

**UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE GEOLOGÍA, MINAS Y GEOFÍSICA  
COORDINACIÓN DE PASANTÍAS  
DEPARTAMENTO DE MINAS**

**MINERÍA DE CAMPO (3230)  
ANÁLISIS DE LOS SISTEMAS DE CARGA Y ACARREO  
MINA PASO DIABLO, CARBONES DEL GUASARE S.A  
MUNICIPIO MARA, ESTADO ZULIA  
AGOSTO – SEPTIEMBRE 2010**

Presentado ante la Ilustre.

Universidad Central de Venezuela.

Por los Brs..

Nava A Javier J

Rivas C José E

TUTOR INDUSTRIAL: Néstor González

TUTORA ACADÉMICA: Profa. Aurora Piña

**Caracas, Febrero de 2010**

**UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE GEOLOGÍA, MINAS Y GEOFÍSICA**  
**COORDINACIÓN DE PASANTÍAS**  
**DEPARTAMENTO DE MINAS**

**MINERÍA DE CAMPO (3230)**  
**ANÁLISIS DE LOS SISTEMAS DE CARGA Y ACARREO**  
**MINA PASO DIABLO, CARBONES DEL GUASARE S.A**  
**MUNICIPIO MARA, ESTADO ZULIA**  
**AGOSTO – SEPTIEMBRE 2010**

TUTORA ACADÉMICA: Profa. Aurora Piña

TUTOR INDUSTRIAL: Néstor González

Presentado ante la Ilustre.  
Universidad Central de Venezuela.

Por los Brs..  
Nava A Javier J  
Rivas C José E

**Caracas, Febrero de 2010**

# ÍNDICE

<b>ÍNDICE</b>	
<b>RESUMEN</b> .....	7
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	8
<b>OBJETIVOS</b> .....	9
<b>JUSTIFICACIÓN Y ALCANCES</b> .....	9
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>GENERALIDADES</b> .....	10
1.1.- <b>UBICACIÓN</b> .....	11
1.2.- <b>GEOLOGÍA REGIONAL</b> .....	11
1.3.- <b>GEOLOGÍA LOCAL</b> .....	13
1.4.- <b>DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA CARBONES DEL GUASARE (CDG)</b> .....	14
1.4.1.- <b>Reseña Histórica</b> .....	14
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	20
2.1.- <b>BASES TEÓRICAS</b> .....	21
<b>2.1.1.- Operaciones Básicas de Minería</b> .....	21
2.1.1.1.- <b>Arranque</b> .....	21
2.1.1.2.- <b>Carga</b> .....	22
2.1.1.3.- <b>Acarreo</b> .....	22
2.1.1.4.- <b>Descarga</b> .....	22
<b>2.1.2.- Definiciones cortas de la terminología minera</b> .....	24
2.1.2.1.- <b>Carbón</b> .....	24
2.1.2.2.- <b>Estéril</b> .....	24
2.1.2.3.- <b>Características operativas del material estéril de CDG</b> .....	24
2.1.2.4.- <b>Overburden</b> .....	24
2.1.2.5.- <b>Interburden</b> .....	25
2.1.2.6.- <b>Escombreras</b> .....	25
2.1.2.7.- <b>Programa MineScape</b> .....	25
2.1.2.8.- <b>Dispatch (Despacho)</b> .....	25
2.1.2.9.- <b>Longitud de perfil</b> .....	25
2.1.2.10.- <b>Delta cota</b> .....	25
2.1.2.11.- <b>Factor de ajuste</b> .....	25
2.1.2.12.- <b>Tiempo de espera</b> .....	25
2.1.2.13.- <b>Tiempo de maniobra</b> .....	26
2.1.2.14.- <b>Tiempo de carga</b> .....	26
2.1.2.15.- <b>Tiempo de Viaje</b> .....	26
2.1.2.16.- <b>Tiempo de ciclo</b> .....	26
2.1.3 <b>Fórmula para la estimación de los tiempos de viaje</b> .....	26
2.1.4 <b>Tiempos parciales utilizados por CDG según la combinación de equipo de carga y equipo de acarreo</b> .....	27
<b>CAPÍTULO III</b>	
<b>RESULTADOS</b> .....	29
3.1.- <b>FASE DE CAMPO</b> .....	30
3.2.- <b>RESULTADOS</b> .....	31
<b>CAPÍTULO IV</b>	
<b>ANÁLISIS DE RESULTADOS</b> .....	46
<b>CONCLUSIONES</b> .....	50
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	52
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	53

# ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

## FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Ubicación geográfica de la mina Paso Diablo.....	11
<b>Figura 2:</b> Secuencia estratigráfica presente en la mina Paso Diablo.....	13
<b>Figura 3:</b> Organigrama general de Carbones del Guasare S.A .....	15
<b>Figura 4:</b> Vista en planta de la Mina.....	17
<b>Figura 5:</b> Descripción gráfica de los tiempos parciales del sistema carga- acarreo.....	26
<b>Figura 6:</b> Formato para recopilación de datos en campo.....	31
<b>Figura 7:</b> Tabla de resultados.....	31
<b>Figura 8:</b> Cuadro comparativo entre valores teóricos y reales.....	32

## TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Características de las Palas Eléctricas P&H 2800XPC .....	23
<b>Tabla 2:</b> Características de las Palas Hidráulicas TEREX O&K RH 200.....	23
<b>Tabla 3:</b> Características de los cargadores frontales Caterpillar 994F.....	23
<b>Tabla 4:</b> Características de los camiones CATERPILLAR, modelo 789B.....	24
<b>Tabla 5:</b> Características de los camiones CATERPILLAR, modelo 793D.....	24
<b>Tabla 6:</b> Combinación pala P&H con camiones CAT 793.....	27
<b>Tabla 7:</b> Combinación pala frontal O&K 2013 con camiones CAT 793.....	28
<b>Tabla 8:</b> Combinación pala retro O&K 2011 y 2012 con camiones CAT 793.....	28
<b>Tabla 9:</b> Resumen y comparación de tiempos (espera, maniobra, carga, viaje, ciclo) y productividad.....	33
<b>Tabla 10:</b> Resumen y comparación de tiempos (espera, maniobra, carga, viaje, ciclo) y Productividad.....	38
<b>Tablas 11 y 12:</b> Resumen y comparación de tiempos (espera, maniobra, carga, viaje, ciclo) y Productividad de Camiones CAT 793 Asociados a las palas retro O&K.....	42

## ECUACIONES

<b>Ecuación 1:</b> Fórmula para la estimación de tiempos de viaje.....	27
<b>Ecuación 2:</b> Fórmula para la estimación de tiempos de ciclo.....	27

## GRÁFICAS

<b>Gráfica 1.</b> Comparación real- teórico de los tiempos promedio de espera de camiones CAT 793 asociados a palas P&H.....	33
<b>Gráfica 2:</b> Comparación real- teórico de tiempos promedio de maniobra de camiones CAT 793 asociados a las palas P&H.....	34
<b>Gráfica 3.:</b> Comparación real- teórico de tiempos de viaje promedio de camiones CAT 793.....	34
<b>Gráfica 3.1:</b> Dispersión de tiempos reales de viaje de camiones CAT 793.....	35
<b>Gráfica 4:</b> Comparación real- teórico de tiempos promedio de ciclo de camiones CAT 793 asociados a las palas P&H.....	35
<b>Gráfica 4.1:</b> Dispersión de tiempos reales de ciclo de camiones CAT 793.....	36
<b>Gráfica 5.</b> Comparación real- teórico de productividades promedio de camiones CAT 793 asociados a las palas P&H.....	36
<b>Gráfica 6:</b> Variaciones entre los parámetros reales- teóricos del ciclo de carga y acarreo.....	37
<b>Gráfica 7:</b> Promedio de variaciones de tiempos de viaje, ciclo y productividades.....	37
<b>Gráfica 8:</b> Comparación real- teórico de los tiempos promedio de espera de camiones CAT 793 asociados a la pala frontal O&K.....	38
<b>Gráfica 9:</b> Comparación real- teórico de tiempos promedio de maniobra de camiones CAT 793 asociados a la pala frontal O&K.....	39
<b>Gráfica 10:</b> Comparación real- teórico de tiempos promedio de ciclo de camiones CAT 793 asociados a la pala frontal O&K.....	39
<b>Gráfica 11:</b> Comparación real- teórico de tiempos promedio de ciclo de camiones CAT 793 asociados a la pala frontal O&K.....	40
<b>Gráfica 12:</b> Comparación real- teórico de productividades promedio de camiones CAT 793 asociados a la pala frontal O&K.....	40
<b>Gráfica 13:</b> Variaciones entre los parámetros reales- teóricos del ciclo de carga y acarreo.....	41
<b>Gráfica 14:</b> Promedio de variaciones de tiempos de viaje, ciclo y productividades....	41
<b>Gráfica 15:</b> Comparación real- teórico de los tiempos promedio de espera de camiones CAT 793 asociados a las palas retro O&K.....	42
<b>Gráfica 16:</b> Comparación real- teórico de tiempos promedio de maniobra de camiones CAT 793 asociados a las palas retro O&K.....	43

<b>Gráfica 17:</b> Comparación real- teórico de tiempos promedio de ciclo de camiones CAT 793 asociados a las palas retro O&K.....	43
<b>Gráfica 18.</b> Comparación real- teórico de tiempos promedio de ciclo de camiones CAT 793 asociados a las palas retro O&K.....	44
<b>Gráfica 19:</b> Comparación real- teórico de productividades promedio de camiones CAT 793 asociados a las palas retro O&K.....	44
<b>Gráfica 20:</b> Variaciones entre los parámetros reales- teóricos del ciclo de carga y acarreo.....	45
<b>Gráfica 21:</b> Promedio de variaciones de tiempos de viaje, ciclo y productividades .....	45

## RESUMEN

El presente informe constituye una recopilación de la información generada y recolectada durante la pasantía en el sistema de carga y acarreo del sector Transición de la Mina Paso Diablo, por medio de inspecciones de campo y la revisión de material técnico respectivo. La labor de pasantía contempló un proceso de inducción de dos (2) semanas mediante visitas asistidas a través de los distintos departamentos técnicos de la empresa Carbones del Guasare S.A. Posteriormente, se procedió al cumplimiento algunas tareas asignadas, fundamentadas en el seguimiento, identificación, verificación y evaluación de los factores que influyen directa e indirectamente sobre el ciclo de carga y acarreo durante los meses de agosto y septiembre de 2010. Además, la elaboración de un análisis que permita 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. Dicha propuesta ha sido generada mediante una serie de gráficas que son producto de la comparación de valores obtenidos a través de una fórmula de simulación empleada por el Departamento de Planificación y los registros tomados en campo.

Como resultado del análisis realizado se tiene como principal conclusión que la variable más influyente en los tiempos de ciclo del sistema de carga y acarreo son los tiempos de espera. De esta manera, se pudo concluir a su vez, que la fórmula empleada para la estimación de productividades por parte del Departamento de Planificación se aproxima significativamente a la realidad.

Finalmente, la recomendación más notable es 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.

## 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.

Las operaciones mineras en la empresa Carbones del Guasare S.A (CDG), operadora en la cuenca carbonífera del Río Guasare, municipio Mara al noroeste del estado Zulia, está presentando una desviación considerable de los indicadores de producción de la flota de camiones (productividades) considerados en la planificación de mina con respecto a los registros reales. Esta situación está causando que en la realidad no se alcancen las metas calculadas teóricamente por el Departamento de Planificación.

A través de este trabajo, se busca identificar las variables más influyentes en los sistemas de carga y acarreo de la Mina Paso Diablo, de la empresa Carbones del Guasare S.A, mediante la recopilación de datos, validando de esta manera las premisas estipuladas por el Departamento de Planificación en los ciclos de transporte de material estéril.

El trabajo se estructuró de la siguiente manera: en primer lugar, se identificaron cuáles son las variables más influyentes en el sistema de carga y acarreo de la mina Paso Diablo. Luego se procedió a desarrollar los formatos para el manejo y recopilación de datos. Posteriormente, se realizó la recolección de datos en campo, para finalmente proceder a la interpretación de los resultados obtenidos. De esta manera, fue realizado el estudio para el análisis de los sistemas de carga y acarreo del sector Transición de la mina Paso Diablo de la empresa Carbones del Guasare S.A.



## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General:**

1. Analizar los sistemas de carga y acarreo de la mina Paso Diablo de Carbones del Guasare, S.A.

### **Objetivos Específicos**

1. Identificar las variables más influyentes que intervienen en el sistema de carga y acarreo.
2. Desarrollar los formatos para el manejo y la recopilación de datos.
3. Recopilar los datos de las variables más influyentes en el sistema de carga y acarreo mediante muestreos de campo.
4. Interpretar los resultados obtenidos de las mediciones realizadas en campo.

## **JUSTIFICACIÓN Y ALCANCES**

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 validación de las premisas contempladas en el Departamento de Planificación en el 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.

Además, se busca identificar y evaluar las variables (tiempos de acarreo, sistemas de vías, etc.), más importantes que intervienen en el proceso de acarreo del material estéril hasta las escombreras.

**CAPÍTULO I**  
**GENERALIDADES**

## 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](http://www.guasare.com), Consulta efectuada en Octubre de 2010

## GEOLOGÍA REGIONAL

Fuente: [www.pdvsa.com/lexico](http://www.pdvsa.com/lexico)

### *Formación Marcelina: Paleoceno*

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 Guasare: Paleoceno***

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 Misoa: Eoceno***

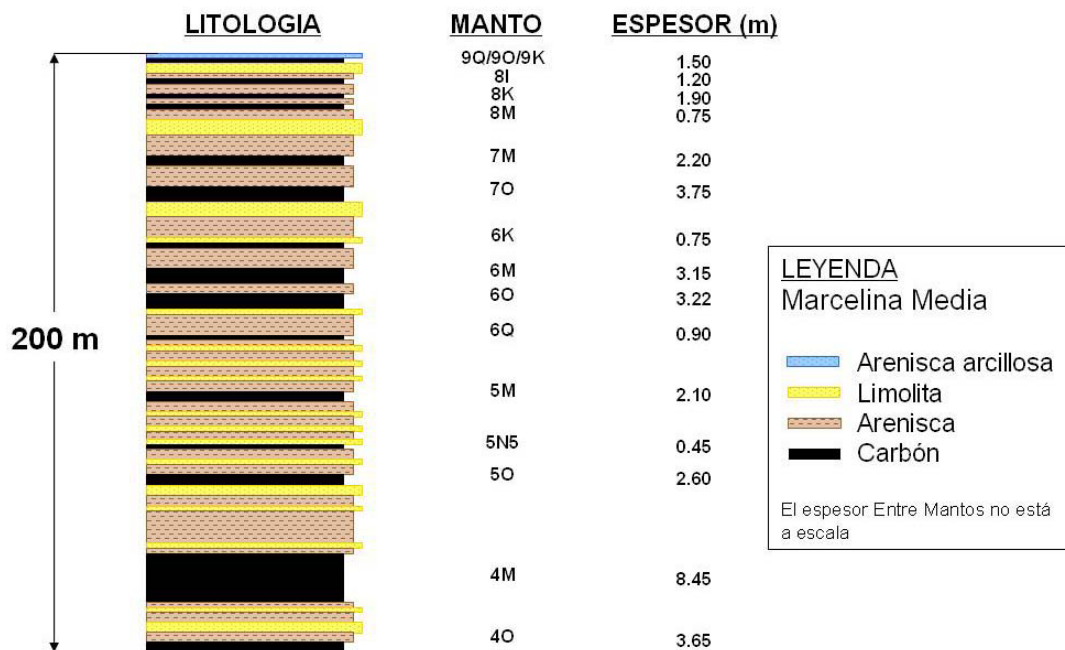
Las areniscas de esta formación presentan tamaños variados de grano, pero, en general, son de grano fino y gradan a limolitas y luego a lutitas. Son generalmente micáceas, frecuentemente carbonáceas y generalmente bien estratificadas a macizas. Se presentan en unidades compuestas, con espesores normales 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 geología local en la mina Paso Diablo, correspondiente a una sección de la Formación Marcelina, muestra una secuencia de limolitas, areniscas y capas de carbón. A continuación se muestra la secuencia estratigráfica.



**Figura 2.** Secuencia estratigráfica presente en la Mina Paso Diablo  
Fuente: Superintendencia de Geología, Carbones del Guasare S.A

En esta figura se puede observar la secuencia estratigráfica presente en la mina Paso Diablo. De ella se resaltan los mantos identificados con las siglas 5M, 5O, 4O y 4M, que representan para la empresa los mantos de carbón más importantes, por ser los de mayor potencia, mayor calidad, y por ende los de mayor beneficio económico.

## **DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA**

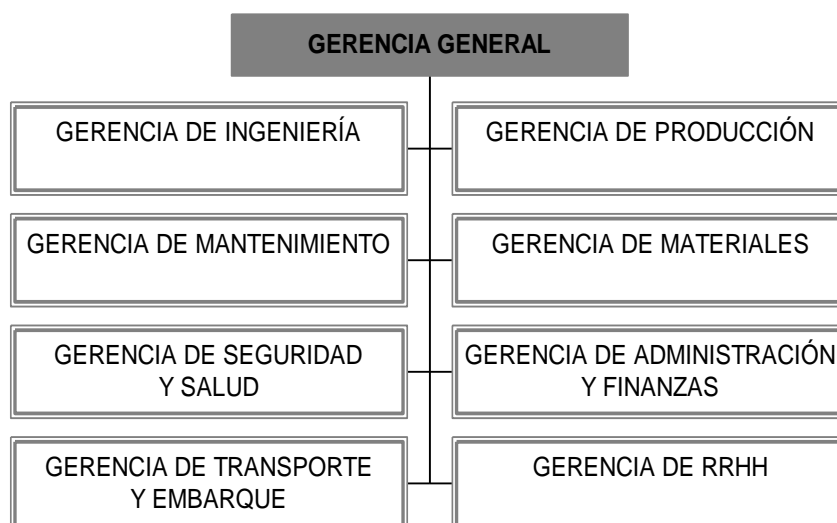
CDG es una empresa operadora que realiza labores de exploración, producción, transporte y comercialización de carbón. Se encuentra constituida bajo la figura de empresa mixta conformada por Carbozulia, cuya participación es del 49% de las acciones, Peabody Energy (25,5%) y Anglo Coal (25,5%). La empresa tiene políticas de seguridad y ambiente que sirven de criterios de suma importancia para la explotación del mineral.

## **RESEÑA HISTÓRICA**

En 1876 el gobierno del estado Zulia comisionó al geólogo Wenceslao Briceño Méndez a explorar la zona. Una vez certificadas las reservas, en 1973 le son entregadas a Corpozulia para la exploración de 70 mil hectáreas que integran la cuenca carbonífera del río Guasare.

En 1986, por decisión del Ejecutivo Nacional, Corpozulia arrienda a PDVSA las concesiones de carbón. Es creada Carbozulia para explotar y comercializar el carbón. Bajo la figura de empresas mixtas. En 1988 se crea CDG. Posteriormente, el 2 de febrero del 2004 el Ejecutivo Nacional transfiere nuevamente a Corpozulia las acciones mineras que tenía PDVSA.

## ORGANIGRAMA GENERAL DE LA EMPRESA (CARBONES DEL GUASARE S.A)



**Figura 3.** Organigrama general de Carbones del Guasare S.A

Esquema facilitado por la Superintendencia de Planificación de la empresa

El organigrama presenta la estructura organizativa de la empresa, la distribución de las distintas gerencias.

A continuación, se describe brevemente el funcionamiento de cada una de ellas:

### 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 se encarga 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 Mercator).

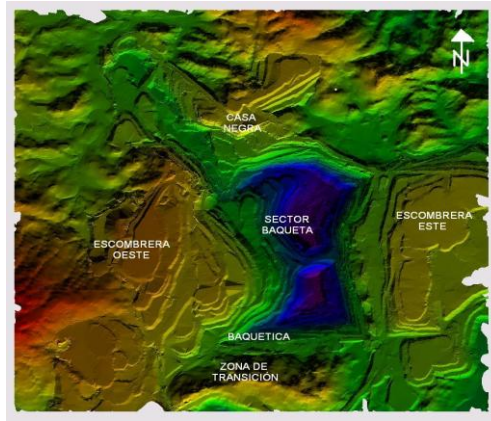
El trabajo de topografía consiste en realizar levantamiento diario del nivel del piso de mina y del frente de las palas, pilas de remanejo, pilas de trituración, así como el replanteamiento de puntos geológicos, levantamientos de escombreras, replanteamiento de puntos de vías y todos aquellas cotas que 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.



**Figura 4. Vista en Planta de la Mina**

Fuente: Superintendencia de Planificación, Carbones del Guasare S.A

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 perforación de barrenos la cual se lleva a cabo siguiendo un plan de mina, donde el primer paso es realizar las labores de ubicación de las mallas de perforación. Está bajo sus funciones realizar los cálculos del patrón de voladura y 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 el personal 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**

La función principal es el 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 del departamento de control de calidad y laboratorio. Además, aquí se procede a cargar las gandolas que van hacia el puerto Mara en el Lago de Maracaibo y en donde el carbón es transportado a su destino final.

## **Departamento de Servicio de Minas**

Las principales funciones 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 mitigar los efectos del impacto ambiental. Entre las actividades importantes realizadas por este departamento encontramos el

monitoreo de aguas y aire procedentes de la mina, áreas verdes previstas para deforestación, áreas verdes recuperadas, control del drenaje de mina, construcción de lagunas de sedimentación para el control del particulado sólido en el agua. Es el departamento encargado de controlar y coordinar la gestión ambiental de la mina bajo las leyes y normas del Estado venezolano.

**CAPÍTULO II**  
**MARCO TEÓRICO**

Dada la importancia de conocer los factores, variables y equipos que intervienen en un ciclo de carga y acarreo. Para comprender las implicaciones que estas tienen, se hace necesario realizar una descripción de las operaciones básicas de minería y su relación con CDG, las cuales se desarrollan a continuación.

## **OPERACIONES BÁSICAS EN MINERÍA (ITGE, 1999)**

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 producción.

Arranque → Carga → Acarreo → Descarga

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

En Carbones del Guasare, 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.

Arranque → Carga → Acarreo → Descarga

Para el caso del estéril, el arranque y la carga son realizadas por un mismo equipo, retroexcavadoras o palas frontales, seguidamente el acarreo y descarga realizado por camiones roqueros.

Arranque + Carga → Acarreo → Descarga

## **Arranque**

El arranque es por necesidad la primera de las operaciones previas al movimiento del material. Ésta consiste en fragmentar el material hasta un tamaño pertinente para que los equipos de fases sub siguientes puedan manipularlo. (ITGE, 1999).

## **Carga**

La carga consiste en la recogida de material ya fragmentado para depositarlo seguidamente, en la mayoría de los casos, sobre otro equipo o instalación adyacente. (ITGE, 1999).

Esta actividad se realiza en lo que se denomina frente de trabajo. Este es el área con material fragmentado donde se encuentran los equipos de carga.

## **Acarreo**

Es la operación basada en el transporte de los diferentes materiales extraídos de la mina, bien sea de los minerales económicamente rentables hasta las plantas de procesamiento, o del material estéril para sus respectivas escombreras.

De acuerdo al tipo de acarreo que se lleve a cabo se puede hablar de transporte interno o externo, en referencia a si esta operación se realiza dentro de los límites de la mina o fuera de sus instalaciones. (ITGE, 1999).

En el caso de Carbones del Guasare, S.A (CDG), se realizan ambos tipos de acarreo, tanto interno como externo, pero para los objetos de este informe sólo se tratará lo concerniente al transporte interno.

## **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 las escombreras. Normalmente

estas operaciones son realizadas por los equipos que efectúan el transporte, con la ayuda de equipos auxiliares.

### **Principales características técnicas y operativas de la flota de equipos utilizados en Carbones del Guasare (CDG)**

Para la ejecución de las operaciones de arranque del material estéril se cuenta con:

**Tabla 1:** Características de las Palas Eléctricas P&H 2800XPC (2051, 2052, 2053)

<b>N° Unidades</b>	<b>Capacidad balde m<sup>3</sup></b>	<b>Tiempo promedio de carga (min)</b>	<b>Productividad m<sup>3</sup>/hr</b>
3	36	2	1400- 1600

Fuente: Superintendencia de Planificación, CDG.

**Tabla 2:** Características de las Palas Hidráulicas TEREX O&K RH 200 (2009, 2011, 2012, 2013)

<b>N° Unidades</b>	<b>Capacidad balde m<sup>3</sup></b>	<b>Tiempo promedio de carga (min)</b>	<b>Productividad m<sup>3</sup>/hr</b>
4	26	2	1400- 1600

Fuente: Superintendencia de Planificación, CDG.

Para la ejecución de las operaciones de carga del carbón se cuenta con:

**Tabla 3:** Características de los Cargadores frontales Caterpillar 994D

<b>N° Unidades</b>	<b>Capacidad balde Ton</b>	<b>Tiempo promedio de carga (min)</b>	<b>Productividad Ton/hr</b>
2	38		

Fuente: Superintendencia de Planificación, CDG.

Para llevar a cabo el acarreo interno de los materiales son empleados los siguientes equipos:

**Tabla 4:** Características de los Camiones CATERPILLAR, modelo 789B

No. Unidades	Capacidad del balde (m3)	Tiempo promedio de carga (min)	Productividad (m3/hr)
10	70	2	200-230

Fuente: Superintendencia de Planificación, CDG.

**Tabla 5:** Características de los Camiones CATERPILLAR, modelo 793D

No. Unidades	Capacidad del balde (m3)	Tiempo promedio de carga	Productividad (m3/hr)
25	90	2	300-320

Fuente: Superintendencia de Planificación, CDG.

## DEFINICIONES CORTAS

**Carbón:** es una roca sedimentaria ligera, negra y combustible, que resulta de la destilación o de la combustión incompleta de los tejidos vegetales o de otros cuerpos orgánicos, como resultado de haber permanecido bajo la superficie terrestre durante larguísimos períodos.

**Estéril:** Material o residuo no aprovechable proveniente de la extracción minera. (ITGE, 1999)

### *Características operativas del material estéril de CDG: (Superintendencia de Planificación)*

Densidad banco: 2.4 t/m<sup>3</sup>

Densidad suelto: 1.66 t/m<sup>3</sup>

Factor de compactación: 1.33 – 1.45

Angulo de fricción: 36° - 38°

**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 autocombustionarse 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).

***Programa 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 (en fosa), 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 financieras de la industria.

***Dispatch (Despacho):*** 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 (Lp):** Distancia existente entre el frente de carga y la escombrera.

**Delta cota ( $\Delta C$ ):** Es la diferencia de cota entre el frente de carga y la escombrera.

**Factor de ajuste:** Consideración teórica que toma en cuenta los tiempos de: (espera por carga + inicio del posicionamiento + maniobra), arranque del frente de carga, primera descarga, posicionamiento, tiempo por pase, entre otros.

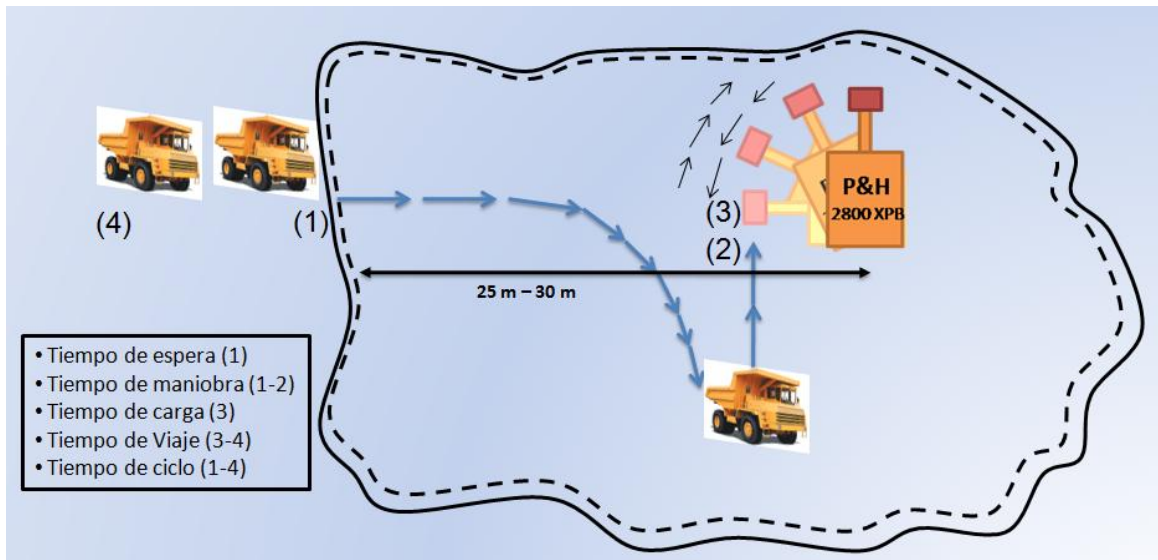
**Tiempo de espera:** Intervalo de tiempo en el que un camión se encuentra en cola para la posterior carga.

**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.



**Figura 5, Descripción gráfica de los tiempos parciales del sistema carga- acarreo.**

**Fuente: Elaboración propia.**

### **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 el nombre de su autor no puede ser revelado en este trabajo.

$$T_v = 0,004*(L_p) + 0,026*(\Delta C) \quad (1)$$

**Ecuación 1:** Fórmula para la estimación de tiempos de viaje.

Fuente: Superintendencia de Planificación, CDG.

Donde:

**T<sub>v</sub>:** Tiempo de viaje (ida lleno/retorno vacío).

**L<sub>p</sub>:** Longitud del perfil de acarreo (metros).

**ΔC:** Diferencia de cota desde el frente de carga y la escombrera (metros).

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 del 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.

$$T_v = 0,004*(L_p) + 0,026*(\Delta C) + T_{comp} \quad (2)$$

**Ecuación 2:** Fórmula para la estimación de tiempos de ciclo.

Fuente: Superintendencia de Planificación, CDG.

Donde:

**T<sub>comp</sub>:** Tiempos complementarios (Ver tablas 6, 7 y 8).

**Tiempos parciales utilizados por CDG según la combinación de equipo de carga y equipo de acarreo:**

**Tabla 6.** Combinación de pala marca P&H 2800XPC con camiones marca CATERPILLAR 793

COMBINACION == P&H 2051 + 2052 con Cat793		Min	Seg	Min:seg	min
Espera por Carga + inicio de aculatamiento + Maniobra		0	20	00:20	0.33
Arranque del Frente de Carga		0	5	00:05	0.08
Primera descarga	Posicionamiento =====>	1	0	00:05	0.08
Nº Pase	4	0	40	00:40	2.00
TiempoxPase		0	40	00:40	2.00
Tiempo TOTAL Ciclo de carga >				02:30	2.75

Fuente: Superintendencia de Planificación

**Tabla 7.** Combinación de pala frontal marca O&K RH 200 (2013) con camiones marca CATERPILLAR 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
Nº Pase	5	TiempoxPase	0	33	00:33	2.200
Tiempo TOTAL Ciclo de carga >					03:05	3.33

**Fuente:** Superintendencia de Planificación

**Tabla 8.** Combinación de pala retro marca O&K RH 200 (2011 y 2012) con camiones marca CATERPILLAR 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
Nº Pase	5	TiempoxPase	0	33	00:33	2.200
Tiempo TOTAL Ciclo de carga >					03:30	3.75

**Fuente:** Superintendencia de Planificación

**CAPÍTULO III**  
**RESULTADOS**

## FASE DE CAMPO

Éste capítulo contiene una descripción de las actividades realizadas durante la labor de pasantías. Además, incluye todos los resultados obtenidos e información referente al trabajo de campo.

A continuación se muestra esquemáticamente la metodología utilizada:

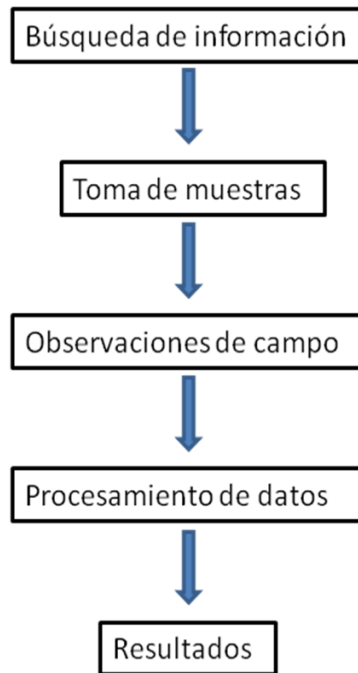


Figura 6. Metodología de trabajo

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 marco metodológico.

### Búsqueda de información

Se buscó 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, el porcentaje de pendiente del terreno, entre otros., haciendo uso del material técnico respectivo, y manuales de los

equipos e información suministrada por el Departamento de Planificación y las demás superintendencias del Departamento de Ingeniería de la empresa.

Además, se realizó una descripción teórica y gráfica de los tiempos parciales que intervienen en el sistema, tal como se mostró en el Capítulo III.

### Toma de muestras en campo

Consistió, en períodos de 60 min, en la medición de los tiempos parciales de cada uno de los camiones presentes 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 otros. Para ello, y haciendo uso del programa Microsoft® Excel 2003, se elaboró un formato de recopilación de datos, el cual contiene la información del frente de trabajo, equipos presentes, distancia de acarreo, información de la escombrera o bote corto y la hora en que comienza cada tiempo parcial, tal y como se muestra en la figura 6 a continuación:

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	<b>Medición de Tiempos de Ciclo de Acarreo</b>							
2	<b>Pala</b>							<b>HORA DE INICIO:</b>
3	Pala #		Ubicación:		Cota de Carga:			<b>HORA FINAL:</b>
4	<b>Escombreras</b>							
5	1) Cota Descarga:				Ubicación Bote:			
6	<b>Perfil de Acarreo(metros)</b>							
7								
8	<b>Camiones</b>							
9	<i>HORA</i>							
10	Camión #	Llegada	Espera	Maniobra	Carga	Viaje		
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								

**Figura 6:** Formato para recopilación de datos en campo.

Seguidamente, haciendo uso de la misma herramienta, se elaboró una tabla, la cual discrimina, por camión, los tiempos en cada ciclo realizado. A los fines, de establecer una comparación de valores obtenidos a través de la fórmula de simulación empleada por el Departamento de Planificación, los registros tomados en campo se procedió a elaborar y rellenar con datos las tablas pertinentes para el análisis técnico de las productividades.

RESULTADOS						
Tiempos						
Camión ▼	Espera ▼	Maniobr ▼	Carga ▼	Viaje ▼	Ciclo ▼	Observaciones
<b>Promedio</b>						
<b>Desviación</b>						

Figura 7: Tabla de resultados de tiempos del ciclo carga- acarreo- descarga.

Cuadro Comparativo				
Teoría		Real		Diferencias
<b>Tiempos (Min)</b>				
Factor de ajuste		Factor de ajuste real		
Tiempo de viaje		Tiempo de viaje real		
Tiempo ciclo		Tiempo de ciclo real		
<b>Productividad Nominal de Camiones (m<sup>3</sup>/hr)</b>				
<b>Velocidad de Viaje (Km/hr)</b>				

Figura 8: Cuadro comparativo entre valores teóricos y reales



## RESULTADOS

### PALAS MARCA P&H 2800XPC 2052- 2053 +CAMIONES MARCA CAT 793D

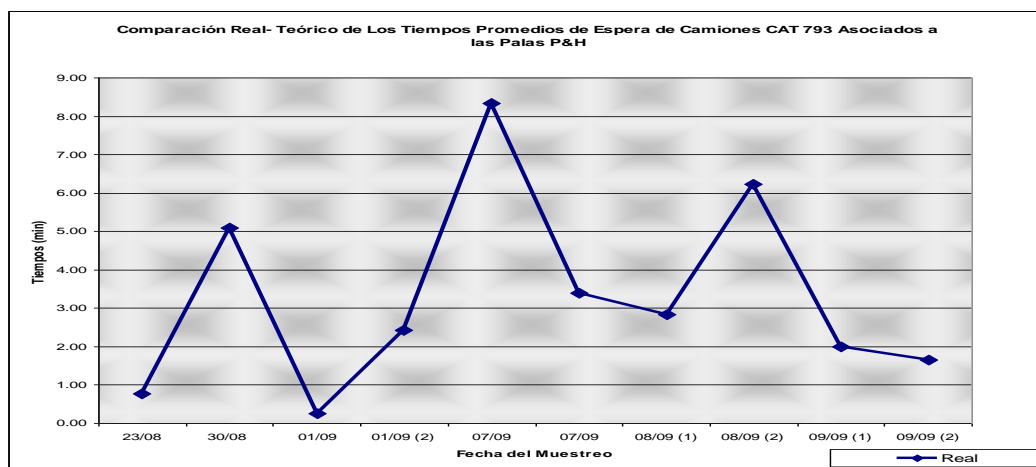
El cuadro a continuación presenta un resumen y comparación de los tiempos parciales del ciclo carga- acarreo

**Tabla 9.** Resumen y comparación de tiempos (espera, maniobra, carga, viaje ciclo) y productividad

■ Variación Positiva (Valor real < Valor Teórico)      ■ Variación Positiva (Valor real > Valor Teórico)  
■ Variación Negativa (Valor real > Valor Teórico)      ■ Variación Negativa (Valor real < Valor Teórico)

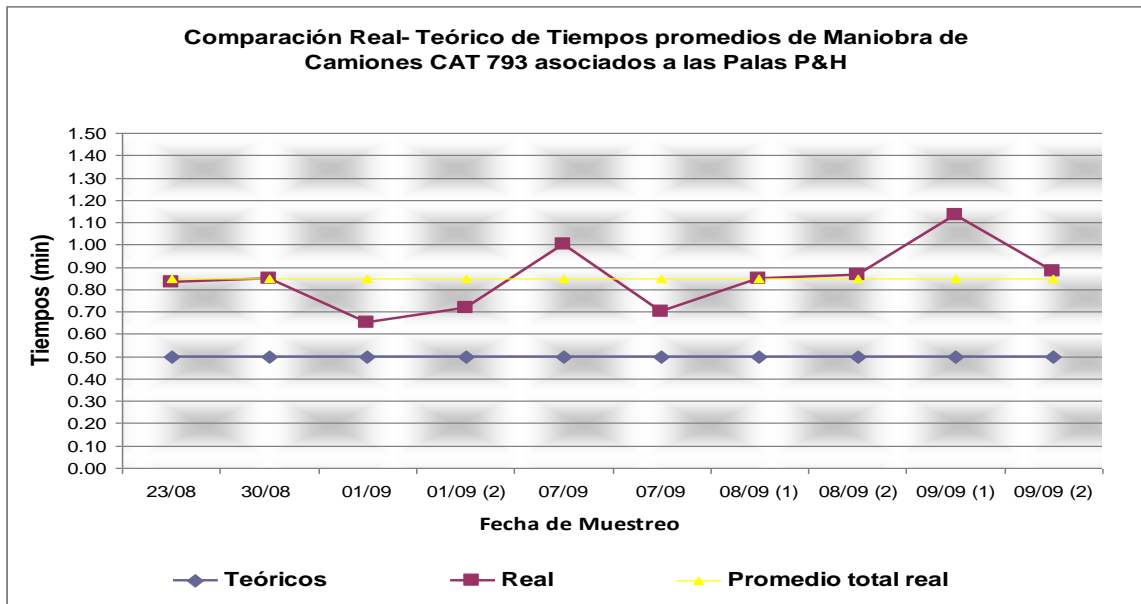
Fecha	Longitud Perfil (mts)	Tiempos												Productividad (mcb/hr)					
		ESPERA			MANIOBRA			CARGA			VIAJE			CICLO			Teoría	Real	Var.
		Real	Teoría	Real	Var.	Teoría	Real	Var.	Teoría	Real	Var.	Teoría	Real	Var.					
23/08	5016	0.78	0.50	0.83	67%	2.75	2.55	7%	25.32	21.77	14%	28.07	26.17	7%	199	213	7%		
30/08	5016	5.10	0.50	0.85	70%	2.75	2.72	1%	25.42	21.10	17%	28.17	29.75	6%	198	187	-5%		
01/09	5016	0.27	0.50	0.65	30%	2.75	2.13	22%	25.42	26.77	5%	28.17	29.80	6%	198	187	-5%		
01/09 (2)	1877	2.43	0.50	0.72	43%	2.40	2.32	3%	8.29	9.93	20%	10.92	15.38	41%	511	362	-29%		
07/09	2909	8.33	0.50	1.00	100%	2.75	3.45	25%	16.34	16.00	2%	19.09	29.02	52%	292	192	-34%		
07/09	2909	3.38	0.50	0.70	40%	2.75	3.65	33%	16.34	14.55	11%	19.09	23.35	22%	292	239	-18%		
08/09 (1)	632	2.83	0.50	0.85	70%	2.75	3.42	24%	7.24	7.28	1%	9.99	14.40	44%	558	387	-31%		
08/09 (2)	2909	6.23	0.50	0.87	73%	2.75	3.33	21%	16.34	16.65	2%	19.09	22.65	19%	292	246	-16%		
09/09 (1)	2909	2.00	0.50	1.13	127%	2.75	3.07	12%	16.34	16.90	3%	19.09	23.18	21%	292	240	-18%		
09/09 (2)	2909	1.65	0.50	0.88	77%	2.75	2.98	8%	16.34	16.93	4%	19.09	22.52	18%	292	248	-15%		
<b>Promedio</b>		3.30		0.85	69.7%		2.96	8.9%			0.9%			22.2%			-16.4%		

El siguiente gráfico muestra la comparación “real”- teórico de los tiempos de espera de los camiones CAT 793D asociados a las palas P&H 2800XPC.



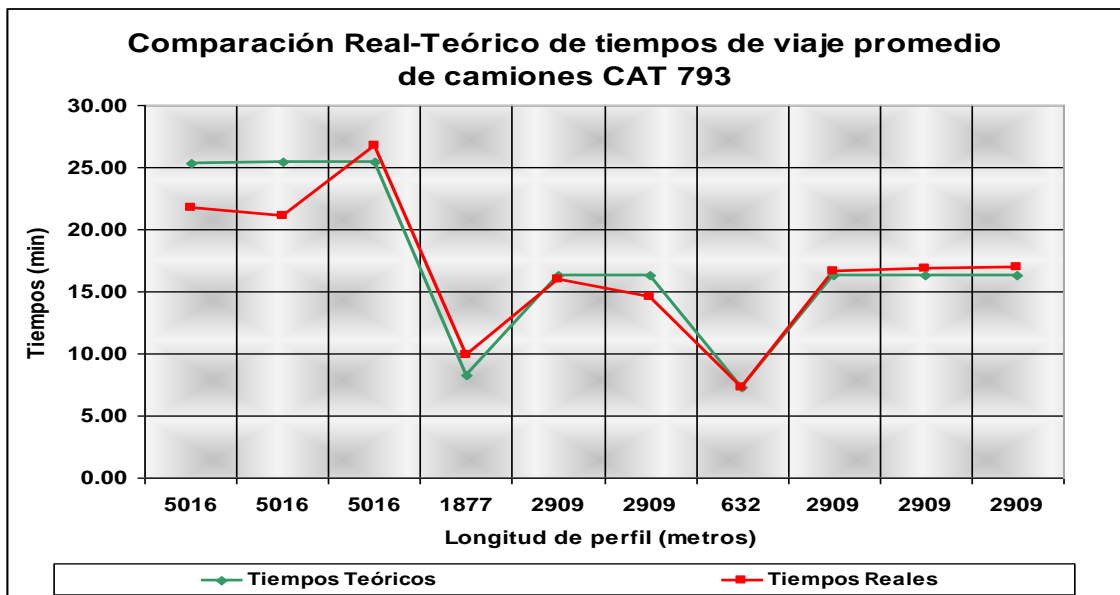
**Gráfica 1.** Comparación “Real”- Teórico de los tiempos promedio de espera de camiones CAT 793 asociados a palas P&H @800 XPC.

Éste gráfico muestra la comparación real- teórico de los tiempos de maniobra de los camiones CAT 793D asociados a las palas P&H 2800XPC

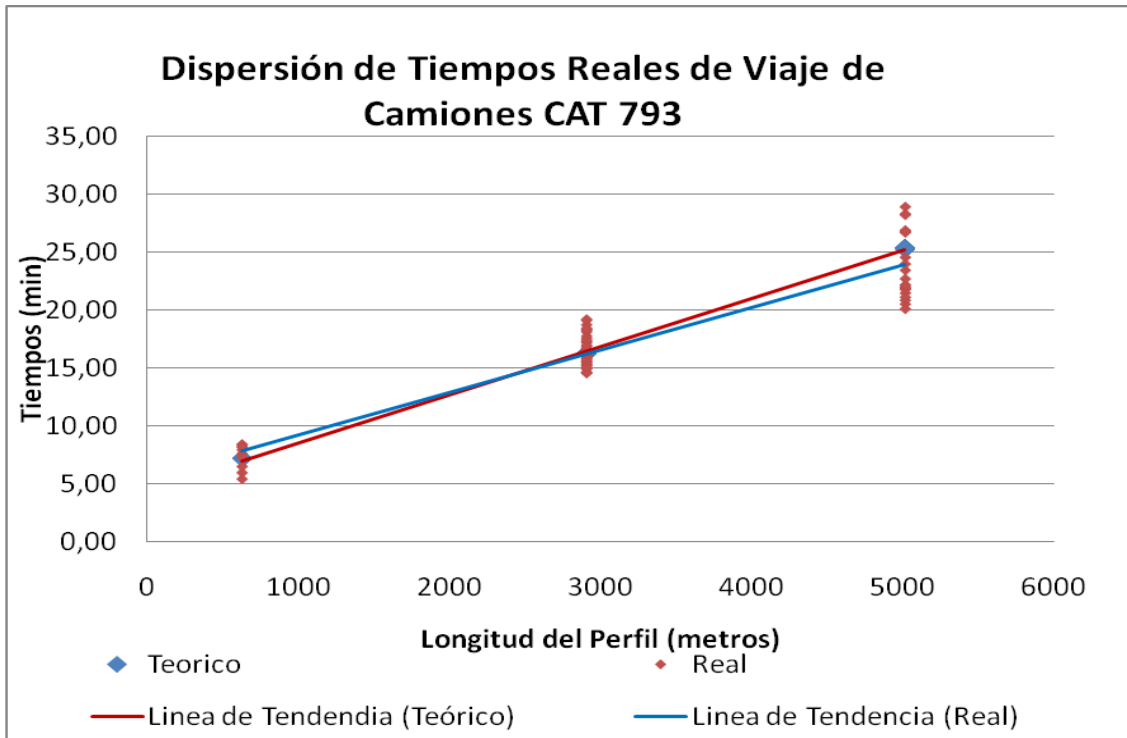


**Gráfica 2.** Comparación “Real”- Teórico de tiempos promedio de maniobra de camiones CAT 793 asociados a las palas P&H

Éste gráfico muestra la comparación “real”- - teórico de los tiempos de viaje de los camiones CAT 793D asociados a las palas P&H 2800XPC

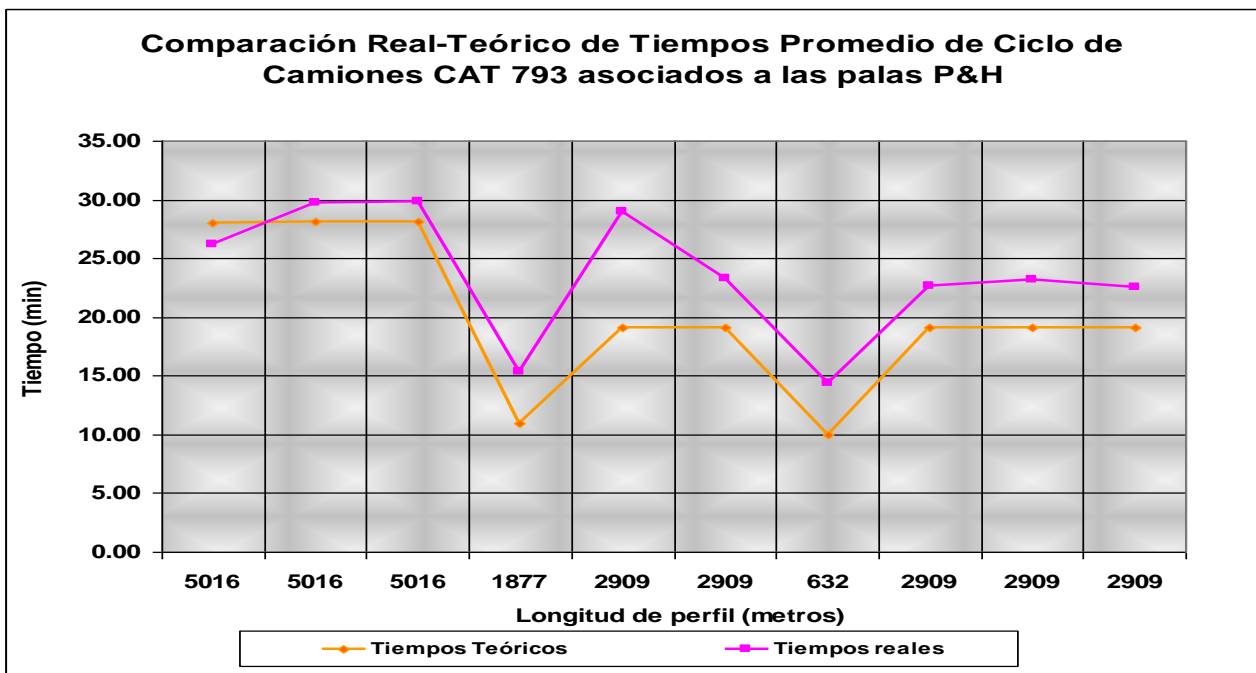


**Gráfica 3.** Comparación “Real”- Teórico de tiempos de viaje promedio de camiones CAT 793D.



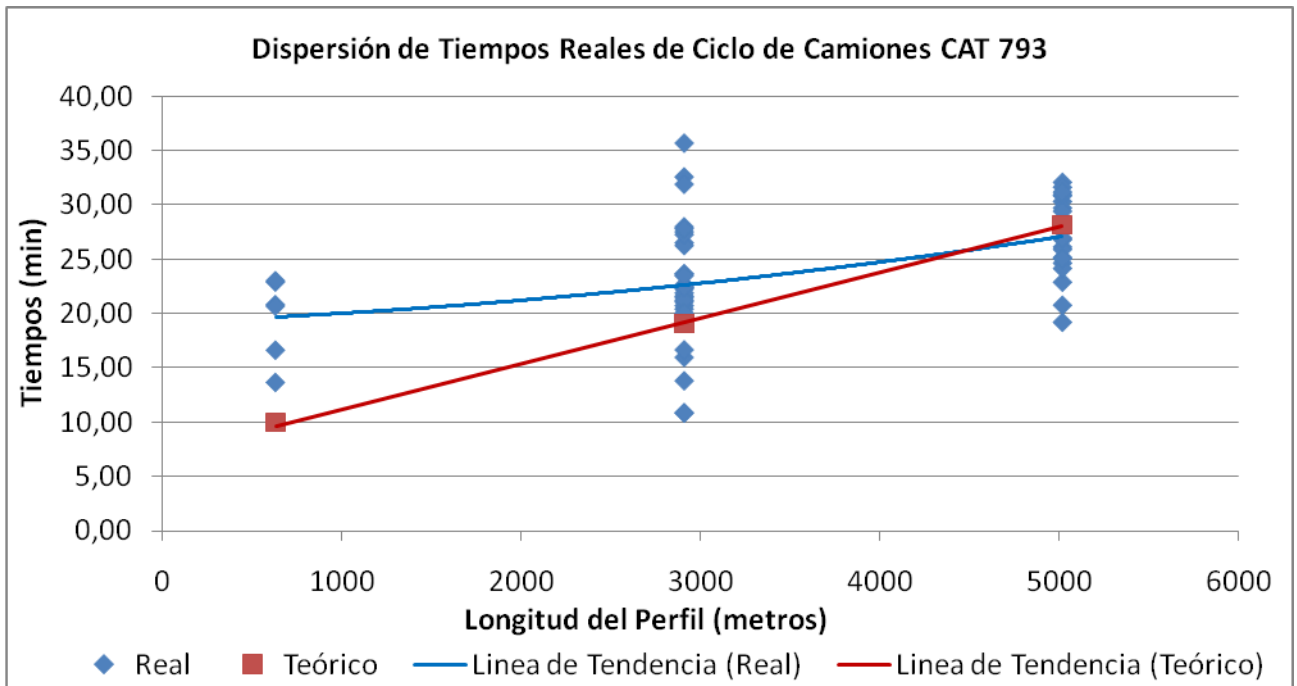
**Gráfica 3.1** Dispersión de Tiempos “Reales” de viaje de camiones CAT 793D

A continuación se presenta la comparación “real- teórico de los tiempos de ciclo de los camiones CAT 793D asociados a las palas P&H 2800XPC.



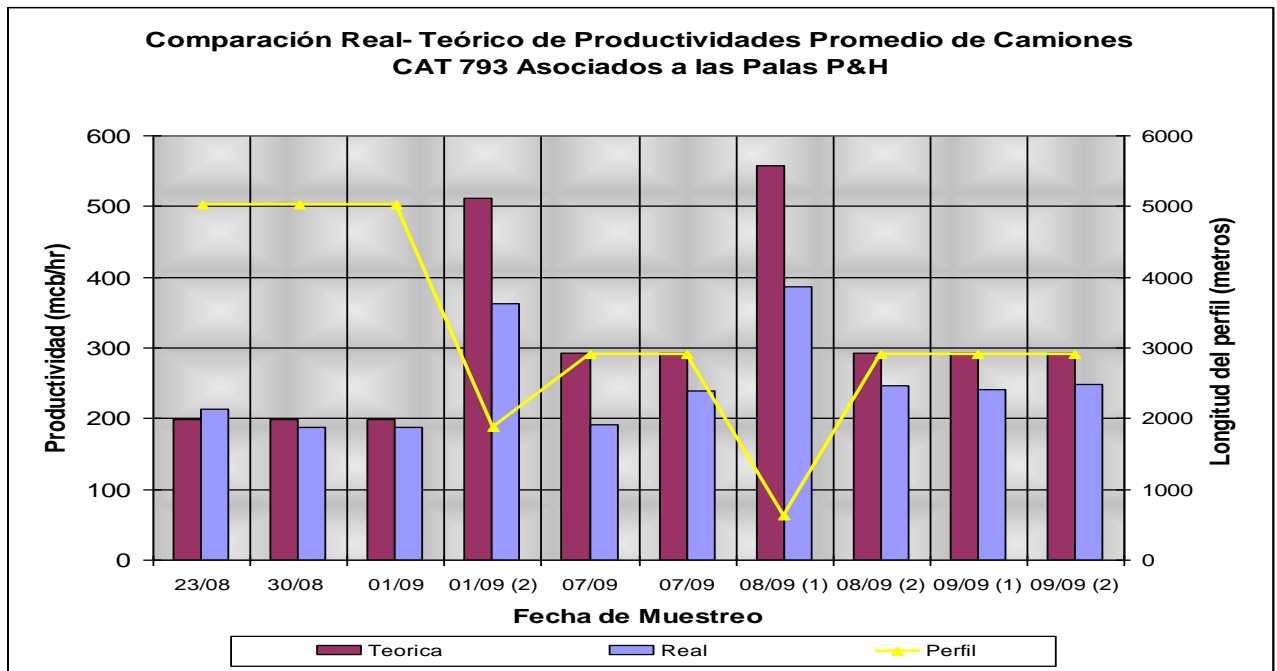
**Gráfica 4.** Comparación “Real- Teórico de tiempos promedio de ciclo de camiones CAT 793D Asociados a las palas P&H 2800 XPC.

El gráfico de dispersión permite observar, de manera individual, cuan desviados están los tiempos de ciclo “reales” con respecto a lo esperado en planificación.

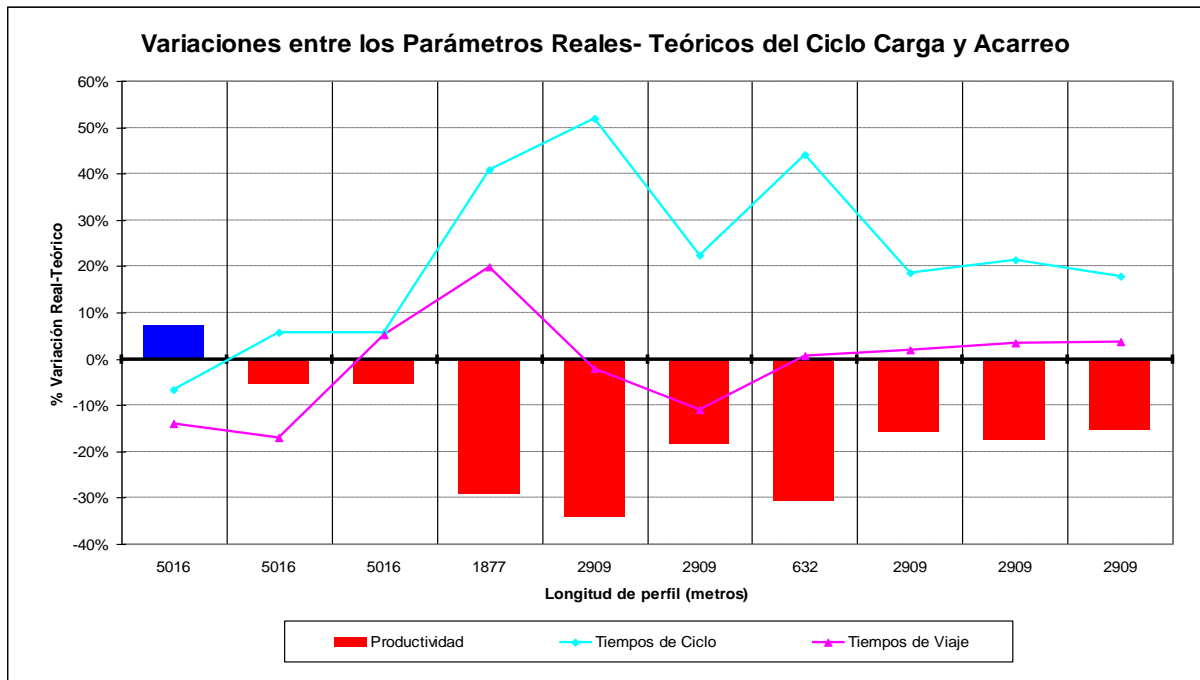


**Gráfica 4.1** Dispersión de Tiempos “Reales” de Ciclo de Camiones CAT 793D.

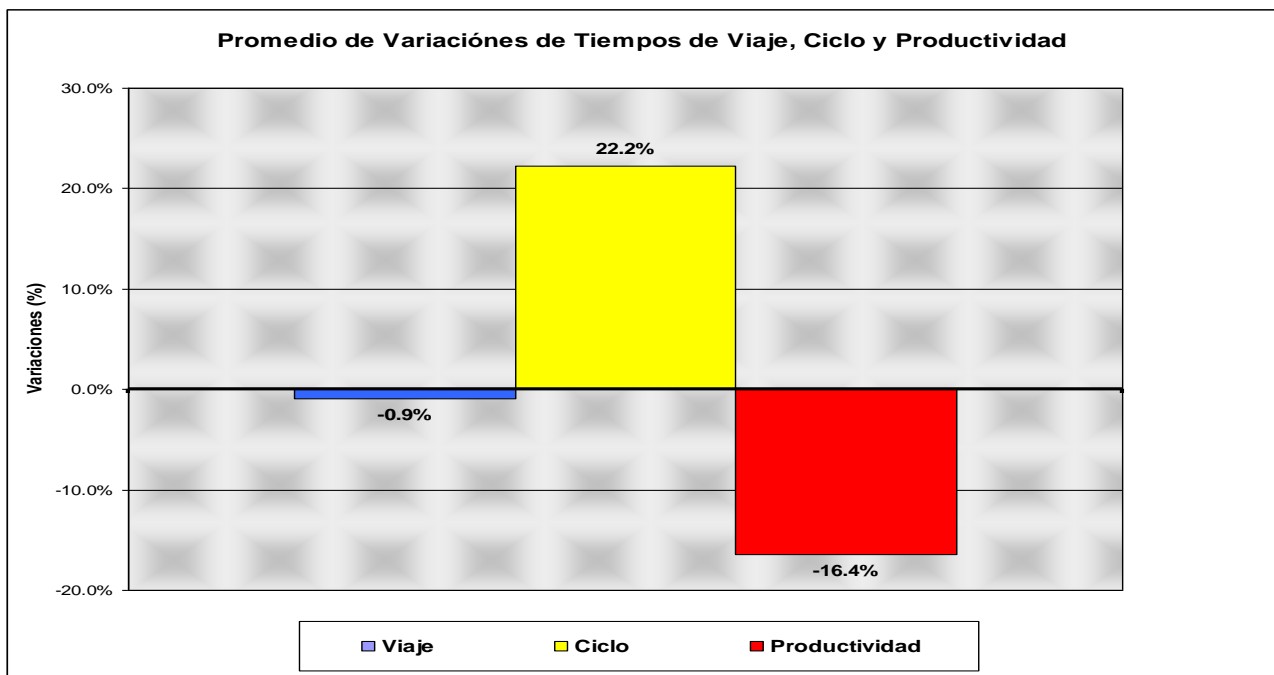
A continuación, el Gráfico 5, presenta como varían las productividades, “reales”, de los camiones en comparación con las teóricas.



**Gráfica 5.** Comparación “Real”- Teórico de productividades promedio de camiones CAT 793D asociados a las palas P&H 2800XPC.



**Gráfica 6.** Variaciones entre los parámetros “Reales”- Teóricos del ciclo de carga y acarreo.



**Gráfica 7.** Promedio de Variaciones de tiempos de viaje, ciclo y productividades

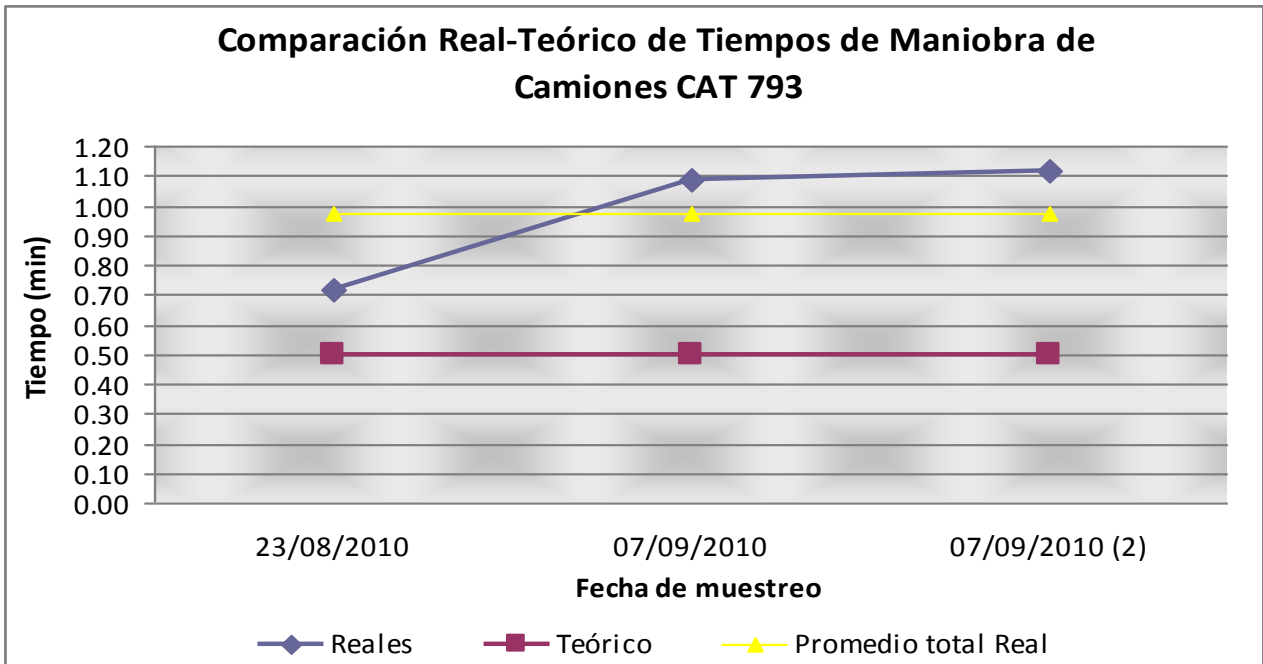
## Pala O&K 2013 + Camiones CAT 793

**Tabla 10.** Resumen y comparación de Tiempos (Espera, Maniobra, Carga, Viaje Ciclo) y Productividad

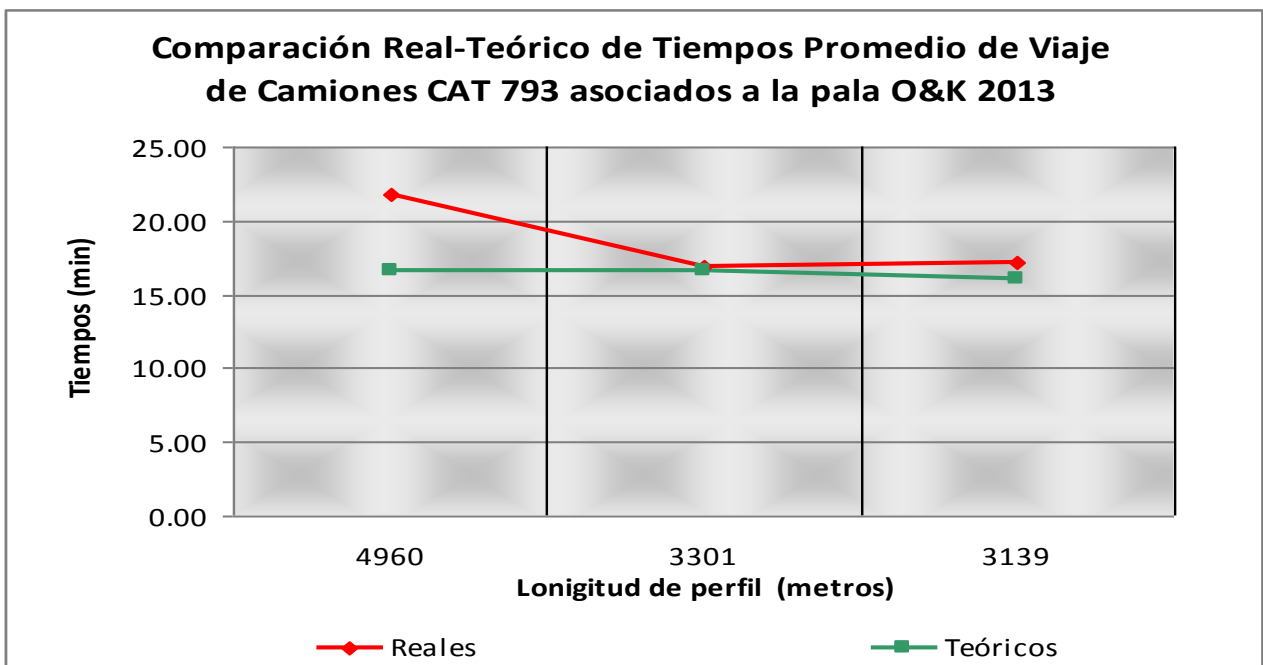
		Tiempos												Productividad (mcb/hr)				
		Espera		Maniobra		Carga			Viaje			Ciclo						
2013 + 793	Fecha	Longitud Perfil (mts)	Real	Teórico	Real	Var.	Teórico	Real	Var.	Teórico	Real	Var.	Teórico	Real	Var.	Teórico	Real	Variación
	23/08/2010	4960	0.95	0.5	0.72	43%	2.75	2.65	4%	16.68	21.82	31%	27.17	25.63	6%	205	217	6%
	07/09/2010	3301	21.6	0.5	1.08	117%	2.75	2.82	2%	16.68	16.88	1%	20.01	43.57	118%	279	128	-54%
	07/09/2010 (2)	3139	2.45	0.5	1.12	123%	2.75	3.02	10%	16.03	17.13	7%	19.36	23.70	22%	288	235	-18%
	<b>Promedio</b>				0.97	94%		2.83	3%		18.61	13%		30.97	45%			-22%



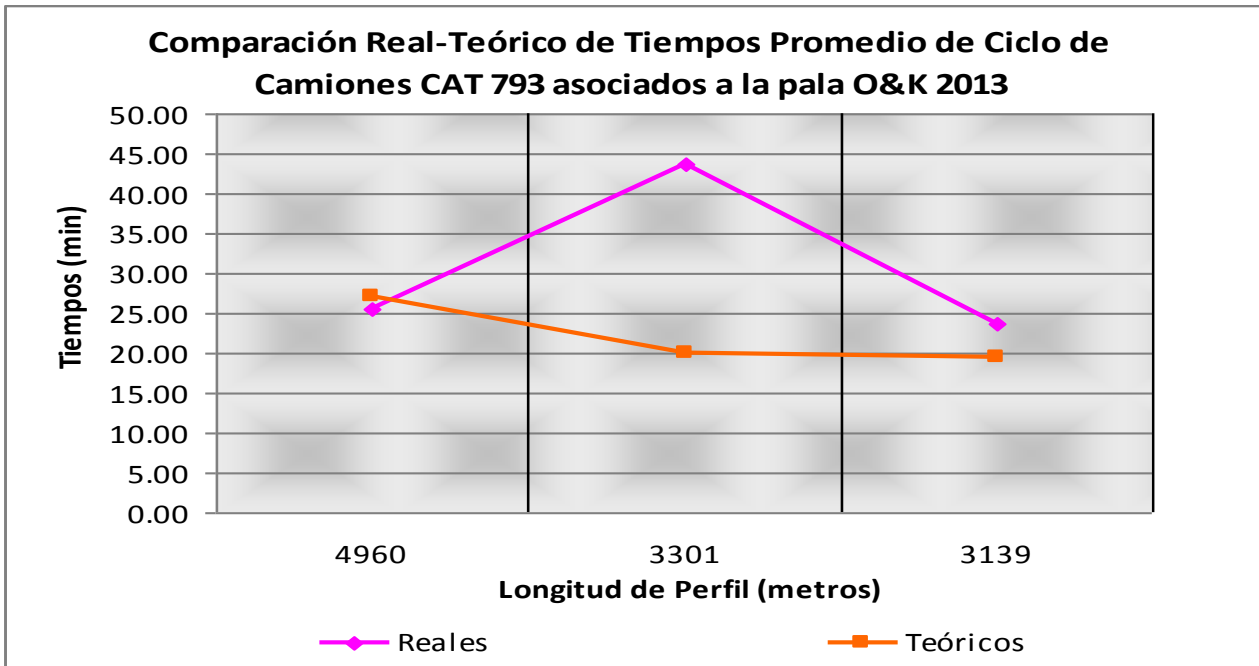
**Gráfica 8.** Comparación “Real”- Teórico de los tiempos promedio de espera de camiones CAT 793D asociados a la pala frontal O&K RH200.



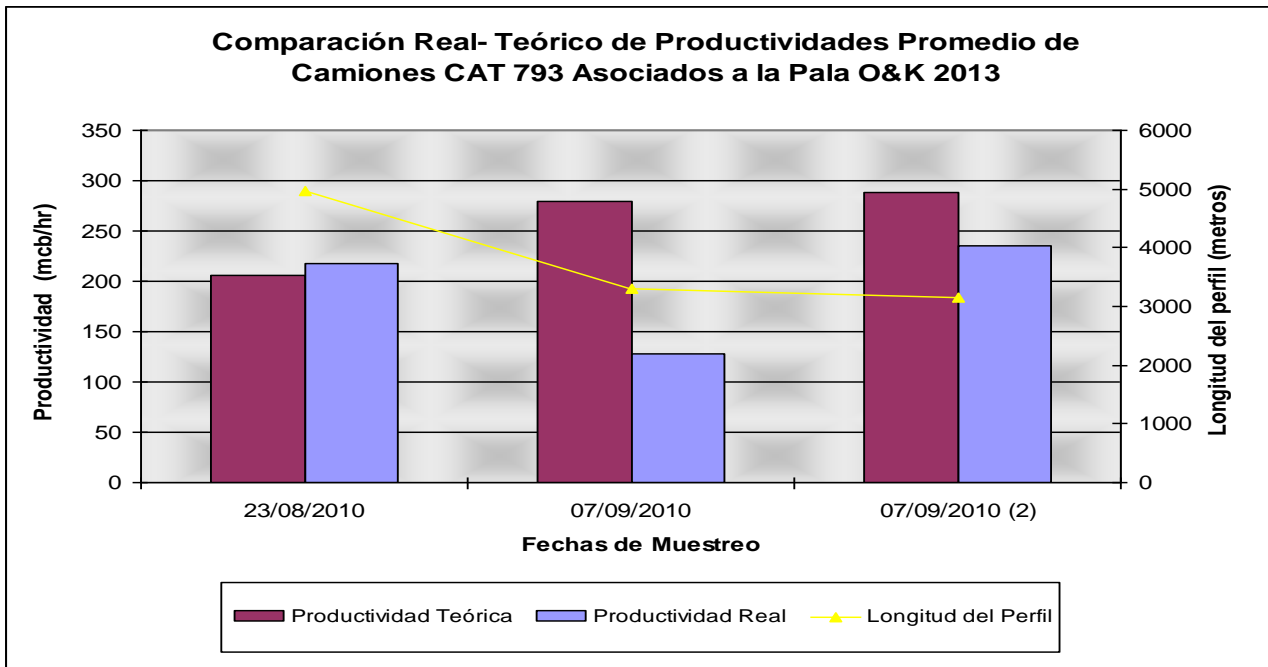
**Gráfica 9.** Comparación “Real”- Teórico de tiempos promedio de maniobra de camiones CAT 793D asociados a la pala frontal O&K RH200



**Gráfica 10.** Comparación “Real” - Teórico de tiempos promedio de ciclo de camiones CAT 793D asociados a la pala frontal O&K RH200

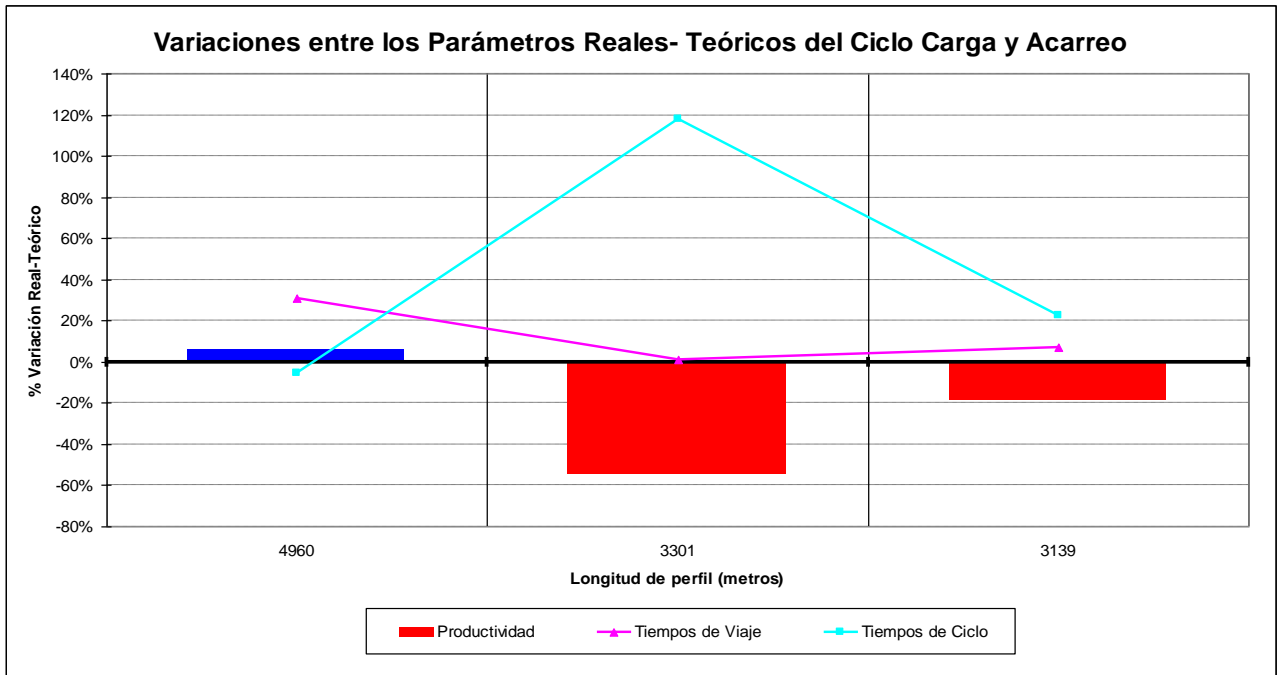


**Gráfica 11.** Comparación “Real” - Teórico de tiempos promedio de ciclo de camiones CAT 793D Asociados a la pala frontal O&K RH200



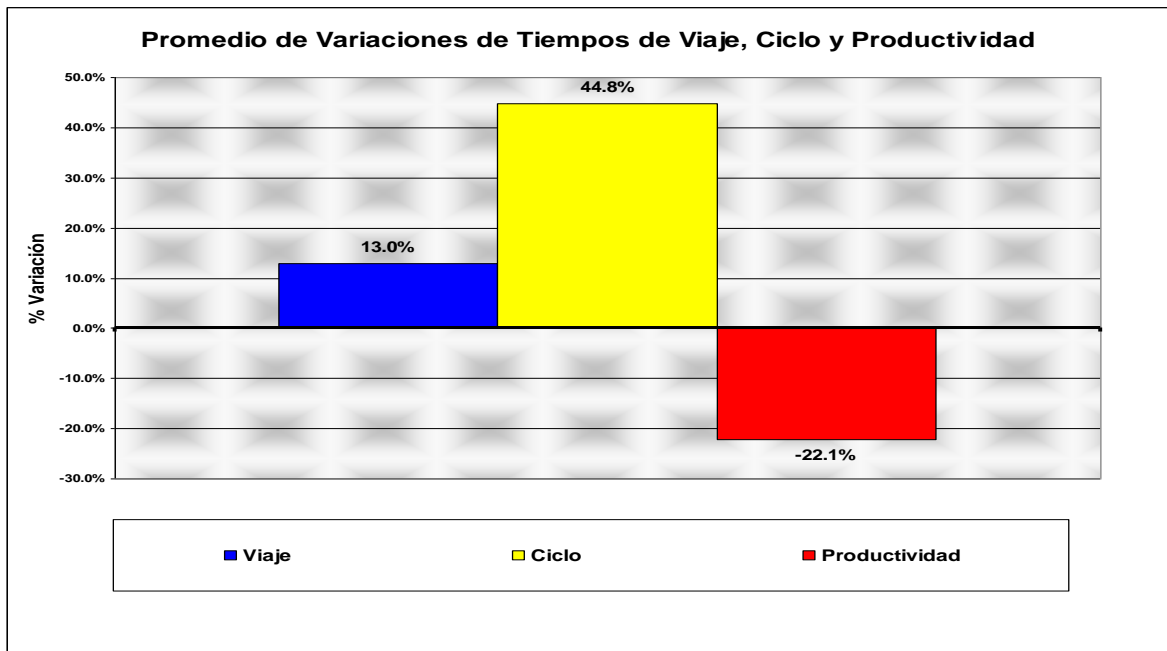
**Gráfica 12.** Comparación “Real” - Teórico de productividades promedio de Camiones CAT 793D asociados a la pala frontal O&K RH200





**Gráfica 13.** Variaciones entre los parámetros “Reales”- Teóricos del ciclo de Carga y Acarreo

El gráfico siguiente agrupa todos los resultados obtenidos en cuanto a tiempos de viaje, ciclo y productividades de tal forma de observar, en promedio, la desviación que presenta cada uno de los anteriormente nombrados.



**Gráfica 14.** Promedio de variaciones de tiempos de viaje, ciclo y productividades

## Palas Hidráulicas Retro O&K 2011 y 2012 + Camiones CAT 793

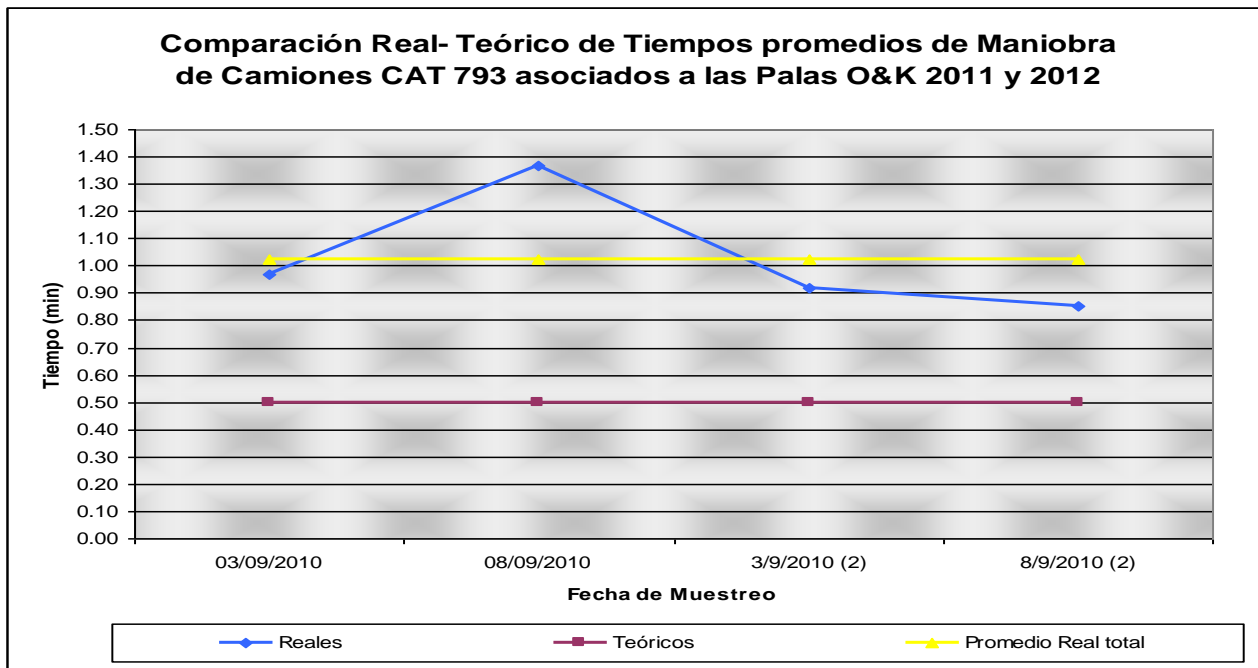
Tabla 11 y 12. Resumen y comparación de Tiempos (Espera, Maniobra, Carga, Viaje Ciclo) y Productividad de Camiones CAT 793D Asociados a las palas retro O&K RH200

2012 + 793		Tiempos													Productividad (mcb/hr)		
Fecha	Longitud Perfil (mts)	Espera		Maniobra		Carga			Viaje			Ciclo			Teoría	Real	Variación
		Real	Teórico	Real	Var.	Teórico	Real	Var.	Teórico	Real	Var.	Teórico	Real	Var.			
3/9/2010 (2)	3672	5.90	0.50	0.92	83%	2.75	3.32	21%	19.89	20.80	5%	23.64	30.93	31%	236	180	-24%
8/9/2010 (2)	3278	4.78	0.50	0.85	70%	2.75	2.75	0%	18.16	18.48	2%	21.91	26.58	21%	254	210	-18%
<b>Promedio</b>				0.88	77%		3.03	10%		19.64	3%		28.76	26%			-21%

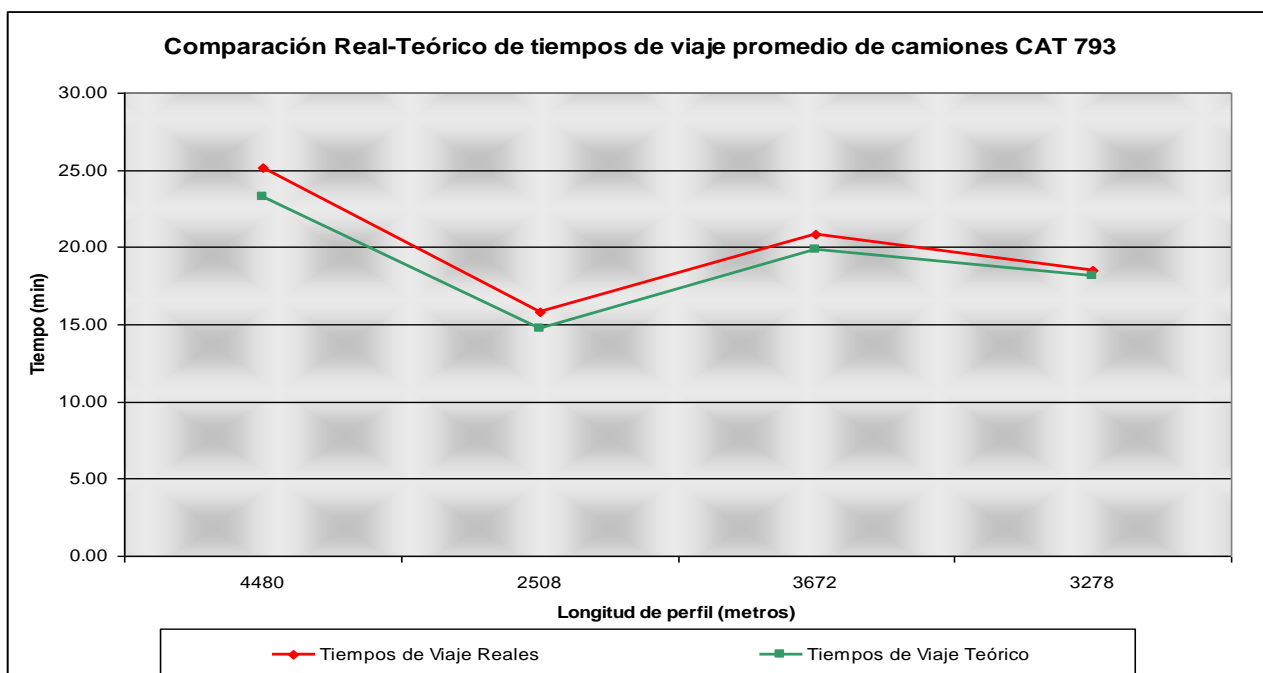
2011 + 793		Tiempos													Productividad (mcb/hr)		
Fecha	Longitud Perfil (mts)	Espera		Maniobra		Carga			Viaje			Ciclo			Teórico	Real	Var.
		Real	Teórico	Real	Var.	Teórico	Real	Var.	Teórico	Real	Var.	Teórico	Real	Var.			
03/09/2010	4480	0.73	0.50	0.97	93%	2.75	3.48	27%	23.24	25.15	8%	26.99	30.53	13%	207	183	-12%
08/09/2010	2508	4.25	0.50	1.37	173%	2.75	3.82	39%	14.71	15.78	7%	18.46	25.23	37%	302	221	-27%
<b>Promedio</b>				1.17	133%		3.65	33%		20.47	8%		27.88	25%			-19%



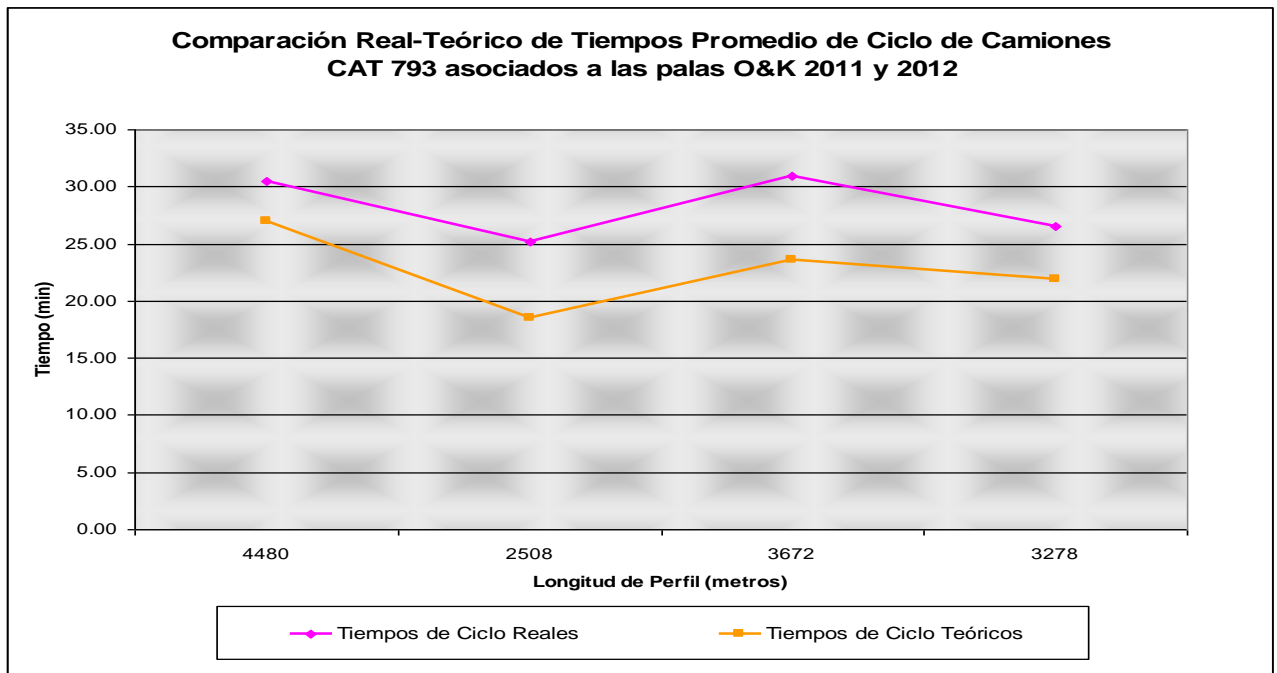
Gráfica 15. Comparación “Real”- Teórico de los tiempos promedio de espera de camiones CAT 793D asociados a las palas retro O&K RH200



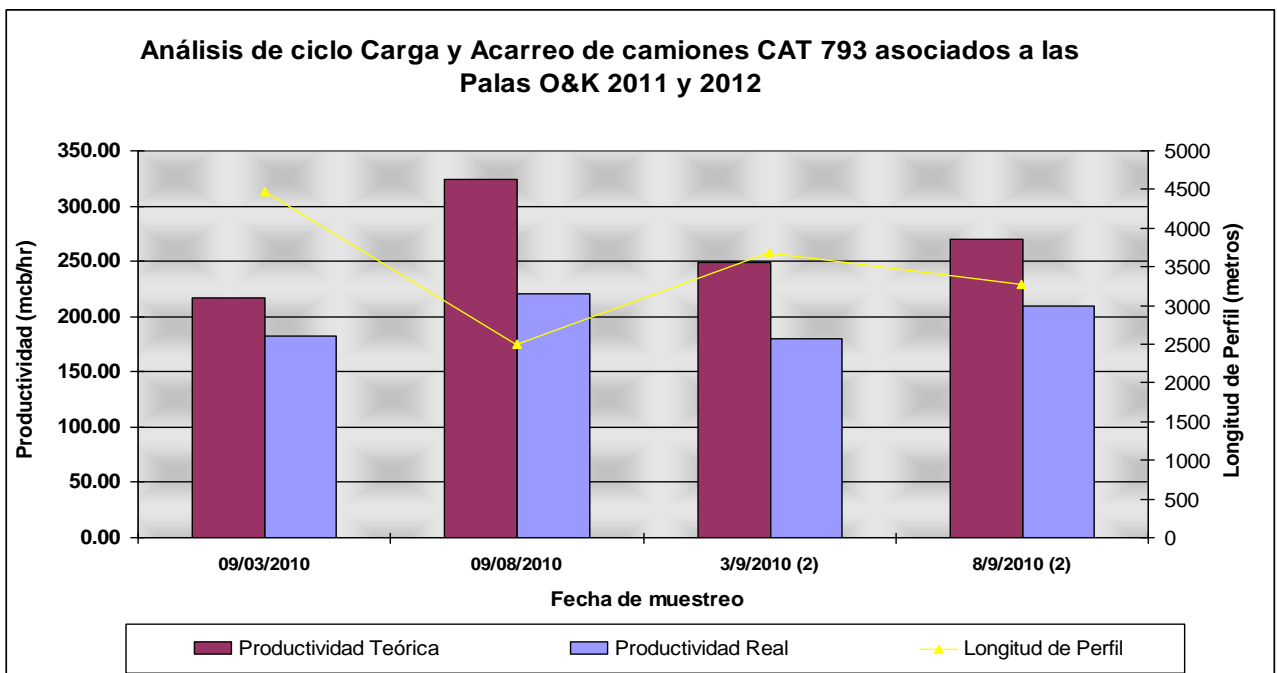
**Gráfica 16.** Comparación “Real”- Teórico de tiempos promedio de maniobra de camiones CAT 793D asociados a las palas retro O&K RH200.



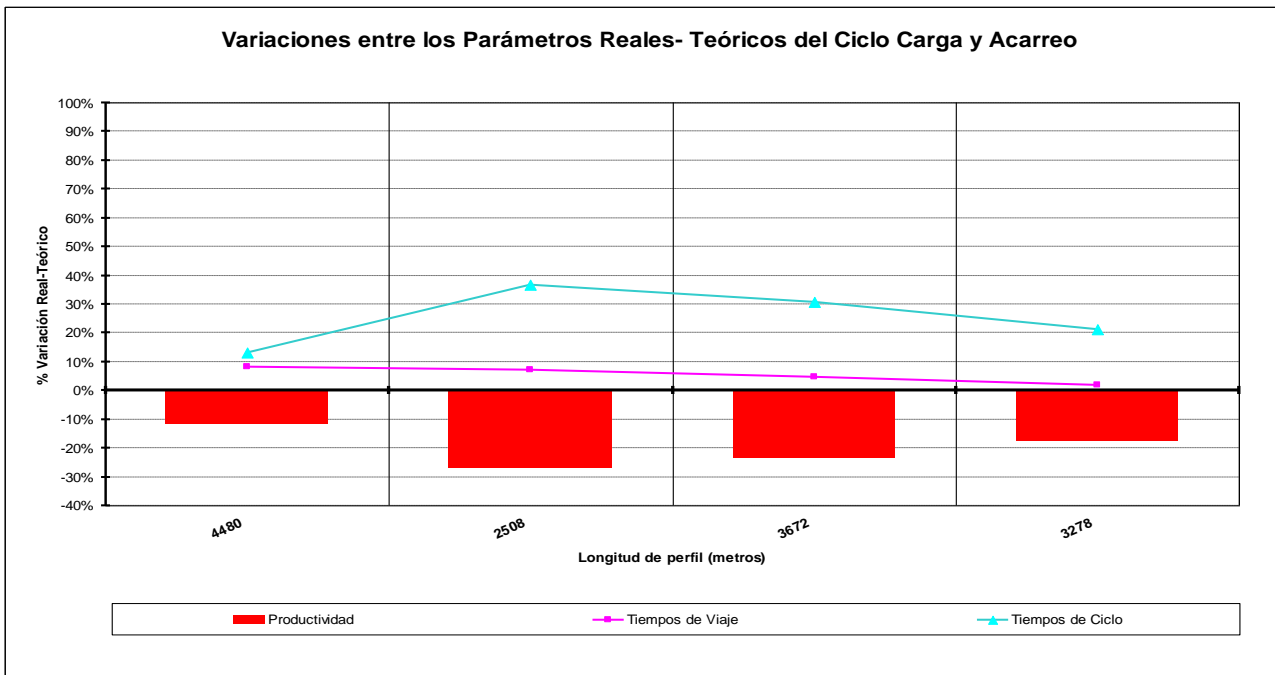
**Gráfica 17.** Comparación “Real” - Teórico de tiempos promedio de ciclo de camiones CAT 793D Asociados a las palas retro O&K RH200.



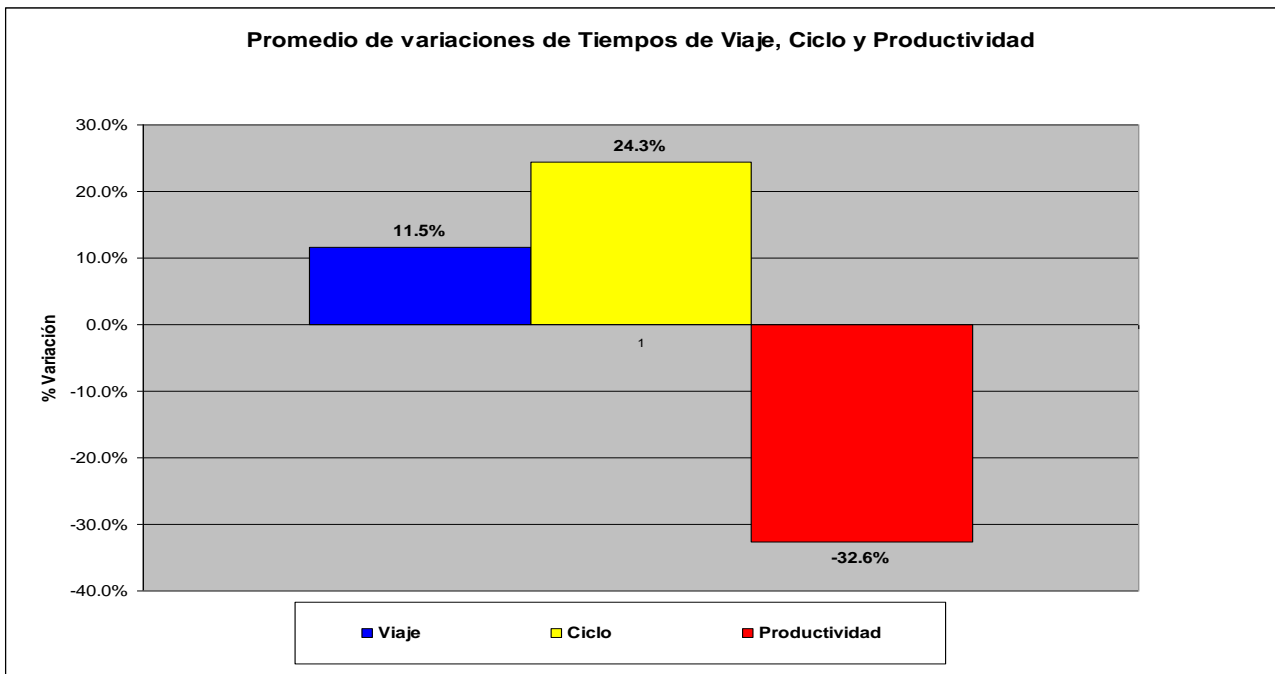
**Gráfica 18.** Comparación “Real” - Teórico de tiempos promedio de ciclo de camiones CAT 793D Asociados a las palas retro O&K RH200.



**Gráfica 19.** Comparación “Real” - Teórico de Productividades promedio de Camiones CAT 793D asociados a las palas retro O&K RH200.



**Gráfica 20.** Variaciones entre los parámetros “Reales”- Teóricos del ciclo de carga y acarreo.



**Gráfica 21.** Promedio de Variaciones de tiempos de viaje, ciclo y productividades

**CAPÍTULO IV**  
**ANÁLISIS DE RESULTADOS**

Una vez procesados y agrupados los datos, fué posible realizar una discriminación y análisis puntual de cómo influye cada tiempo parcial en el tiempo total o de ciclo de producción mineral.

En primer lugar, de la Gráfica 1, se observa claramente la aleatoriedad en los tiempos de espera, variable que podría ser controlada regulando la cantidad de camiones que están asignados a un frente de trabajo, ya que la planificación indica que dichos tiempos deberían resultar cero (0). Por otra parte, los picos 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 producía un incremento en los tiempos de espera, pues es la pala la que debe realizar la limpieza y arreglo del frente.

La Gráfica 2 muestra que los tiempos de maniobra “reales” presentan una desviación poco considerable con respecto a su promedio. No obstante, dicho promedio de tiempos de maniobra real se encuentra en 0,35 minutos por encima de lo estimado en la planificación de mina, variación que depende, entre otras variables de las condiciones del frente de trabajo y disposición de los operadores.

Seguidamente, en las Gráficas 3 y 3.1 se puede observar, a través de la similitud de las curvas, que la fórmula para la estimación de tiempos de viaje es bastante semejante a la realidad, además de un nivel de dispersión en los tiempos muy bajo. En otras palabras, los tiempos de viaje tienen un comportamiento regular y cumplen con lo esperado en la planificación.

El paralelismo de las curvas que se muestran en la gráfica 4 indica que la fórmula empleada para la estimación de tiempos de ciclo (ida-lleño/retorno-vacío) se aproxima significativamente a la “realidad”. Por otra parte, el desplazamiento que sufre la curva de tiempos de ciclo reales se debe principalmente a los tiempos de espera, tal como se observa en el gráfico 4.1 de dispersión.

En la Gráfica 5 se observan cómo las productividades “reales” no alcanzan en la mayoría de los casos a las productividades estimadas. Así mismo se refleja cómo a

medida que la longitud del perfil disminuye la diferencia entre las productividades reales y teóricas aumentan.

El Gráfico 6 muestra cuán desviados están los valores de los promedios de tiempos de viaje, de ciclo y de las productividades con respecto a la realidad, siendo el parámetro de comparación la línea del cero por ciento (0%), línea que representa los valores utilizados en la planificación. Los tiempos de ciclo presentan una desviación muy elevada en un promedio de 20%, afectando del mismo modo la productividad.

Se puede observar en la Gráfica 8 un pico, esto como producto de la cola de camiones en espera por carga que se dio al inicio de operaciones. En este caso, se observaron hasta cinco (5) camiones en cola esperando para ser cargados.

En gráfica 9, se presenta expone una tendencia de aumento en la curva, pero, su comportamiento no puede ser descrito de manera debida a causa de la falta de muestras. Sin embargo, con los datos obtenidos, se puede notar que los tiempos de maniobra en promedio están 0,5 minutos por encima de lo estimado. En el caso de las dos (2) últimas muestras, se observaron frentes de trabajo bastante estrechos, equipos auxiliares obstaculizando la vía, entre otros.

A excepción de la primera muestra, en la Gráfica 10, los tiempos de viaje “reales” se aproximan a lo estimado por planificación. Sin embargo, es necesario un muestreo más amplio y así poder determinar el comportamiento teórico con respecto a la realidad. En el caso del primer escenario de toma de datos, se observó una serie de baches de gran tamaño cercanos al frente de trabajo que dificultaban el tránsito de los camiones. Se dio el caso en el cual los camiones tuvieron que frenar casi en su totalidad para poder sortear estos obstáculos.

Las productividades teóricas calculadas en la planificación se aproximan de manera aceptable a la “realidad”, tal como se muestra en la Gráfica 12. Así mismo, es de notar que, al igual que en la Gráfica 5, para perfiles de mayor longitud la productividad de los camiones es más cercana a lo planificado. Por otra parte, tiempos de espera observados en la Gráfica 15, no presentan un comportamiento uniforme. Sin embargo, al momento de tomar las muestras, las malas condiciones de los frentes de



trabajo (frentes estrechos, derrumbes) fueron los factores causantes de tal desviación. Por lo tanto, la pala, con poco apoyo de los equipos auxiliares, perdía tiempo arreglando el frente, generando de esta manera la cola de camiones por carga.

A través de la Gráfica 17, se evidencia una vez más que la fórmula para la estimación de tiempos de viaje se aproxima muy bien a la “realidad”. En pocas palabras, los tiempos de viaje tienen un comportamiento regular y cumplen con lo esperado en la planificación.

No obstante, en la Gráfica 18, se infiere que los tiempos de viaje no están influyendo en los tiempos de ciclo. De esta forma, queda evidenciado que el desplazamiento que sufre la curva de tiempos de ciclo “reales” en el eje vertical de esta gráfica es consecuencia principalmente de los tiempos de espera y los tiempos de maniobra que presentaron los camiones para dichas muestras.

Finalmente, la gráfica 19, presenta una vez más que, a pesar de que existe una aproximación notable, las productividades teóricas estimadas en la planificación no se están alcanzando, en su totalidad, en la “realidad”. De nuevo se observa que la diferencia entre lo teórico y lo real es menor a medida que la longitud del perfil de acarreo aumenta, con la relación entre estas variables es inversamente proporcional.

## CONCLUSIONES

- ✓ Las variables más influyentes en los tiempos de ciclo de los camiones se encuentran: condición de las vías, longitud del perfil de acarreo, cola de camiones en un frente de trabajo, entre otros.
- ✓ Se observa en las gráficas que los tiempos de espera, como la muestra del día 07/09, 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 gráficas 2, 9 y 16.
- ✓ El sistema de vías (cuellos de botellas, baches, intersecciones, entre otros.), a pesar de ser una de las variables más importantes en el proceso de acarreo, no 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.
- ✓ El paralelismo en las curvas de las gráficas: “Comparación Real-Teórica de tiempos promedio de ciclo”, indican que las estimaciones teóricas se ajustan considerablemente a la realidad, sin embargo, el desplazamiento en el eje vertical que sufre la curva de tiempos reales es consecuencia de los tiempos de espera y de los tiempos de maniobra.
- ✓ Se demuestra en las gráficas: “Comparación Real-Teórica de tiempos promedio de viaje”, que hay una muy buena aproximación de lo teórico a lo real de forma tal que la estimación de productividades realizada por planificación no está siendo afectada por este parámetro.

- ✓ Las gráficas 7, 15 y 23 demuestran un incremento en la diferencia entre las productividades teóricas y las reales en la medida que la longitud del perfil de acarreo disminuye, esto debido al aumento de los tiempos de ciclo.
- ✓ De forma general, se puede concluir que la fórmula utilizada en planificación para la estimación de productividades se aproxima significativamente a la realidad.

## **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**

- Ríos Rosas, 1999. 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 2010. Néstor Rodríguez
- Carbones del Guasare S.A. (2010). Plan Mensual de Explotación Mina Paso Diablo Septiembre 2010. Néstor Rodríguez.