuentemente carbonáceas y generalmente bien estratificadas a macizas. Se presentan en unidades compuestas, con espesores normales de varias decenas de metros, las cuales localmente se agregan para totalizar espesores de centenares de metros, formando serranías pronunciadas.

Las lutitas tienen composición variable, casi siempre son micáceas, arenosas a limolíticas, con abundantes estratos delgados, estrías y películas de arena, limo y material carbonáceo (incluyendo restos de hojas), que les dan un aspecto laminado. Se presentan tanto en forma de intercalaciones menores en las unidades compuestas de arenisca-limolita, como en secuencias que alcanzan varios centenares de metros de espesor, entre complejos de areniscas.

Las calizas son escasas y se presentan en la base de la formación, son de color gris a gris azulado, duras, con espesores de menos de un metro a varios metros, arenosas, gradando a areniscas calcáreas.

GEOLOGÍA LOCAL

La Formación Marcelina está conformada entre 25 y 30 metros entre los cuales se distinguen nueve grupos, el *pit* o fosa Baqueta explotado actualmente, contiene 17 mantos de carbón del 40 al 8I, ambos inclusive, tal y como se puede observar en la figura 2, cuyos espesores suman aproximadamente 200 metros. Los carbones del grupo 9 y superiores afloran al este de un corredor de falla, fuera del bloque a ser explotado.

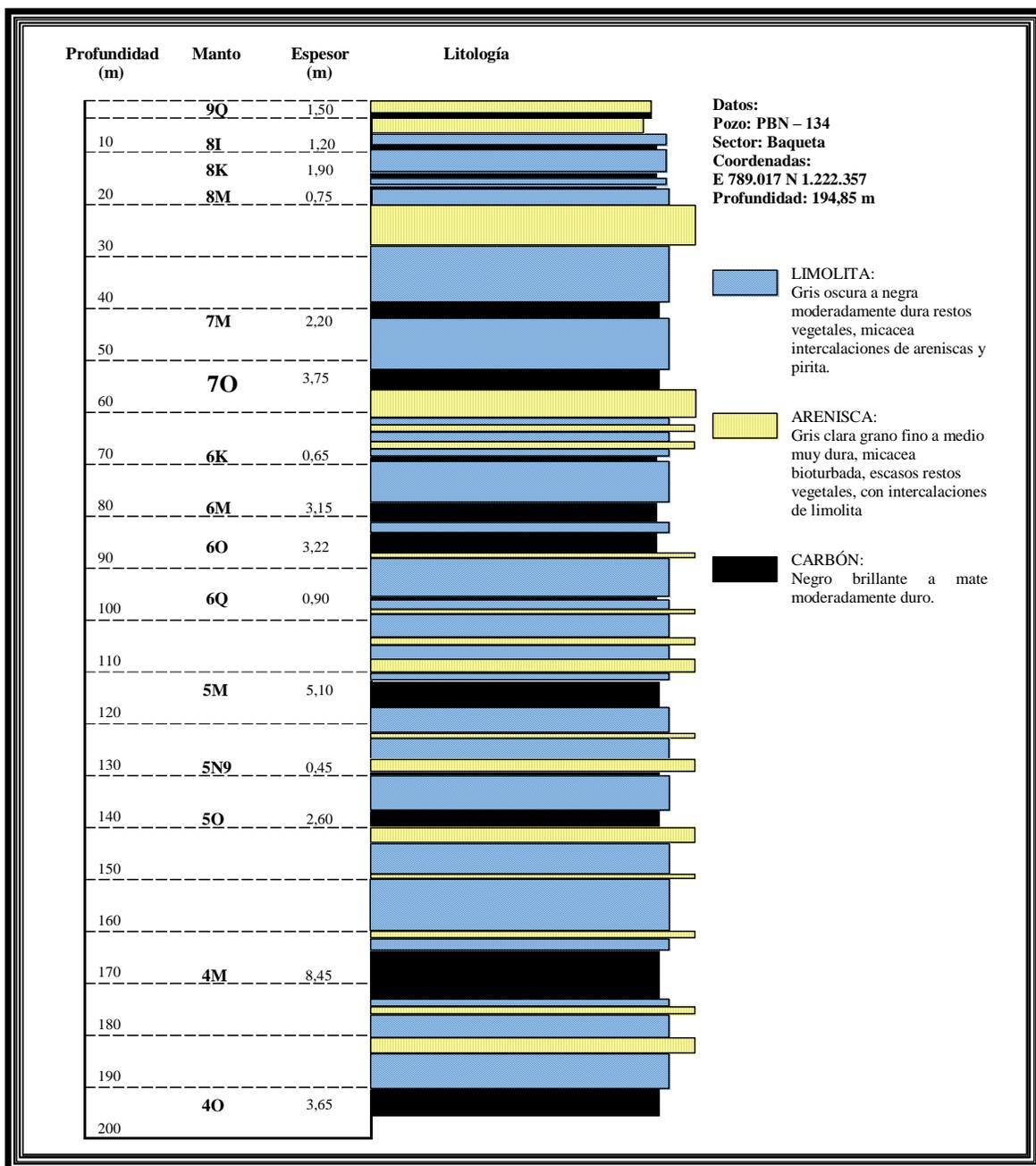


Figura 2. Secuencia estratigráfica presente en la Mina Paso Diablo

Fuente:

[http://saber.ucv.ve/jspui/bitstream/123456789/107/1/Trabajo%20Especial%20de%20Grado%20\(U\).pdf](http://saber.ucv.ve/jspui/bitstream/123456789/107/1/Trabajo%20Especial%20de%20Grado%20(U).pdf)

DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA. <http://www.guasare.com/guasare/guasare.htm>

Carbones de Guasare, S.A (CDG) es una empresa carbonífera integrada que actúa en exploración, producción, transporte y comercialización de carbón para la generación de electricidad y uso de acerías en el mercado energético mundial.

Es una empresa mixta conformada por Carbozulia, poseedora de 49% de las acciones, *Peabody Energy* (25%), la empresa más grande de Estados Unidos; y *Anglo American* (25%). Opera los ricos depósitos de carbón de la mina Paso Diablo, la más extensa de Venezuela y líder del desarrollo minero más importante del país.

CDG ha desplegado un moderno modelo de gestión centrado en crear valor para el accionista, conciliando ese legítimo objetivo empresarial con el compromiso de proteger el ambiente, promover una sólida cultura de seguridad y contribuir activamente con el desarrollo sustentable del entorno.

RESEÑA HISTÓRICA. <http://www.guasare.com/guasare/guasare.htm>

Es una empresa del Estado conformada por Carbozulia y *Peabody energy* que opera los ricos depósitos de carbón de la Mina Paso Diablo, la más extensa de Venezuela y es el líder del desarrollo minero del país, con más de 20 años de experiencia, desarrollando un modelo de gestión centrado en crear valor con el compromiso de proteger el ambiente promoviendo una sólida cultura de seguridad y de contribución al desarrollo sustentable del entorno. Carbones del Guasare fue conformada en 1986 como una empresa mixta conformada por Carbozulia S. A. con un 49% de las acciones, *Anglo Coal Ltd*, empresa sudafricana, con un 25.5% y *Rag Caol International AG*, filial de la empresa Alemana VEBA, con un 25.5%. Este último vendió sus acciones y fueron adquiridas por *Peabody Energy* quien mantuvo este 25.5% hasta principios del 2011 cuando *Anglo Coal Ltd* decide vender sus acciones y mantiene el estado a través de Carbozulia mayoría accionaria de 50.35%, pasando a ser empresa del estado a través de decreto 8.116 publicado en Gaceta Oficial 39.643 el día 28 de marzo de 2011.

Carbones del Guasare lleva actualmente sus operaciones en el área norte de la Mina Paso Diablo llevando a cabo la explotación del carbón en los sectores de Aceitunos y Transición a través del sistema de Fosa Abierta también conocido como *Open Pit*, el cual consiste en

la excavación a cielo abierto a través de medios mecánicos, en esta caso bajo el sistema de pala camión, removiendo todo el material estéril que se encuentra sobre el carbón y depositándolo en escombreras para finalmente remover y producir el mineral.

Actualmente carbones del Guasare cuenta con un plan de explotación que busca alcanzar 4,500 Mton de carbón para el año 2012 en búsqueda de incrementar gradualmente la producción año a año.

ORGANIGRAMA GENERAL DE LA EMPRESA (CDG).

El organigrama presenta la estructura organizativa de la empresa y la distribución de las distintas gerencias (Figura 3).

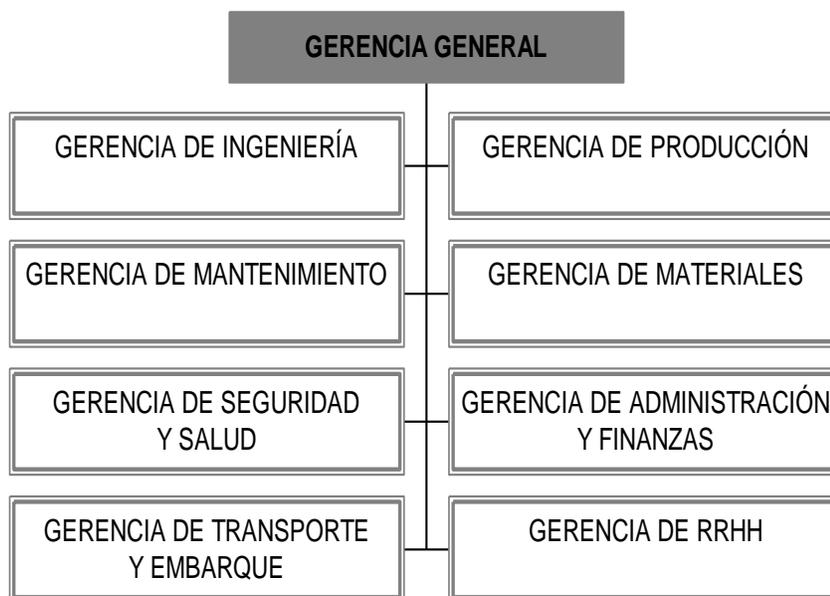


Figura 3. Organigrama general de CDG. Superintendencia de Planificación.

INDUCCION

A continuación se describe los departamentos dentro de la Gerencia de Ingeniería, donde se realizaron los trabajos de pasantías.

GERENCIA DE INGENIERÍA

Dentro de los aspectos a los que está ligado a esta gerencia se encuentra la construcción de obras civiles en la empresa, drenajes, acueductos, construcción de diques sedimentadores, estabilidad de los taludes, etc. La gerencia de ingeniería se encarga de diseñar, planificar, supervisar y controlar las actividades de obras civiles y de mina en conjunto con la actividad productiva, con el fin de obtener un mejor funcionamiento y productividad de la mina. También se encarga de la evaluación técnica y económica, compra de equipos, repuestos y materiales necesarios para las labores mineras.

DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA

El departamento de geología, tiene como función principal la evaluación anual de las reservas del yacimiento, haciendo énfasis en la cuantificación actualizada de las reservas probadas para los futuros desarrollos mineros; la redefinición geométrica del yacimiento, así como también, realiza la evaluación estructural del mismo, proporcionando a la unidad de planificación la información necesaria para la elaboración mensual y trimestral de los planes de minas. Del mismo modo, elabora planes de los pozos que se van a perforar, a través de un modelo geológico, para luego proceder a realizar las perforaciones que han sido planificadas. Otras responsabilidades a cargo de esta unidad están las correlaciones estratigráficas, estabilidad de taludes e inspecciones hidrológicas.

DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD Y LABORATORIO

Su función es obtener y evaluar la calidad de carbón requerida por el mercado. Además, el departamento se encarga de codificar cada uno de los mantos, por medio de un número y una letra según su calidad y sus características. El mejor manto es aquel que posea alto poder calorífico, bajo contenido de cenizas, bajo porcentaje de humedad y bajo contenido de azufre.

DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFÍA

Este departamento es el encargado del levantamiento topográfico de toda la actividad productiva de la mina. Se basa en el sistema de posicionamiento global (GPS), en donde las coordenadas utilizadas son las UTM (*Universal Transversal MerCATo*). El trabajo de topografía consiste en realizar levantamiento diario del piso y frente de las palas, las pilas del patio de remanejo, las pilas de trituración, el replanteamiento de puntos geológicos, levantamientos de escombreras, replanteo de puntos de vías y todos aquellos puntos que sean importantes para la planificación de la mina.

DEPARTAMENTO DE PLANIFICACIÓN

Este departamento se encarga de la planificación de la mina a corto, mediano y largo plazo. En la planificación a corto plazo se lleva un control diario del avance de la mina, la cantidad del estéril y carbón producidos, realizando la planificación de las actividades, empleando como herramienta auxiliar de trabajo el programa *Minescape* del *software MINCOM*. Este programa permite: visualizar en planta o en tres dimensiones, la geometría del *pít*, de las escombreras y el trazado de las vías, a medida que avanza la explotación. Permite además hacer modificaciones especulativas sobre las mismas, entre otras funciones. También, realiza estudios generales sobre todos los aspectos que enmarcan la extracción del mineral, entre estos el movimiento de las palas y camiones hacia los frentes primordiales que se desarrollen en el momento.

Adicionalmente, planificación a mediano y largo plazo se encarga de realizar y proyectar las secuencias de trabajo y de los próximos frentes de explotación y las áreas a explotar, así como también de diseñar nuevas metodologías de trabajo que permitan un mayor rendimiento del equipo a emplear.

DEPARTAMENTO DE PERFORACIÓN Y VOLADURA

Su función es realizar las operaciones correspondientes a la elaboración de barrenos la cual se lleva a cabo siguiendo un plan de mina, donde el primer paso es realizar las labores de

perforación. Otra función es el de realizar los cálculos del patrón de voladura de los explosivos necesarios para cada barreno, de acuerdo al tipo de material que se desea volar.

DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN

Se encarga del proceso de extracción del carbón y su función principal es obtener el mejor rendimiento de la maquinaria y supervisar que los operadores de las maquinarias trabajen de manera eficiente. Dirige y coordina las actividades de producción de carbón. Entre otras cosas la gerencia de producción se encarga de llevar a cabo el cumplimiento de las metas trazadas de producción. Para verificar que se cumpla lo antes expuesto es necesaria la comunicación por medio de reuniones diarias entre los ingenieros de las diferentes áreas de ingeniería. Para el cumplimiento de la producción juega un papel muy importante el *Dispatch*, el cual es un sistema de administración minera a gran escala que utiliza los sistemas modernos de computación y comunicación de datos, junto con la tecnología del Sistema de Posicionamiento Global (GPS), con el propósito de proporcionar asignaciones óptimas en forma automática para los camiones de acarreo.

DEPARTAMENTO DE TRITURACIÓN

Control de planta en donde se realiza la disminución de tamaño del carbón. Para ellos se utilizan dos trituradoras y tres apiladores que se encargan de apilar según las especificaciones de control de calidad. Además, aquí se procede a cargar las gandolas que van hacia el puerto y en donde el carbón es transportado a su destino final.

DEPARTAMENTO DE SERVICIO DE MINAS

La principal función que se encargan este departamento son los siguientes: bombeo de aguas, construcción de alcantarillas, arrastre de cable eléctrico, colocación de plantas de iluminación, construcción de rampas, fabricación de señales de vialidad entre otras.

DEPARTAMENTO DE AMBIENTE

Su objetivo fundamental es reforestar y condicionar las áreas que han sido afectadas por la explotación minera y así minimizar el impacto ambiental. Entre las actividades importantes realizadas por este departamento encontramos el monitoreo de aguas y aire procedentes de la mina, áreas verdes para deforestación, áreas verdes recuperadas, construcción de lagunas de sedimentación para el control partícula de sólido en el agua. Es el área encargada de controlar y coordinar la gestión ambiental de la mina bajo las leyes y normas del estado venezolano.

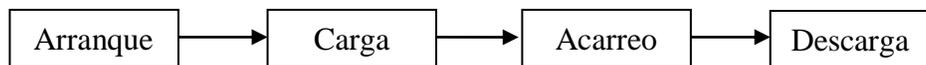
CAPITULO II
MARCO TEÓRICO

Es importante conocer todos los factores, variables que intervienen en un ciclo de carga y acarreo. Por ello, es necesario realizar una descripción de las operaciones básicas de minería.

OPERACIONES BÁSICAS DE MINERÍA (ITGE,1995)

Un ciclo de explotación minera se puede definir como la sucesión de distintas etapas u operaciones básicas, aplicadas al material estéril o mineral. Además existen diferentes operaciones auxiliares cuya misión es hacer que se cumplan las operaciones básicas con la mayor eficiencia posible, sin embargo, su aplicación dependerá de la naturaleza del trabajo que se esté realizando.

Fases del ciclo minero. Operaciones básicas.



De acuerdo a ciertas consideraciones que se analizarán más adelante, se pueden realizar distintas combinaciones para cada grupo de maquinas.

En CDG, se realizan dos tipos de combinaciones, dependiendo del material: para el caso del carbón, la fase de arranque es realizada por equipos distintos a los que realizan la carga y acarreo. Caso particular, el arranque es por medio de un tractor, la carga por medio de un cargador frontal, o pala frontal, seguidamente el acarreo y descarga realizado por camiones roqueros.



Para el caso del estéril, el arranque y la carga es realizada por un mismo equipo, palas retro excavadoras o palas frontales, seguidamente el acarreo y descarga realizado por camiones roqueros.



Carga

Por carga se entiende la recogida de la roca arrancada del suelo, y su traslado hasta un medio de transporte. En el arranque mediante maquinaria esta operación se realiza a la vez que el arranque. Así, por ejemplo, una pala excavadora utiliza su cazo para arrancar y cargar.

En las primeras minas la carga se realizaba a mano, con la ayuda de palas. Las máquinas más usadas para realizar la carga son las palas cargadoras, para el exterior y *Scoop Tram* o palas de bajo perfil para las subterráneas.

Un caso especial de carga es cuando se dispone físicamente el medio de transporte debajo del mineral a arrancar. En este caso la carga se realiza con ayuda de la gravedad. Un método como este se aplica en minería subterránea cuando el nivel de explotación (de donde se extrae el mineral) está sobre el nivel de transporte.

Acarreo

El transporte es la operación por la que se traslada el mineral arrancado hasta el exterior de la mina.

El transporte dentro de una mina puede ser continuo, discontinuo o una mezcla de ambos. El transporte continuo utiliza medios de transporte que están continuamente en funcionamiento. Dentro de este tipo de transporte se utilizan cintas transportadoras, transportadores blindados y el transporte por gravedad, en pozos y chimeneas.

En el transporte discontinuo los medios de transporte realizan un movimiento alternativo entre el punto de carga y el de descarga. En este grupo se utiliza el ferrocarril y los camiones.

Descarga

Es la operación posterior al acarreo y la que concierne al vertido de los materiales, bien sea en las plantas de tratamiento o en los vertederos o escombreras. Normalmente estas operaciones son realizadas por los equipos que efectúan el transporte, con la ayuda de los equipos auxiliares.

Mina a Cielo Abierto

Se llaman minas a cielo abierto, y también minas a tajo abierto, a las explotaciones mineras que se desarrollan en la superficie del terreno, a diferencia de las subterráneas, que se desarrollan bajo ella.

Carbón

Es una roca sedimentaria de color negro, muy rica en carbono, utilizada como combustible.

Estéril

Es todo material sin valor económico extraído para permitir la explotación del mineral útil.

CAPITULO III
DATOS SUMINISTRADOS POR CDG

En este capítulo se muestra toda la información suministrada por el Departamento de Planificación que es de gran utilidad para conocer todas las características de sus equipos y la terminología usada en la empresa.

Overburden: También conocido material estéril externo. Es el más cercano a superficie por encima del grupo de mantos explotables y más expuesto a los agentes meteorizantes, otorgándole una tonalidad rojiza característica y condiciones geomecánicas más propias de un suelo cohesivo o roca blanda.

Interburden: Representa el material estéril que se encuentra a mayores profundidades por debajo de los mantos explotables. Posee un alto contenido de partículas de carbón que le confiere una coloración grisácea que oscila entre oscura y clara. Es el material más propenso a autocombustionar generando con ello zonas puntuales conocidas como puntos calientes y cuyo manejo requiere de labores operativas especiales.

Escombreras: depósito ordenado y secuencial de material estéril procedente de una explotación minera, que se puede realizar tanto a cielo abierto como subterránea (ITGE, 1999).

MineScape: El módulo *MineScape*, desarrollado por *Mincom*, es un software muy versátil, adaptado a la industria de extracción de minerales, que se utiliza para generar soluciones integradas y especialmente diseñadas para operaciones mineras a tajo abierto, subterráneas y para depósitos de carbón y metálico-ferrosos. Manteniendo siempre la visión de automatizar la planificación minera y el análisis geológico, con el fin de mejorar la productividad e incrementar las ganancias de la industria.

Dispatch: Plataforma satelital para supervisión, vía remota, de las operaciones en mina desde un punto de control donde se lleva a cabo la recopilación de datos de los equipos.

Longitud de perfil (L_p): Distancia existente entre el frente de carga y la escombrera o botadero.

Delta cota (ΔC): Es la diferencia de cota entre el frente de carga y la escombrera o botadero.

Factor de ajuste: Consideración teórica que toma en cuenta los tiempos de: espera por Carga + inicio de giro para el posicionamiento para ser cargado + Maniobra, arranque del frente de carga, primera descarga, posicionamiento, tiempo por pase, entre otros.

Tiempo de espera: Intervalo de tiempo en el que un camión se encuentra en cola para la posterior carga.

Tiempo de maniobra: Intervalo de tiempo que tarda un camión en acomodarse para recibir el primer pase.

Tiempo de carga: Intervalo de tiempo que toma llenar un camión. Este inicia en el vaciado del primer pase y culmina con el vaciado del último pase.

Tiempo de Viaje: Intervalo de tiempo que toma un camión, finalizada la carga, en ir hacia la escombrera, realizar la descarga y regresar a la pala.

Tiempo de ciclo: Suma parcial de los tiempos anteriormente descritos.

En la figura 4 se puede ver gráficamente los tiempos parciales del sistema carga-acarreo.

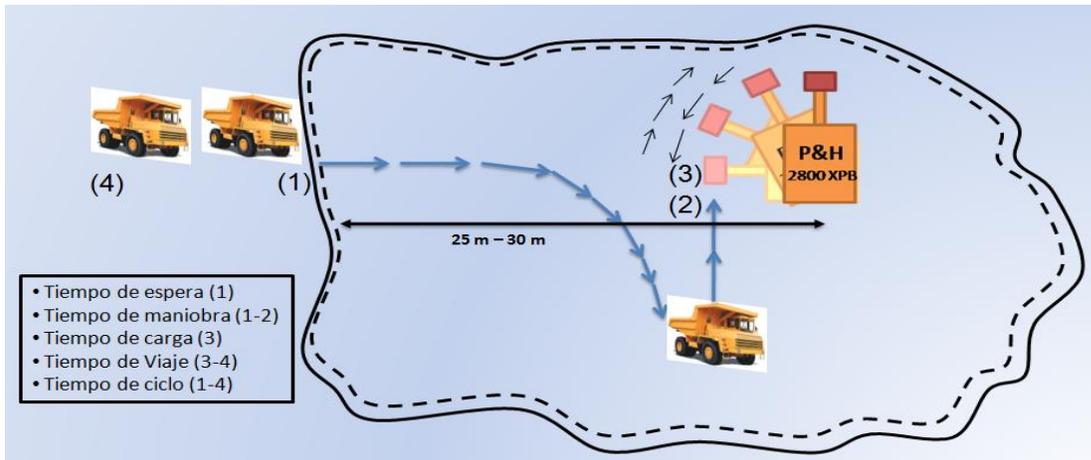


Figura 4. Descripción gráfica de los tiempos parciales del sistema carga- acarreo.

FÓRMULA DE SIMULACIÓN PARA LA ESTIMACIÓN DE TIEMPOS DE VIAJE:

La labor de planificación contempla la utilización de una fórmula que permite estimar los tiempos de ciclo. Dicha fórmula es la base fundamental para la elaboración de los planes.

La fuente que generó esta fórmula, que a continuación se presenta, es de total confidencialidad de la empresa, por ello su autor no puede ser revelado.

$$T_v = 0.004*(L_p) + 0.026*(\Delta C)$$

Ecuación 1: Formula para la estimación de tiempos de viaje. Fuente: Superintendencia de Planificación, CDG.

Donde:

T_v: Tiempo de viaje (Ida lleno/retorno vacío).

L_p: Longitud del perfil de acarreo (metros).

ΔC: Diferencia de cota desde el frente de carga y la escombrera.

Para la estimación de los tiempos de ciclo es necesario complementar la fórmula con los tiempos parciales que conforman el ciclo de acarreo: espera por Carga + inicio de posicionamiento + Maniobra, arranque del frente de carga, primera descarga, posicionamiento, tiempo por pase, entre otros. De esta manera se completa la simulación del ciclo de carga y acarreo.

$$T_v = 0.004*(L_p) + 0.026*(\Delta C) + T_{comp}$$

Ecuación 2: Formula para la estimación de tiempos de ciclo. Fuente: Superintendencia de Planificación, CDG.

Donde:

Tcomp: Tiempos complementarios (Ver tablas 1).

EQUIPOS	Nº UNIDADES	CAPACIDAD DE BALDE (m ³)	TIEMPO PROMEDIO DE CARGA EN (min)	PRODUCTIVIDAD (m ³)Hr
Palas Eléctricas P&H (2051, 2052, 2053)	3	36	2	1400-1600
Palas Hidráulicas TEREX O&K (2009, 2011, 2012, 2013)	4	26	2	1400-1600
Cargadores frontales Caterpillar (994)	2	38		
CATERPILLAR, modelo 789B	10	70	2	200-230
CATERPILLAR, modelo 793D	25	90	2	300-320

Tabla 1. Cantidad de equipos disponibles en la empresa y su capacidad de uso por jornada de trabajo.

Tiempos parciales utilizados por CDG según la combinación de equipo de carga y equipo de acarreo (tablas 2-4)

COMBINACION == P&H 2051 + 2052 con Cat793				Min	Seg	Min:seg	min
Espera por Carga + inición de aculatamiento + Maniobra				0	20	00:20	0.33
Aranque del Frente de Carga				0	5	00:05	0.08
Primera descarga Posicionamiento =====>				1	0	00:05	0.08
N° Pase	4	TiempoxPase		0	40	00:40	2.00
Tiempo TOTAL Ciclo de carga >						02:30	2.75

Tabla 2. (Combinación pala P&H con camiones CAT 793)

COMBINACION == O&k Frontal 2013 Cat793				Min	Seg	Min:seg	min
Espera por Carga + inición de aculatamiento + Maniobra				0	40	00:40	0.667
Aranque del Frente de Carga				0	8	00:08	0.133
Primera descarga Posicionamiento =====>				1	0	00:05	0.083
N° Pase	5	TiempoxPase		0	33	00:33	2.200
Tiempo TOTAL Ciclo de carga >						03:05	3.33

Tabla 3. (Combinación pala frontal O&K 2013 con camiones CAT 793)

COMBINACION == O&k Retro Cat793				Min	Seg	Min:seg	min
Espera por Carga + inición de aculatamiento + Maniobra				1	0	01:00	1.000
Aranque del Frente de Carga				0	8	00:08	0.133
Primera descarga Posicionamiento =====>				1	0	00:10	0.167
N° Pase	5	TiempoxPase		0	33	00:33	2.200
Tiempo TOTAL Ciclo de carga >						03:30	3.75

Tabla 4. (Combinación pala retro O&K 2011 y 2012 con camiones CAT 793)

CAPITULO IV
RESULTADOS

En esta sección se muestran los resultados donde se conocerán las distintas informaciones recopiladas en campo, que permitan evaluar los parámetros que intervienen en el sistema de carga y acarreo de la empresa CDG.

FASE DE CAMPO

Para evaluar la existencia de una desviación de los indicadores de producción de la flota de camiones (productividades), considerados en la labor de planificación respecto a los registros reales se procedió a una investigación de campo. Siendo las mediciones realizadas directamente en los frentes de trabajo y sin el control o manipulación de alguna variable. Para ello, se llevaron a cabo una serie de pasos, los cuales conforman el trabajo desarrollado.

RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

Se recolectó la mayor cantidad de información posible referente a los parámetros que intervienen en el sistema carga-acarreo, tales como: tipo de material que se transporta, marca del equipo, modelo de palas y camiones, porcentaje de pendiente de las vías de acarreo, entre otras; haciendo uso del material técnico respectivo, manuales de los equipos e información suministrada por el Departamento de Planificación, y de otras dependencias. Además, se realizó una descripción teórica y gráfica de los tiempos parciales que intervienen en el sistema, tal como se muestra en el capítulo IV.

TOMA DE MUESTRAS EN CAMPO

Consistió, en períodos de 3 horas, en la medición de los tiempos parciales de un camión presente en el sistema. No obstante, se realizaron observaciones de las distintas variables, tales como: condiciones del frente de trabajo, presencia de equipos auxiliares en el frente, condiciones de la vía, entre otras. Para ello y haciendo uso de una hoja de cálculo, se elaboró un formato de recopilación de datos, el cual contiene la información del frente de

trabajo, de los equipos presentes, la distancia de acarreo, información del botadero y la hora en que comienza cada tiempo parcial, como se muestra en la figura 5:

DISTANCIA DE ACARREO:		DISTANCIA DE ACARREO:							
FECHA:		MINUTA PARA LA RECOLECCION DE TIEMPOS DE ACARREO				TURNO:	ESCOMBRERA:		
PALA	UBICACION	NUMERO DE CAMION	TIEMPO DE ESPERA (MIN)	TIEMPO MANIOBRA(MIN)	TIEMPO DE CARGA (MIN)	TIEMPO DE ACARREO (MIN)	TIEMPO DE BOTE (MIN)	TIEMPO VACIO (MIN)	OBSERVACION
1									
2									
3									
4									
5									

Figura 5. Minuta para la recolección de datos en campo.

Seguidamente, haciendo uso de la misma herramienta, se elaboró una serie de tablas la cual discrimina para el camión los tiempos realizados en cada ciclo, de forma tal, de establecer una comparación de valores obtenidos a través de la fórmula de simulación empleada por el Departamento de Planificación y los registros tomados en campo.

En la siguiente sección están plasmadas las tablas de comparación de los valores obtenidos de la aplicación de la formula 1 y los datos de campo.

TABLAS DE COMPARACION DE VALORES OBTENIDOS

VARIACION NEGATIVA VALOR REAL > VALOR TEORICO																					VARIACION NEGATIVA VALOR REAL > VALOR TEORICO	
VARIACION POSITIVA VALOR REAL < VALOR TEORICO																						VARIACION POSITIVA VALOR REAL < VALOR TEORICO
COMBINACION PALA P&H 2051 CON CAMIONES CAT 793																						
	TIEMPOS =====>		ESPERA		MANIOBRA			CARGA			VIAJE			CICLO			PRODUCTIVIDAD (mcb/hr)					
ESC	PALA	LONGITUD DEL PERFIL MTS	TEORIA	REAL	TEORICA	REAL	VARIA	TEORICA	REAL	VARIA	TEORIA	REAL	VARIA	TEORIA	REAL	VARIA	TEORIA	REAL	VARIA	PORCENTAJE		
OESTE	2051	1900	0	0,7	0,50	0,4	0,12	2,75	3,12	-0,37	9,68	10,5	-0,79	12,93	14,7	-1,72	426,91	376,79	50,12	12%		
OESTE	2051	2000	0	0,9	0,50	0,3	0,18	2,75	2,65	0,10	10,08	11,8	-1,72	13,33	15,6	-2,30	414,10	353,09	61,01	15%		
OESTE	2051	2000	0	7,0	0,50	0,7	-0,22	2,75	2,95	-0,20	10,08	14,0	-3,90	13,33	24,7	-11,35	414,10	223,63	190,47	46%		
OESTE	2051	1900	0	0,4	0,50	0,8	-0,27	2,75	2,68	0,07	9,68	12,6	-2,89	12,93	16,4	-3,50	426,91	335,90	91,01	21%		
OESTE	2051	1800	0	0,0	0,50	0,5	0,00	2,75	3,17	-0,42	9,67	13,4	-3,73	12,92	17,1	-4,15	427,24	323,44	103,81	24%		
OESTE	2051	2000	0	0,2	0,50	0,8	-0,28	2,75	3,08	-0,33	10,08	12,6	-2,54	13,33	16,7	-3,39	414,10	330,21	83,89	20%		
OESTE	2051	1800	0	1,1	0,50	0,7	-0,17	2,75	2,55	0,20	9,67	12,7	-3,05	12,92	17,1	-4,13	427,24	323,75	103,49	24%		
OESTE	2051	1900	0	1,1	0,50	0,8	-0,33	2,75	2,42	0,33	9,68	10,9	-1,24	12,93	15,3	-2,34	426,91	361,57	65,34	15%		
OESTE	2051	2000	0	3,3	0,50	0,8	-0,27	2,75	3,10	-0,35	10,08	11,7	-1,57	13,33	18,8	-5,45	414,10	293,88	120,23	29%		
OESTE	2051	2000	0	1,8	0,50	0,7	-0,18	2,75	2,37	0,38	10,08	11,5	-1,40	13,33	16,3	-3,00	414,10	337,96	76,14	18%		
OESTE	2051	2000	0	0,4	0,50	0,8	-0,27	2,75	3,17	-0,42	10,08	12,3	-2,25	13,33	16,7	-3,32	414,10	331,53	82,57	20%		
OESTE	2051	2000	0	1,2	0,50	0,8	-0,30	2,75	3,10	-0,35	10,08	9,3	0,75	13,33	14,4	-1,10	414,10	382,45	31,66	8%		
	PROME	1941,7	0	1,5	0,5	0,7	-0,2	2,8	2,9	-0,1	9,9	11,9	-2,0	13,2	17,0	-3,8	419,5	331,2	88,3	0,2		
	DESV	79,3	0,0	1,94	0,00	0,17	0,2	0,00	0,31	0,31	0,21	1,29	1,32	0,21	2,70	2,65	6,67	41,84	40,54	0,10		

Figura 6. Tabla de comparación pala P&H 2051.

En la tabla de comparación de los tiempos de espera, maniobra, carga, viaje, ciclo y productividad del sistema pala-camión para la pala eléctrica P&H 2051, se verifica que los tiempos propuestos por el Departamento de Planificación (DP) y los tiempos reales tomados en campo se encuentran muy por encima del valor planificado. Los resultados arrojan una productividad con variación promedio de 88,3 (mcb/h) y desviación estándar de 0.10 %, lo cual es considerado aceptable.

COMBINACION PALA P&H 2053 CON CAMIONES 793																				
TIEMPOS =====>			ESPERA		MANIOBRA			CARGA			VIAJE			CICLO			PRODUCTIVIDAD (mcb/hr)			
ESC	PALA	LONGITUD DEL PERFIL MTS	TEORIA	REAL	TEORICA	REAL	VARIA	TEORICA	REAL	VARIA	TEORICA	REAL	VARIA	TEORICA	REAL	VARIA	TEORIA	REAL	VARIA	PORCENTAJE
OESTE	2053	1900	0	1,52	0,5	0,6	-0,13	2,75	2,47	0,28	9,68	11,47	-1,79	12,93	16,08	-3,15	426,91	343,21	83,70	20%
OESTE	2053	1900	0	1,53	0,5	0,6	-0,07	2,75	2,40	0,35	9,68	11,67	-1,99	12,93	16,17	-3,24	426,91	341,44	85,47	20%
OESTE	2053	1900	0	0,08	0,5	0,9	-0,38	2,75	2,55	0,20	9,68	13,77	-4,09	12,93	17,28	-4,35	426,91	319,38	107,53	25%
OESTE	2053	1900	0	2,38	0,5	0,8	-0,33	2,75	2,45	0,30	9,68	14,32	-4,64	12,93	19,98	-7,05	426,91	276,23	150,68	35%
OESTE	2053	2000	0	1,48	0,5	0,7	-0,23	2,75	2,10	0,65	10,08	13,55	-3,47	13,33	17,87	-4,54	414,10	308,96	105,15	25%
OESTE	2053	2000	0	0,00	0,5	0,9	-0,40	2,75	2,53	0,22	10,08	14,57	-4,49	13,33	18,00	-4,67	414,10	306,67	107,44	26%
OESTE	2053	2000	0	0,00	0,5	0,5	0,05	2,75	2,05	0,70	10,08	13,38	-3,30	13,33	15,88	-2,55	414,10	347,53	66,57	16%
OESTE	2053	2000	0	11,10	0,5	0,9	-0,35	2,75	2,58	0,17	10,08	13,98	-3,90	13,33	28,52	-15,19	414,10	193,57	220,53	53%
OESTE	2053	2000	0	0,00	0,5	0,5	0,03	2,75	2,37	0,38	10,08	12,88	-2,80	13,33	15,72	-2,39	414,10	351,22	62,88	15%
OESTE	2053	1900	0	2,75	0,5	1,0	-0,48	2,75	2,67	0,08	9,68	12,33	-2,65	12,93	18,73	-5,80	426,91	294,66	132,25	31%
OESTE	2053	2000	0	4,40	0,5	0,6	-0,08	2,75	2,35	0,40	10,08	11,85	-1,77	13,33	19,18	-5,85	414,10	287,75	126,35	31%
OESTE	2053	2000	0	0,38	0,5	0,7	-0,22	2,75	3,05	-0,30	10,08	12,93	-2,85	13,33	17,08	-3,75	414,10	323,12	90,98	22%
OESTE	2053	1900	0	1,35	0,5	1,0	-0,45	2,75	2,55	0,20	9,68	12,67	-2,99	12,93	17,52	-4,59	426,91	315,13	111,79	26%
OESTE	2053	1900	0	3,85	0,5	0,8	-0,30	2,75	2,50	0,25	9,68	12,25	-2,57	12,93	19,40	-6,47	426,91	284,54	142,38	33%
OESTE	2053	2000	0	2,93	0,5	0,7	-0,20	2,75	2,53	0,22	10,08	11,32	-1,24	13,33	17,48	-4,15	414,10	315,73	98,37	24%
OESTE	2053	1900	0	3,85	0,5	0,8	-0,30	2,75	2,50	0,25	9,68	12,25	-2,57	12,93	19,40	-6,47	426,91	284,54	142,38	33%
OESTE	2053	1900	0	2,93	0,5	0,7	-0,20	2,75	2,53	0,22	9,68	11,32	-1,64	12,93	17,48	-4,55	426,91	315,73	111,18	26%
	PROME	1947,1	0	2,4	0,5	0,7	-0,2	2,8	2,5	0,3	9,9	12,7	-2,9	13,1	18,3	-5,2	420,9	306,4	114,4	0,3
	DESV	51,4	0,0	2,68	0,00	0,17	0,2	0,00	0,22	0,22	0,21	1,06	1,01	0,21	2,93	2,91	6,59	37,14	37,36	0,09

Figura 7. Tabla de comparación pala P&H 2053

La figura 7 es la correspondiente tabla de comparación de los tiempos de espera, maniobra, carga, viaje, ciclo y productividad del sistema pala-camión para la pala eléctrica P&H 2053, en esta se verifica que los tiempos propuestos por DP y los tiempos reales se encuentran también muy por encima de lo planificado. En este caso tenemos una productividad con una variación promedio de 114,4 (mcb/h), por debajo de lo planificado ya que hubo un incremento en los tiempos de espera los cuales afectaron de manera notable la productividad del sistema pala-camión.

COMBINACION PALA O&K 2011 CON CAMIONES CAT 793																				
TIEMPOS =====>			ESPERA		MANIOBRA			CARGA			VIAJE			CICLO			PRODUCTIVIDAD (mcb/hr)			PORCENTAJE
ESC	PALA	LONGITUD DEL PERFIL MTS	TEORICA	REAL	TEORICA	REAL	VARIA	TEORICA	REAL	VARIA	TEORICA	REAL	VARIA	TEORICA	REAL	VARIA	TEORICA	REAL	VARIA	
MICHELIN	2011	3930	0	0,00	0,5	0,63	-0,13	3,75	3,95	-0,20	17,07	20,5	-3,43	21,32	25,08	-3,76	258,89	220,07	38,82	15%
MICHELIN	2011	3930	0	0,00	0,5	0,53	-0,03	3,75	4,10	-0,35	16,66	20,7	-4,06	20,91	25,35	-4,44	264,04	217,75	46,29	18%
MICHELIN	2011	3930	0	1,20	0,5	0,60	-0,10	3,75	3,87	-0,12	17,07	18,7	-1,64	21,32	24,38	-3,06	258,89	226,38	32,50	13%
	PROME	3930,0	0,0	0,4	0,5	0,6	-0,1	3,8	4,0	-0,2	16,9	20,0	-3,0	21,2	24,9	-3,8	260,6	221,4	39,2	0,2
	DESV	0,0	0,0	0,69	0,00	0,05	0,1	0,00	0,12	0,12	0,24	1,10	1,25	0,24	0,50	0,69	2,97	4,47	6,90	0,02

Figura 8. Tabla de comparación pala O&K 2011

Esta tabla de comparación corresponde a la pala hidráulica O&K 2011, considerando los tiempos de espera, maniobra, carga, viaje, ciclo y productividad del sistema pala-camión. De esta tabla no se puede hacer un análisis muy riguroso ya que solo se alcanzó a medir tres (3) ciclos siendo esta una cifra mucho menor a la que se obtuvieron para las palas 2051 y 2053. En este caso la productividad tiene una variación promedio de 39,2 (mcb/h) y una desviación estándar 0,02%.

COMBINACION DE PALA O&K 2012 CON CAMIONES 793																				
TIEMPOS =====>			ESPERA		MANIOBRA			CARGA			VIAJE			CICLO			PRODUCTIVIDAD (mcb/hr)			PORCENTAJE
ESC	PALA	LONGITUD DEL PERFIL MTS	TEORICA	REAL	TEORICA	REAL	VARIA	TEORICA	REAL	VARIA	TEORICA	REAL	VARIA	TEORICA	REAL	VARIA	TEORICA	REAL	VARIA	
INTERNA	2012	1200	0	16,38	0,5	0,75	-0,25	3,75	5,52	-1,77	5,74	9,4	-3,65	9,99	32,03	-22,05	552,77	172,32	380,45	69%
INTERNA	2012	1200	0	0,40	0,5	0,82	-0,32	3,75	4,38	-0,63	5,74	8,8	-3,10	9,99	14,43	-4,45	552,77	382,45	170,33	31%
ESCI #1	2012	4260	0	20,18	0,5	0,87	-0,37	3,75	4,53	-0,78	22,92	17,1	5,82	27,17	42,68	-15,52	203,20	129,32	73,87	36%
	PROME	2220,0	0,0	12,3	0,5	0,8	-0,3	3,8	4,8	-1,1	11,5	11,8	-0,3	15,7	29,7	-14,0	436,2	228,0	208,2	0,5
	DESV	1766,7	0,0	10,5	0,0	0,1	0,1	0,0	0,6	0,6	9,9	4,6	5,3	9,9	14,3	8,9	201,8	135,4	156,8	0,2

Figura 9. Tabla de comparación pala O&K 2012

Esta tabla de comparación corresponde a la pala hidráulica O&K 2012, considerando los tiempos de espera, maniobra, carga, viaje, ciclo y productividad del sistema pala-camión. En este caso al igual que el anterior no se puede hacer un análisis tan preciso puesto que solo se alcanzó a realizar tres (3) mediciones que al igual que en la pala 2011. La productividad tiene una variación promedio de 208,2 (mcb/h) y una desviación estándar 0,2%. En esta tabla aumenta considerablemente la variación de

la productividad y a su vez se incrementa la desviación estándar ya que uno de los tiempos de viaje medidos aumento por lo distancia de un perfil de acarreo.

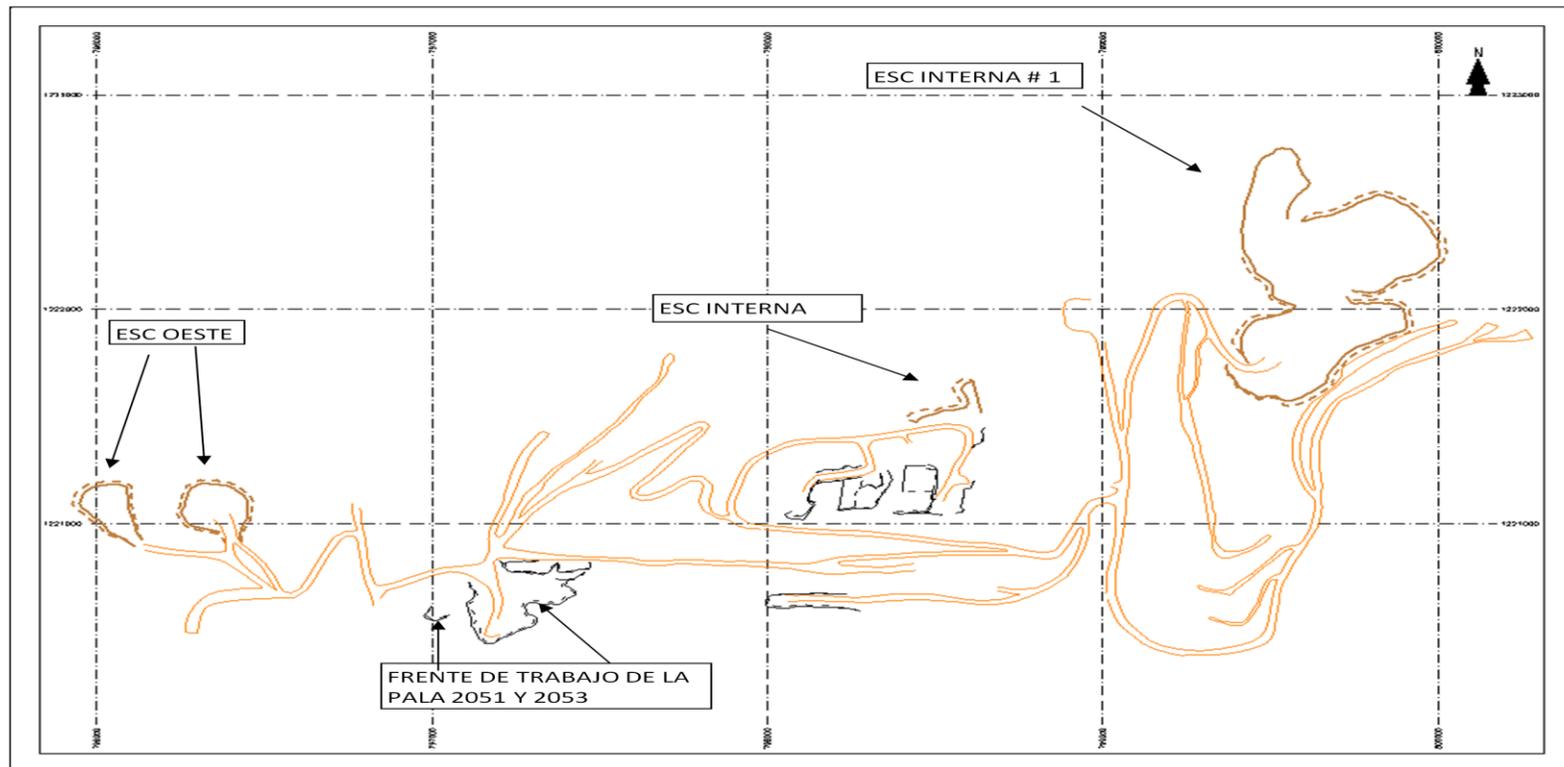
COMBINACION PALA O&K 2013 CON CAMIONES 793																				
TIEMPOS =====>			ESPERA		MANIOBRA			CARGA			VIAJE			CICLO			PRODUCTIVIDAD (mcb/hr)			
ESC	PALA	LONGITUD DEL PERFIL MTS	TEORICA	REAL	TEORICA	REAL	VARIA	TEORICA	REAL	VARIA	TEORIA	REAL	VARIA	TEORIA	REAL	VARIA	TEORIA	REAL	VARIA	PORCENTAJE
OESTE	2013	1800	0	10,25	0,5	0,77	-0,27	3,33	3,32	0,01	9,67	11,13	-1,46	13,5	25,47	-11,97	408,89	216,75	192,13	47%
OESTE	2013	1800	0	0,98	0,5	0,42	0,08	3,33	3,23	0,10	9,67	10,93	-1,26	13,5	15,57	-2,07	408,89	354,60	54,29	13%
	PROME	1800,0	0,0	5,6	0,5	0,6	-0,1	3,3	3,3	0,1	9,7	11,0	-1,4	13,5	20,5	-7,0	408,9	285,7	123,2	0,3
	DESV	0,0	0,0	6,6	0,0	0,2	0,2	0,0	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,0	7,0	7,0	0,0	97,5	97,5	0,2

Figura 10. Tabla de comparación pala O&K 2013

La anterior es la tabla de comparación pala hidráulica O&K 2013 considerando los tiempos de espera, maniobra, carga, viaje, ciclo y productividad del sistema pala-camión. De esta figura se determina que dada las mediciones (tres (3) ciclos) las cifras obtenidas son poco significativas. La productividad tiene una variación promedio de 123,2 (mcb/h) y una desviación estándar 0,2%.

La figura 11 es un mapa que muestra las distintas vías de circulación donde se midieron los respectivos tiempos para el cálculo de productividad del sistema pala-camión. Dada las muestras que se obtuvieron con los equipos de carga 2051, 2053, 2011, 2012 y 2013; la mayor cantidad de datos que se recogieron fueron de las palas eléctricas 2051 y 2053, motivo por el cual se visualiza un plano de las vías de acarreo para las mismas.

Figura 11. Mapa de ubicación de las escombreras, frentes de trabajo y vías de circulación de los camiones.

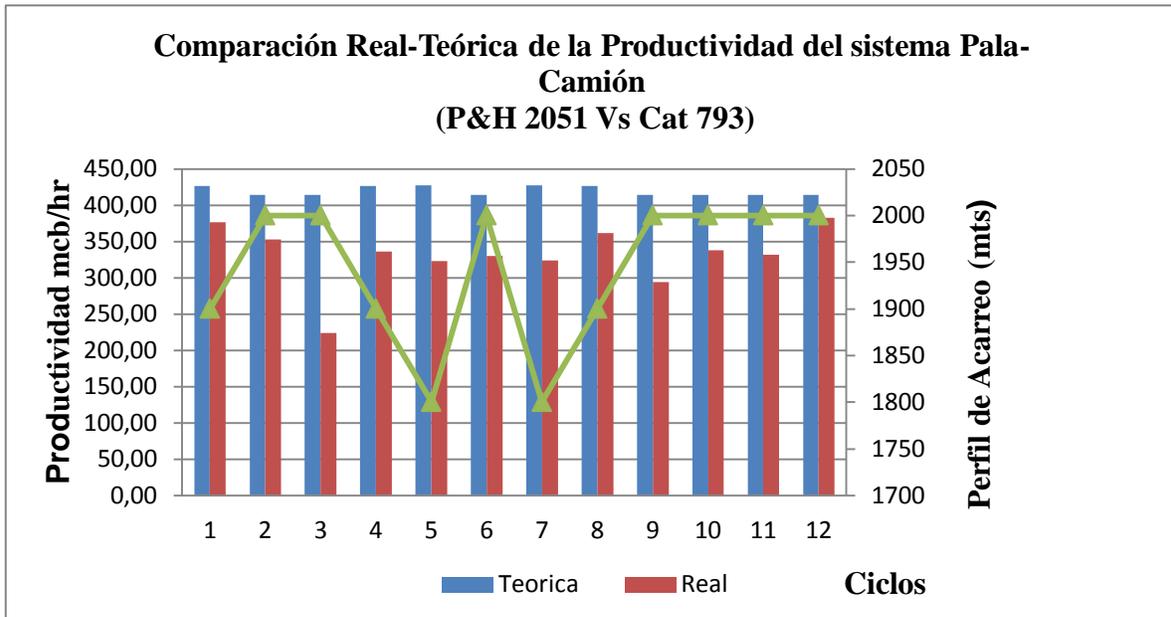


Gráficos de comparación de producción real y teórica de los sistemas estudiados.

En los siguientes gráficos se presentan los resultados obtenidos de la comparación de productividad real con los valores teóricos de los sistemas pala-camión con sus respectivas combinaciones.

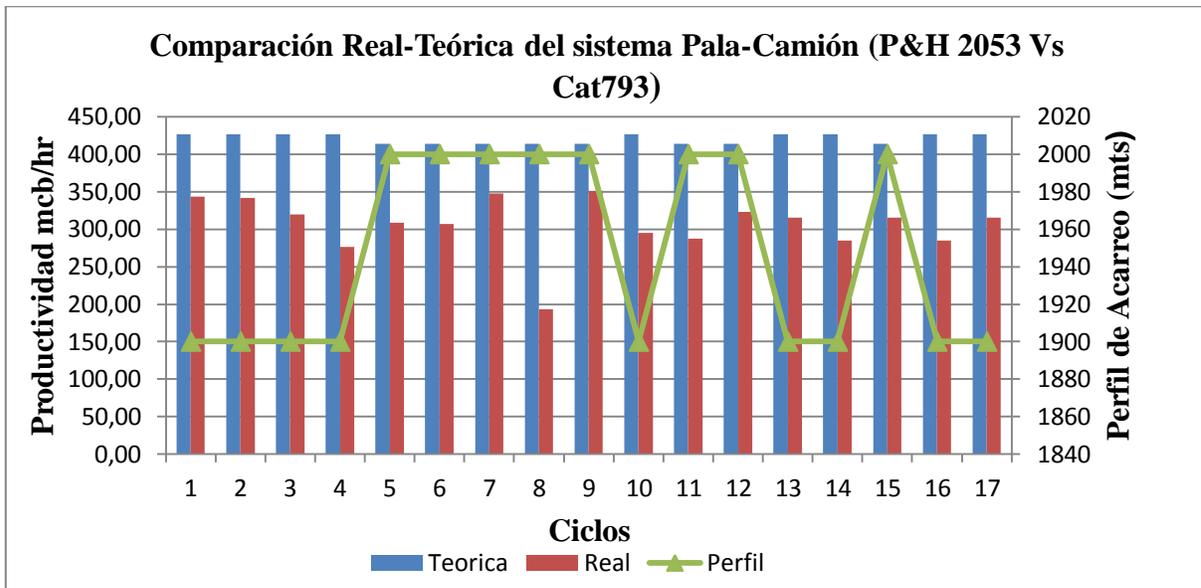
En el grafico 1 se muestran los distintos indicadores de productividad para el sistema pala camión (P&H 2051 Y CAT 793) donde se aprecia un rendimiento teórico o esperado muy por encima del real, lo cual es originado principalmente por lo accidentado de las vías.

Grafico 1. Comparación de la producción real y teórica del sistema pala-camión (pala eléctrica 2051 P&H Y CAT 793).



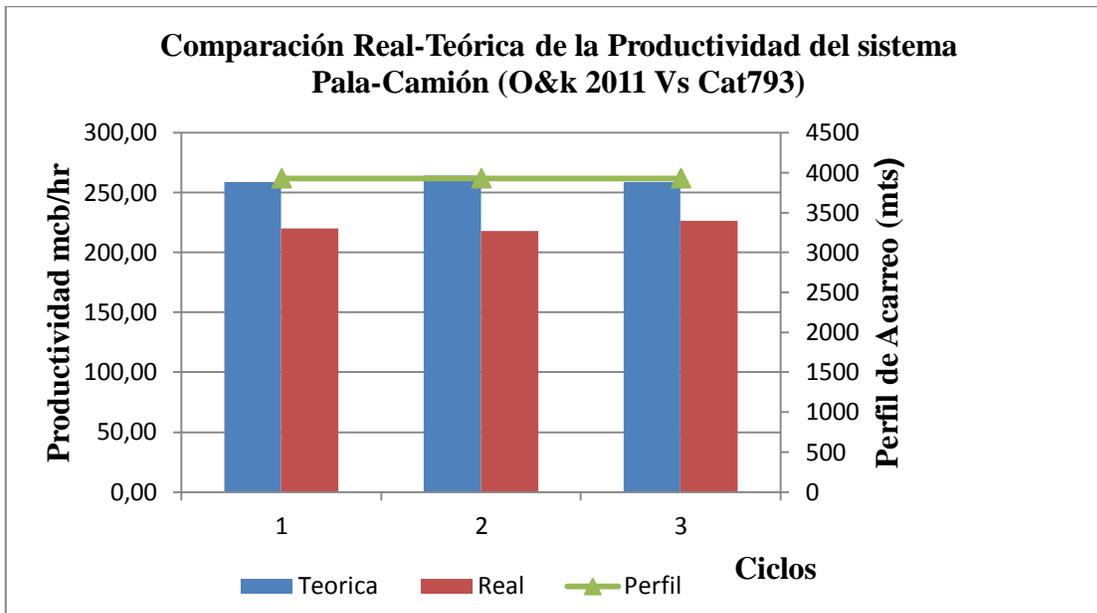
El grafico 2 expone los distintos indicadores de productividad para el sistema pala camión en la combinación P&H 2053 y CAT 793 donde se aprecia un rendimiento teórico o esperado por encima del real, lo cual es originado por el problema mencionado para el grafico 1, incluyendo además los valores por los tiempos de espera

Grafico 2. Comparación de la producción real y teórica del sistema pala-camión (pala eléctrica 2053 P&H y CAT 793).



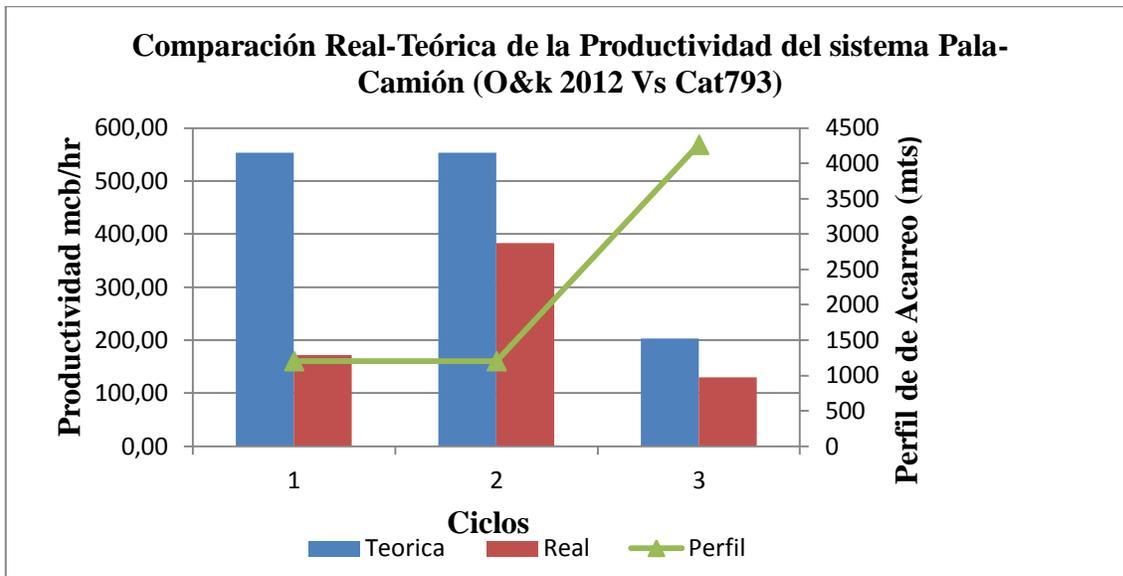
A continuación se muestra la comparación para el sistema pala camión (O&K 2011 y CAT 793) donde se aprecia un rendimiento esperado muy cercano a lo real (grafico 3), es decir, que en este perfil de acarreo las condiciones y la disponibilidad física de los camiones se considera aceptable, por tanto la diferencia de producción teórico-real están bastante cercanas.

Grafico 3. Comparación de la producción real y teórica del sistema pala-camión (pala hidráulica 2011 O&K y CAT 793).



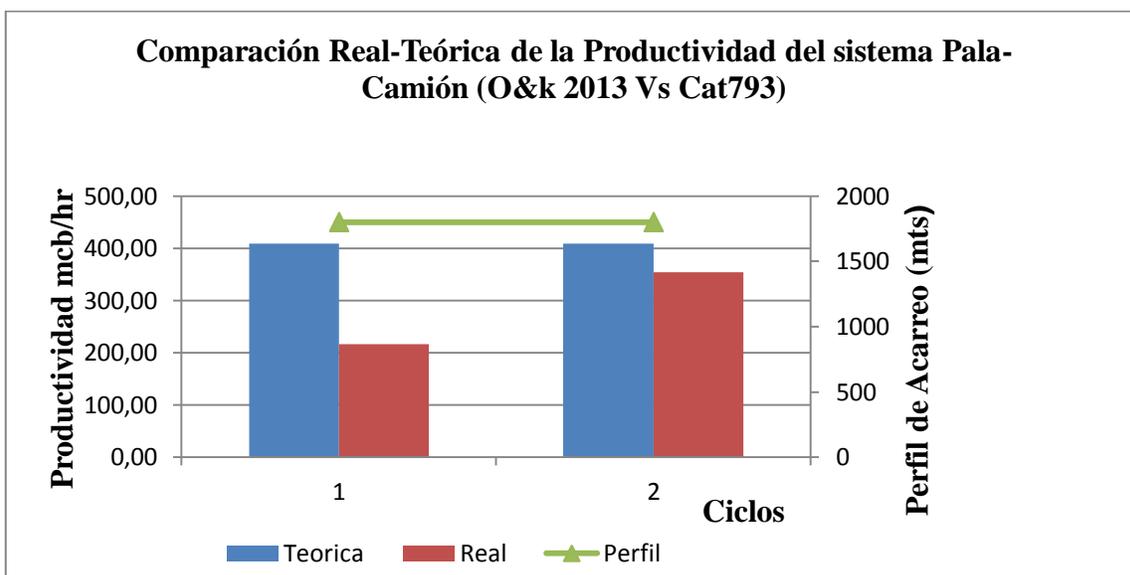
Para el sistema pala eléctrica O&K 2012 Y CAT 793, el grafico 4 muestra los distintos indicadores de productividad donde se aprecia un rendimiento esperado por encima del real. Los indicadores se notan diferenciados debido a ocurrencias de fallas en la pala y por incremento de tiempos de espera en camiones.

Grafico 4. Comparación de la producción real y teórica del sistema pala-camión (pala hidráulica 2012 O&K Y CAT 793).



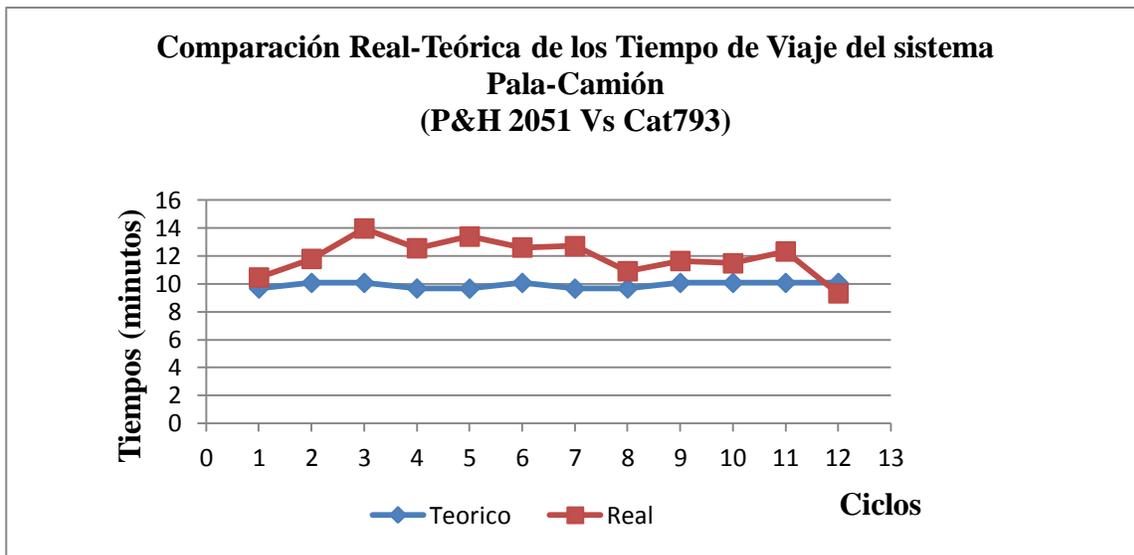
En el grafico 5 la comparación real-teórica del sistema pala hidráulica O&K 2013 y camión CAT 793 se realizó con dos mediciones, las cuales se considera como cifra poco significativa, aunque se puede observar la diferencia de productividad teórica-real.

Grafico 5. Comparación de la producción real y teórica del sistema pala-camión (pala hidráulica 2013 O&K Y CAT 793).



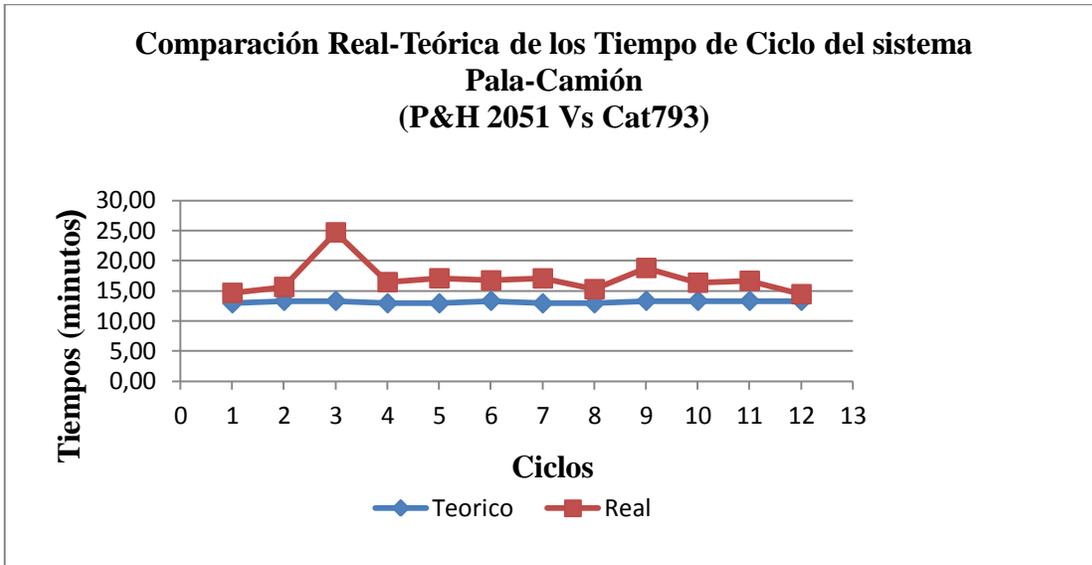
La comparación de la grafica 6 del sistema pala P&H 2051 y camión CAT 793, se obtuvo que en solo dos de los tiempos reales eran iguales a lo planificado. en otros tres casos estuvo aproximadamente igual y los otros siete se mantuvieron por encima de lo planificado debido al incremento de los tiempos de espera.

Grafico 6. Comparación de los tiempos de viaje reales y teóricos del sistema pala-camión (pala eléctrica 2051 P&H Y CAT 793).



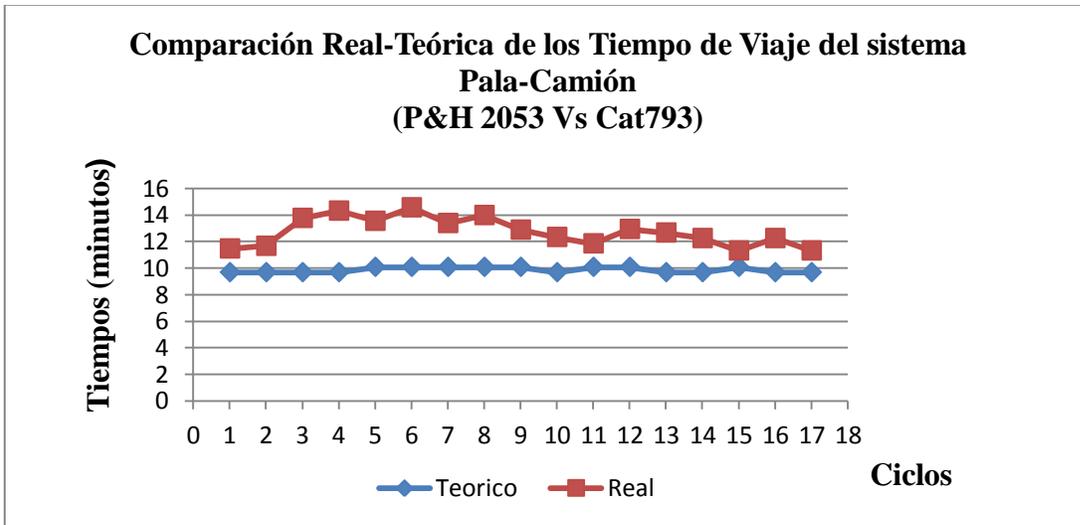
Mientras en el grafico 7, para la misma dupla pala camión donde se determinó que en su mayoría se mantiene una diferencia que se considera mínima entre lo real y lo teórico, lo cual demuestra que la afectación de la productividad fue debido a los perfiles de acarreo que en ocasiones eran considerablemente más largos.

Grafico 7. Comparación de los tiempos de ciclo reales y teóricos del sistema pala-camión (pala eléctrica 2051 P&H Y CAT 793)



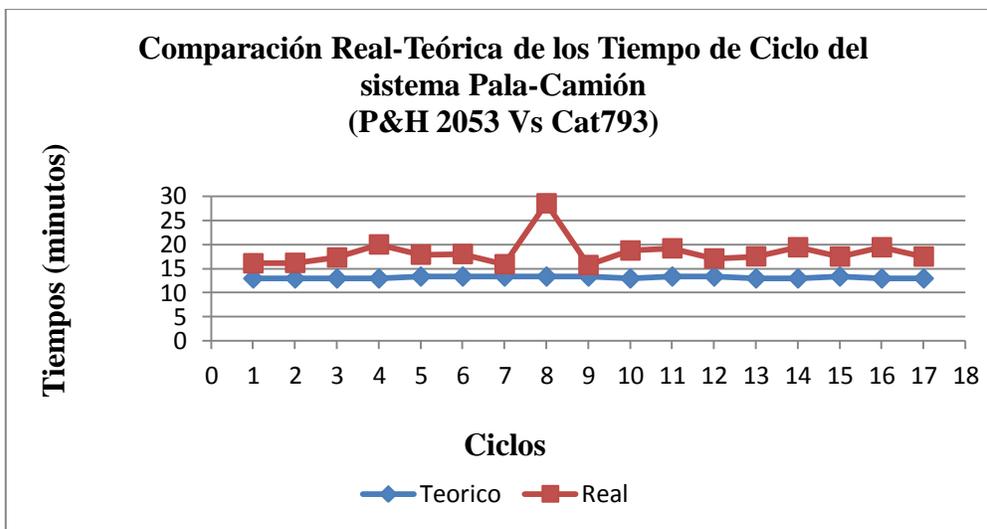
Para el caso del sistema pala P&H 2053 y camión CAT 793, (grafica 8), los indicadores de comparación para los tiempos de viaje es que en su mayoría los tiempos reales están por encima de los planificados.

Grafico 8. Comparación de los tiempos de viaje reales y teóricos del sistema pala-camión (pala eléctrica 2053 P&H Y CAT 793).



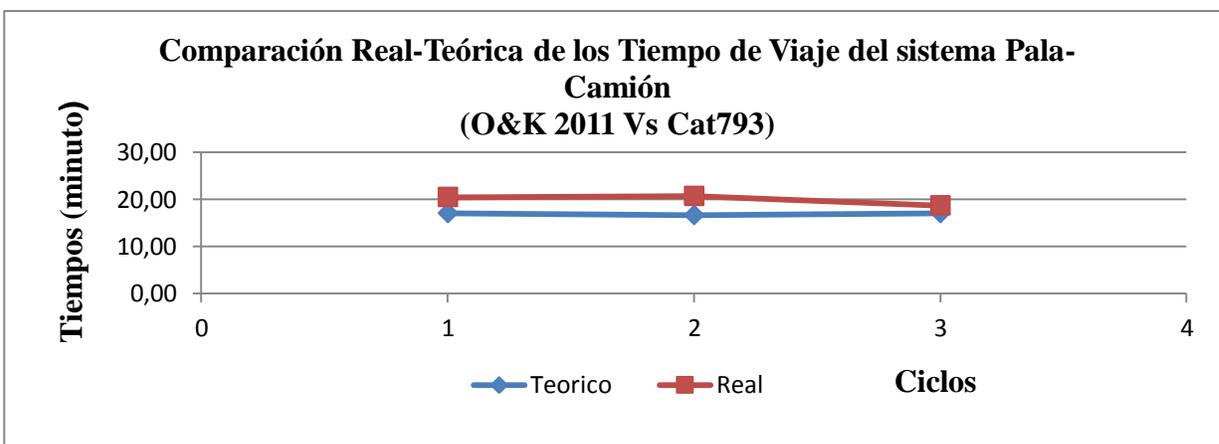
El grafico 9 la comparación de indicadores para el mismo sistema anterior, se mantienen igual siendo el perfil de acarreo uno de los principales factores que afectan la productividad.

Grafico 9. Comparación de los tiempos de ciclo reales y teóricos del sistema pala-camión (pala eléctrica 2053 P&H Y CAT 793).



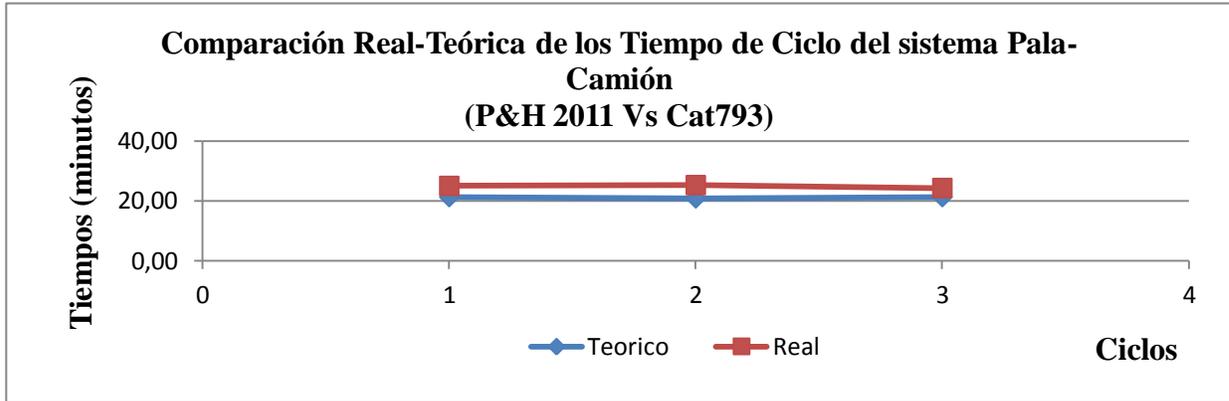
Para el sistema pala O&K 2011 y camión CAT 793 (grafico 10), podemos ver una variación entre los tiempo bastante bajo lo cual afectó la productividad.

Grafico 10. Comparación de los tiempos de viaje reales y teóricos del sistema pala-camión (pala hidráulica 2011 O&K Y CAT 793).



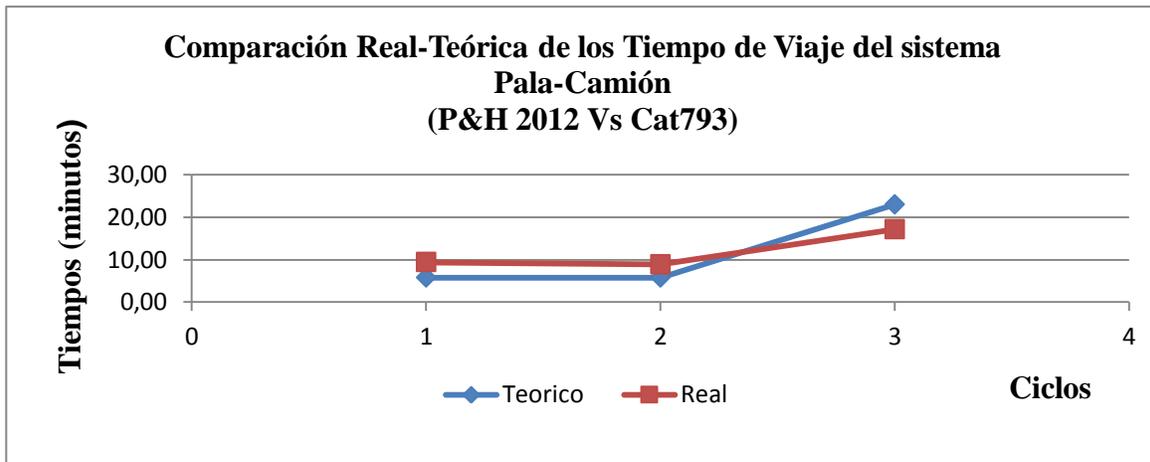
Igualmente a la grafica 10 sucede en la grafica 11.

Grafico 11. Comparación de los tiempos de ciclo reales y teóricos del sistema pala-camión (pala hidráulica 2011 O&K Y CAT 793).



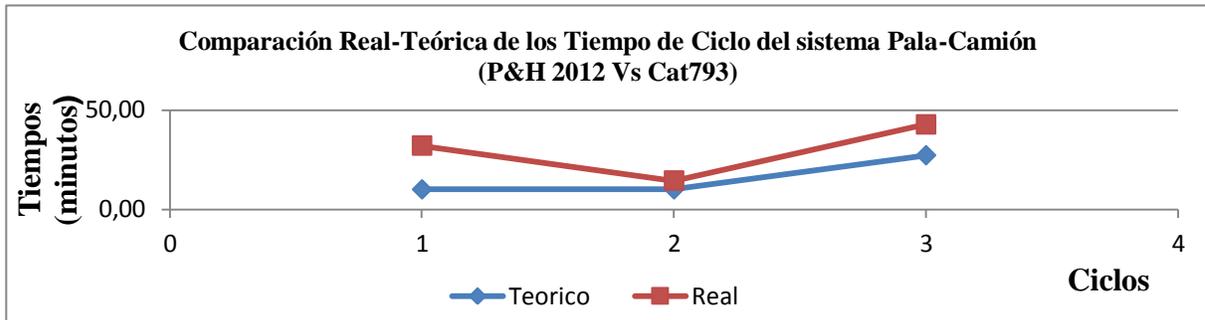
En el siguiente (grafico 12), la comparación de los indicadores del sistema pala O&K 2012 y camión CAT 793, podemos ver la similitud entre lo real y planificado.

Grafico 12. Comparación de los tiempos de viaje reales y teóricos del sistema pala-camión (pala hidráulica 2012 O&K Y CAT 793).



Para el mismo sistema anterior mostrado en la grafica 13 se mantiene el inconveniente de las pocas mediciones que limitan la observación de la relación de los tiempos reales contra los planificados.

Grafico 13. Comparación de los tiempos de ciclo reales y teóricos del sistema pala-camión (pala hidráulica 2012 O&K Y CAT 793).



Los gráficos 14 y 15 carecen de suficientes mediciones como para poder dar un buen análisis del sistema pala hidráulica O&K 2013 y camión CAT 793. Una de las razones para este desfase es motivado a que las palas eléctricas eran asignadas a los trabajos de producción como tal, mientras que las palas hidráulicas realizaron otros trabajos.

Grafico 14. Comparación de los tiempos de viaje reales y teóricos del sistema pala-camión (pala hidráulica 2013 O&K Y CAT 793).

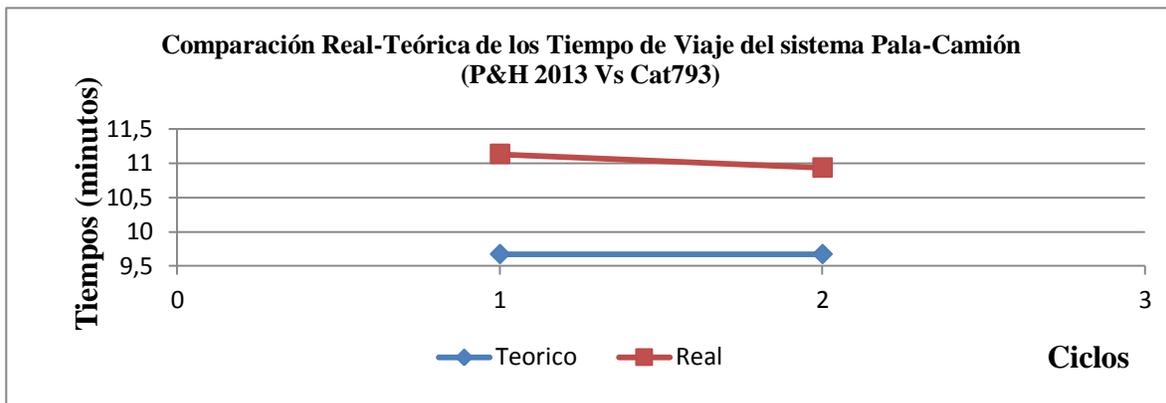
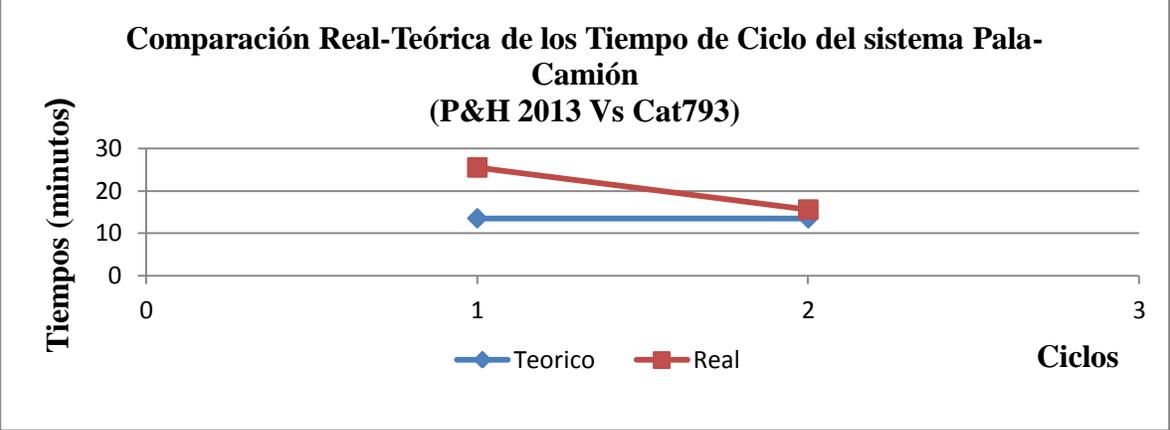


Grafico 15. Comparación de los tiempos de ciclo reales y teóricos del sistema pala-camión (pala hidráulica 2013 O&K Y CAT 793).



CAPITULO V
ANALISIS DE RESULTADOS

En esta sección se realiza el análisis de resultados mostrados en el capítulo anterior.

Análisis

Una vez procesados y agrupados los datos, es posible realizar una discriminación y análisis puntual de cómo influye cada tiempo parcial y cómo afectan éstos el cálculo de productividad real del sistema pala camión.

En primer lugar, las gráfica 1-2, se observa claramente las diferencias entre las productividades, estas siendo afectadas por los distintos tiempos medidos en campo que de una u otra forma son muy elevados en comparación con lo planificado, variables que deberían ser controladas, ya que la planificación indica que dichos tiempos tienen que ser ajustados con la realidad. Por otra parte, los saltos presentes en la gráfica son consecuencia de muestras tomadas al inicio de las operaciones, donde la cola de camiones en espera por carga fue bastante considerable, con un promedio de 3 camiones en cola. Del mismo modo, la necesidad de arreglar el frente de trabajo y la baja disponibilidad de los equipos auxiliares producen un incremento en los tiempos de espera, pues es la pala misma quien debe realizar la limpieza y arreglo del frente, a demás se encuentran otros factores que afectan dicha productividad como lo son las malas condiciones del sistema de vías .

La gráfica 2 muestra que la productividad se mantiene igual que la grafica 1. Llamando esta la atención ya que en ciertos ciclos los perfiles de acarreo eran cortos y la productividad real se mantenía igual, es decir, por debajo de la teórica, que a su vez en teoría debería ser al revés, perfiles cortos mayor productividad reales, presentando esta una desviación poco considerable con respecto a su promedio. No obstante, dicho promedio de productividad real se encuentra en un promedio de variación de 111,4 (mcb/hr), por debajo lo estimado en la planificación de mina, variación que depende entre otras cosas de las condiciones de la vía, frentes de trabajo, disponibilidad física de los camiones y equipos auxiliares encargado del acondicionamiento del área de trabajo.

En la grafica 3 podemos observar que la similitud entre las productividades es bastante buena lo que indica que la fórmula utilizada por el departamento de planificación para el cálculo de productividad ($P = \text{Capacidad de balde del camión} / \text{tiempo de ciclo}$) se aproxima significativamente a la realidad. Por otra parte se puede decir que la formula se adapta ya que el perfil de acarreo y las condiciones de el frente de trabajo eran las mas apropiadas para los equipos de carga y acarreo.

La desviación presente en la grafica 4 se debe a que los tiempo de espera se incrementaron por fallas mecánicas en las palas y malas condiciones de trabajo para la misma, lo que demuestra un gran salto en la comparación de la producción del sistema pala camión.

De la grafica 5 no se puede dar un buen análisis ya que solo se alcanzo a medir dos (2) ciclos siendo esto una cifra no significativa, pero no obstante se ve un salto muy prolongado en la productividad real que está por debajo de la teórica.

La grafica 6 y 7 muestran cuan desviado están los tiempo de viaje y ciclo con respecto a la realidad siendo esta afectado por los tres (3) tiempos fijos como lo son el tiempo de espera, tiempo de maniobra y tiempo de carga que a su vez siempre se mantuvieron por encima de lo planificado. Cabe destacar que estos tiempos se ven afectados por el mal estado de los frentes de trabajo y la baja disponibilidad de los equipos auxiliares para su acondicionamiento.

Claramente la grafica 8 y 9 presenta grandes saltos en los tiempos reales, esto consecuencia del incremento en los tiempos de espera y mala repartición de la flota de camión hacia los frente de trabajo ya que cuando el operador del camión emprendía viaje hacia su frente de trabajo asignado a mitad de recorrido se le daba otro frente, aumentando así notablemente los tiempo de viaje. Entre otros factores que afectaron este rendimiento se observo el mal estados de las vías las cuales no cumplen que los parámetros necesarios para el buen funcionamiento de los camiones.

El paralelismo de las curvas que se muestran en la gráfica 10 y 11 indica que la fórmula empleada para la estimación de tiempos de ciclo y viaje se aproxima significativamente a la realidad. Por otra parte, el desplazamiento que sufren las curvas de tiempos de ciclo y viaje reales se deben principalmente a los tiempos de espera, tal como se observa. Cabe resaltar que para estos ciclos los perfiles de acarreo se mantenían en óptimas condiciones.

En la grafica 12 y 13 se muestra lo contrario de las grafica 10 y 11 por lo que es conveniente hacer una evaluación más rigurosa de la fórmula de cálculo de tiempo para poder así determinar cuál es el parámetro que está afectando de manera notable el cálculo de estos tiempos.

De la grafica 14 y 15 no se puede dar un análisis claro ya que solo se logro alcanzar la medición de tan solo dos ciclos y por ende es una cifra no significativa de la cual podamos sacar una información certera.

En comparación de estos análisis con los recopilados el 2010 por los bachilleres Javier Navas y José Rivas los cambios no son muy notorios ya que usaron las mismas fórmulas para los cálculos. No obstante, dichos cambios se mantienen debido a que en la actualidad la empresa presenta un índice de disponibilidad física de equipos auxiliares muy bajo, por ende el deterioro de las vías es de mayor gravedad.

Por otra parte cabe destacar que los cambio son notorio ya que ellos midieron los ciclo desde un puesto en específico mientras nuestro trabajo fue directamente en los camiones por ende sus cálculos fueron más aproximado a lo real por la gran cantidad de información obtenida.

CONCLUSIONES

- ✓ Se observa en las tablas que los tiempos de espera son muy elevados. De esta forma, son los más influyentes en los tiempos del ciclo, afectando así, la productividad de los camiones, convirtiendo el sistema pala/camión efectivo pero no eficiente.

- ✓ Los tiempos de maniobra varían dependiendo de las condiciones del frente de trabajo, sin embargo, la desviación que presentan no afecta significativamente el sistema. Esto se puede observar en las tablas de comparación de tiempos reales y teóricos.

- ✓ El sistema de vías (cuellos de botellas, baches, intersecciones, etc.), a pesar de ser una de las variables más importantes en el proceso de acarreo, influyeron significativamente en las variaciones mostradas en las mediciones. No obstante, si las vías presentaran mejores condiciones se compensaría el tiempo perdido en la espera de camiones por carga y los tiempos de viaje serían menores.

- ✓ De forma general, se puede concluir que la fórmula utilizada en planificación para la estimación de productividades se aproxima significativamente a la realidad. Sin embargo actualmente no ocurre lo mismo ya que se adapta para algunos perfiles de acarreo y para otros no esto debido a las condiciones de las vías y disponibilidad de equipos para su mantenimiento.

RECOMENDACIONES

- ✓ Utilizar el sistema *Dispatch* automatizado para perfiles de acarreo cortos, ya que con esto se asegura una mejor distribución de los camiones y se evita el error humano a la hora de asignarlos.

- ✓ Realizar un muestreo más extenso para poder observar el comportamiento del sistema durante un período de tiempo más largo y bajo distintas condiciones.

- ✓ Mantener un constante monitoreo de los tiempos de ciclo reales para tener un control de su desviación y observar cómo afectan a los indicadores de producción tomados en cuenta en la labor de planificación.

BIBLIOGRAFÍA

- Universidad Central de Venezuela. (2003). Diseño de minas a Cielo Abierto. Alex Villanueva A.
- Universidad Central de Venezuela. (2003). Elementos de Planificación Minera. Alex Villanueva A.
- Universidad Central de Venezuela. (2003). Introducción a la Minería. Alex Villanueva A.
- Universidad Central de Venezuela. (2003). Métodos de Explotación a Cielo Abierto. Alex Villanueva A.

- Ríos Rosas, 1995. Manual de Arranque, Carga y Transporte en Minería a Cielo Abierto. Instituto Tecnológico Geominero de España.

- Carbones del Guasare S.A. (2010). Plan Mensual de Explotación Mina Paso Diablo Agosto-octubre 2011. Donald Espinoza

- <http://www.pdya.com/lexico/g42w.htm>

- [http://saber.ucev.ve/jspui/bitstream/123456789/107/1/Trabajo%20Especial%20de%20Grado%20\(U\).pdf](http://saber.ucev.ve/jspui/bitstream/123456789/107/1/Trabajo%20Especial%20de%20Grado%20(U).pdf)

- <http://www.guasare.com/guasare/guasare.htm>

- <http://es.wikipedia.org/wiki/Miner%C3%ADa>