

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**EFFECTOS DE LAS PRECIPITACIONES PLUVIALES EN LA  
PRODUCTIVIDAD Y EL RENDIMIENTO DE LOS CAMIONES  
CAT793 EN MINERA YANACOCCHA - CAJAMARCA**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER:  
JEFFERSON LENNIN BURGA VILLANUEVA**

**ASESOR**

**MCs. Ing. JAIME AMORÓS DELGADO**

**CAJAMARCA - PERÚ**

## **AGRADECIMIENTOS**

*A la Universidad Nacional de Cajamarca, la Facultad de Ingeniería, en donde obtuve los conocimientos necesarios para desarrollarme en mi carrera profesional.*

*A mi asesor Ing. Jaime Amorós, por guiarme y brindarme su tiempo en la elaboración de la presente investigación. Al Ing. Marco Silva por sus consejos para aumentar la calidad de la investigación.*

*A la empresa Minera Yanacocha, con la excelente calidad de profesionales que alberga y de los cuales he podido aprender las habilidades necesarias para desenvolverme en la vida profesional.*

*A mi gran amigo Lizardo Espino y a mi segunda familia de la guardia "C", que me brindaron sus opiniones y consejos para elaborar un estudio con aplicaciones prácticas en la mejora de los procesos de producción en el trabajo.*

## DEDICATORIA

*A mi familia, mi hermosa esposa Christa y mis adoradas hijas Arleth y Astrid, que son mi motivación, mis fuerzas y mis ganas de salir adelante día a día.*

*Al esfuerzo de mis padres Lucio y Nancy, por ustedes he logrado ser una persona de bien y lograr mis metas personales y profesionales.*

*A la memoria de mi abuelo Tomás Villanueva, aún permanecen intactas las aventuras de mi infancia que compartimos juntos, bien dicen que a un nieto se lo puede querer más que a un hijo.*

## CONTENIDO

<b>AGRADECIMIENTOS</b>	i
<b>DEDICATORIA</b>	ii
<b>RESUMEN</b>	iii
<b>ABSTRACT</b>	iv
<b>CAPITULO I. INTRODUCCION</b>	1
1.1. Planteamiento del problema	1
1.2. Formulación del problema	1
1.3. Justificación de la investigación	1
1.4. Alcances o delimitación de la investigación	2
1.5. Limitaciones de la investigación	2
1.6. Objetivos de la investigación	2
1.6.1. Objetivo general	2
1.6.2. Objetivos específicos	2
1.7. Hipótesis de investigación	3
1.7.1. Hipótesis general	3
1.7.2. Hipótesis específicas	3
<b>CAPITULO II. MARCO TEORICO</b>	4
2.1. Antecedentes teóricos de la investigación	4
2.1.1. Antecedentes nacionales	4
2.1.2. Antecedentes locales	4
2.2. Bases teóricas	7
2.2.1. La industria minera y los procesos de producción	7
2.2.2. El transporte de materiales en minería a cielo abierto.	9
2.2.3. Camiones o volquetes	10
2.2.4. Rendimiento de los camiones.	11
2.2.5. Control de la producción	13
2.2.6. Productividad y rendimiento de camiones en Minera Yanacocha	14
2.2.7. Sistema de administración de flota (Fleet Management System)	19
2.2.8. Rendimiento teórico dado por el fabricante	20
2.2.9. El ciclo hidrológico	24
2.2.10. Precipitaciones pluviales en la ingeniería	26
2.2.11. Análisis estadístico	28
2.3. Definición de términos básicos	29

<b>CAPITULO III. MATERIALES Y METODOS</b>	<b>30</b>
<b>3.1. Materiales de la Investigación</b>	<b>30</b>
3.1.1. Características locales	30
3.1.2. Población	33
3.1.3. Muestra	33
3.1.4. Unidad de análisis	33
<b>3.2. Método de la investigación</b>	<b>34</b>
3.2.1. Tipo y clasificación de la investigación	34
3.2.2. Instrumentos para la recolección de datos	34
3.2.3. Organización de la información	37
3.2.4. Procesamiento de la información	44
<b>CAPITULO IV. ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS</b>	<b>57</b>
<b>4.1. Diferencia entre la época seca y la época de lluvia</b>	<b>57</b>
4.1.1. Presentación de resultados	57
4.1.2. Discusión de resultados	58
<b>4.2. Relación entre los parámetros de la productividad y el rendimiento, y las precipitaciones pluviales.</b>	<b>61</b>
4.2.1. Presentación de resultados	61
4.2.2. Discusión de resultados	66
<b>CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>78</b>
<b>5.1. Conclusiones</b>	<b>78</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b>	<b>80</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>82</b>
Anexo1: Fotografías de la operación minera	82
Anexo2: Gráficas de variación de parámetros mensuales por año.	86

## INDICE DE TABLAS

Tabla N°1. Tiempos fijos para el rendimiento de camiones.	12
Tabla N°2. Rendimientos Teóricos camión CAT 793C.	21
Tabla N°3. Rendimientos Teóricos camión CAT 793D.	22
Tabla N°4. Rendimientos Teóricos camión CAT 793F.	23
Tabla N°5. Tipos y grados de correlación lineal según el valor de r.	28
Tabla N°6. Características generales los equipos de acarreo en MYSRL.	31
Tabla N°7. Tipo y clasificación de la investigación.	34
Tabla N°8. Formato de parámetros organizados por mes y año.	35
Tabla N°9. Información ponderada de cargas, velocidades y distancias año 2009.	37
Tabla N°10. Información ponderada de productividad, rendimiento, utilización y tiempos de ciclo año 2009.	38
Tabla N°11. Información ponderada de cargas, velocidades y distancias año 2010.	38
Tabla N°12. Información ponderada de productividad, rendimiento, utilización y tiempos de ciclo año 2010.	38
Tabla N°13. Información ponderada de cargas, velocidades y distancias año 2011.	39
Tabla N°14. Información ponderada de productividad, rendimiento, utilización y tiempos de ciclo año 2011.	39
Tabla N°15. Información ponderada de cargas, velocidades y distancias año 2012.	39
Tabla N°16. Información ponderada de productividad, rendimiento, utilización y tiempos de ciclo año 2012.	40
Tabla N°17. Información ponderada de cargas, velocidades y distancias año 2013.	40
Tabla N°18. Información ponderada de productividad, rendimiento, utilización y tiempos de ciclo año 2013.	40
Tabla N°19. Información ponderada de cargas, velocidades y distancias año 2014.	41
Tabla N°20. Información ponderada de productividad, rendimiento, utilización y tiempos de ciclo año 2014.	41
Tabla N°21. Datos de precipitaciones pluviales de la Estación La Quinua.	41

Tabla N°22. Diferencia de la productividad y rendimiento entre la temporada de lluvia y la época de estiaje año 2009.	44
Tabla N°23. Índice de correlación de productividad y rendimiento con respecto a la precipitación pluvial año 2009.	45
Tabla N°24. Índice de correlación de carga promedio y velocidades con respecto a la precipitación pluvial año 2009.	45
Tabla N°25. Índice de correlación de distancias y EFH con respecto a la precipitación pluvial año 2009.	46
Tabla N°26. Índice de correlación de utilización y tiempos de ciclo con respecto a la precipitación pluvial año 2009.	46
Tabla N°27. Diferencia de la productividad y rendimiento entre la temporada de lluvia y la época de estiaje año 2010.	47
Tabla N°28. Índice de correlación de productividad y rendimiento con respecto a la precipitación pluvial año 2010.	47
Tabla N°29. Índice de correlación de carga promedio y velocidades con respecto a la precipitación pluvial año 2010.	48
Tabla N°30. Índice de correlación de distancias y EFH con respecto a la precipitación pluvial año 2010.	48
Tabla N°31. Índice de correlación de utilización y tiempos de ciclo con respecto a la precipitación pluvial año 2010.	48
Tabla N°32. Diferencia de la productividad y rendimiento entre la temporada de lluvia y la época de estiaje año 2011.	49
Tabla N°33. Índice de correlación de productividad y rendimiento con respecto a la precipitación pluvial año 2011.	49
Tabla N°34. Índice de correlación de carga promedio y velocidades con respecto a la precipitación pluvial año 2011.	50
Tabla N°35. Índice de correlación de distancias y EFH con respecto a la precipitación pluvial año 2011.	50
Tabla N°36. Índice de correlación de utilización y tiempos de ciclo con respecto a la precipitación pluvial año 2011.	50
Tabla N°37. Diferencia de la productividad y rendimiento entre la temporada de lluvia y la época de estiaje año 2012.	51
Tabla N°38. Índice de correlación de productividad y rendimiento con respecto a la precipitación pluvial año 2012.	51
Tabla N°39. Índice de correlación de carga promedio y velocidades con respecto a la precipitación pluvial año 2012.	52

Tabla N°40. Índice de correlación de distancias y EFH con respecto a la precipitación pluvial año 2012.	52
Tabla N°41. Índice de correlación de Utilización y Tiempos de ciclo con respecto a la precipitación pluvial año 2012.	52
Tabla N°42. Diferencia de la productividad y rendimiento entre la temporada de lluvia y la época de estiaje año 2013.	53
Tabla N°43. Índice de correlación de productividad y rendimiento con respecto a la precipitación pluvial año 2013.	53
Tabla N°44. Índice de correlación de carga promedio y velocidades con respecto a la precipitación pluvial año 2013.	54
Tabla N°45. Índice de correlación de distancias y EFH con respecto a la precipitación pluvial año 2013.	54
Tabla N°46. Índice de correlación de utilización y tiempos de ciclo con respecto a la precipitación pluvial año 2013.	54
Tabla N°47. Diferencia de la productividad y rendimiento entre la temporada de lluvia y la época de estiaje año 2014.	55
Tabla N°48. Índice de correlación de productividad y rendimiento con respecto a la precipitación pluvial año 2014.	55
Tabla N°49. Índice de correlación de carga promedio y velocidades con respecto a la precipitación pluvial año 2014.	55
Tabla N°50. Índice de correlación de distancias y EFH con respecto a la precipitación pluvial año 2014.	56
Tabla N°51. Índice de correlación de Utilización y Tiempos de ciclo con respecto a la precipitación pluvial año 2014.	56
Tabla N°52. Diferencia por año entre los valores de productividad horaria, productividad y rendimiento entre la época seca y la de lluvia.	57
Tabla N°53. Índice de correlación de productividad horaria, productividad y rendimiento con respecto a la precipitación pluvial por año.	61
Tabla N°54. Índice de correlación de carga promedio, velocidades y distancias con respecto a la precipitación pluvial por año.	62
Tabla N°55. Índice de correlación de EFH, utilización y tiempo de ciclo con respecto a la precipitación pluvial por año.	64



## INDICE DE FIGURAS

Figura N°1. Precipitaciones pluviales en los años 2011 y 2012 en Minera Yanacocha.	5
Figura N°2. Actividades del ciclo de acarreo.	15
Figura N°3. Tipos de tiempos de los equipos	16
Figura N°4. Ábaco de tiempo de desplazamiento para CAT 793C	21
Figura N°5. Ábaco de tiempo de desplazamiento para CAT 793D	22
Figura N°6. Ábaco de tiempo de desplazamiento para CAT 793F	23
Figura N°7. Representación del ciclo hidrológico	24
Figura N°8. Dimensiones del camión CAT 793D	32
Figura N°9. Camión CAT 793D	33
Figura N°10. Reporte generado en el sistema One View	35
Figura N°11. Reporte de precipitaciones del área de Medio Ambiente	36
Figura N°12. Formato de recopilación de precipitaciones mensuales por año	37
Figura N°13. Precipitaciones pluviales mensuales año 2009.	42
Figura N°14. Precipitaciones pluviales mensuales año 2010.	42
Figura N°15. Precipitaciones pluviales mensuales año 2011.	42
Figura N°16. Precipitaciones pluviales mensuales año 2012.	43
Figura N°17. Precipitaciones pluviales mensuales año 2013.	43
Figura N°18. Precipitaciones pluviales mensuales año 2014.	43
Figura N°19. Diferencia de productividad entre época seca y de lluvia por año.	57
Figura N°20. Diferencia de rendimiento entre época seca y de lluvia por año.	58
Figura N°21. Variación mensual de velocidad de camiones cargados del año 2010.	59
Figura N°22. Variación mensual del EFH cargado del año 2010.	59
Figura N°23. Variación mensual de la distancia cargado del año 2010.	60
Figura N°24. Variación mensual del rendimiento del año 2013.	61
Figura N°25. Rangos de correlación de productividad por año.	61
Figura N°26. Rangos de correlación de rendimiento por año.	62
Figura N°27. Rangos de correlación de carga promedio por año.	62
Figura N°28. Rangos de correlación de velocidad vacío por año.	63
Figura N°29. Rangos de correlación de velocidad cargado por año.	63
Figura N°30. Rangos de correlación de distancia vacío por año.	63
Figura N°31. Rangos de correlación de distancia cargado por año.	64
Figura N°32. Rangos de correlación de EFH cargado por año.	64

Figura N°33. Rangos de correlación de EFH vacío por año.	65
Figura N°34. Rangos de correlación de uso por año.	65
Figura N°35. Rangos de correlación de usage por año.	65
Figura N°36. Rangos de correlación de tiempo de esperas por año.	66
Figura N°37. Rangos de correlación de tiempo de ciclo por año.	66
Figura N°38. Comparativo precipitación pluvial y productividad del año 2009.	67
Figura N°39. Dispersión de precipitación pluvial vs. productividad del año 2009.	67
Figura N°40. Comparativo precipitación pluvial y productividad del año 2010.	68
Figura N°41. Dispersión de precipitación pluvial vs. productividad del año 2010.	68
Figura N°42. Comparativo precipitación pluvial y productividad del año 2011.	68
Figura N°43. Dispersión de precipitación pluvial vs. productividad del año 2011.	69
Figura N°44. Comparativo precipitación pluvial y productividad del año 2012.	69
Figura N°45. Dispersión de precipitación pluvial vs. productividad del año 2012.	69
Figura N°46. Comparativo precipitación pluvial y productividad del año 2013.	70
Figura N°47. Dispersión de precipitación pluvial vs. productividad del año 2013.	70
Figura N°48. Comparativo precipitación pluvial y productividad del año 2014.	70
Figura N°49. Dispersión de precipitación pluvial vs. productividad del año 2014.	71
Figura N°50. Comparativo precipitación pluvial y rendimiento del año 2009.	71
Figura N°51. Dispersión de precipitación pluvial vs. rendimiento del año 2009.	72
Figura N°52. Comparativo precipitación pluvial y rendimiento del año 2010.	72
Figura N°53. Dispersión de precipitación pluvial vs. rendimiento del año 2010.	72
Figura N°54. Comparativo precipitación pluvial y rendimiento del año 2011.	73
Figura N°55. Dispersión de precipitación pluvial vs. rendimiento del año 2011.	73
Figura N°56. Comparativo precipitación pluvial y rendimiento del año 2012.	73
Figura N°57. Dispersión de precipitación pluvial vs. rendimiento del año 2012.	74
Figura N°58. Comparativo precipitación pluvial y rendimiento del año 2013.	74
Figura N°59. Dispersión de precipitación pluvial vs. rendimiento del año 2013.	74
Figura N°60. Comparativo precipitación pluvial y rendimiento del año 2014.	75
Figura N°61. Dispersión de precipitación pluvial vs. rendimiento del año 2014.	75

## RESUMEN

La presente investigación tuvo por objetivo evaluar el efecto de las precipitaciones pluviales en el desempeño productivo de los camiones CAT793 que han trabajado en Minera Yanacocha (2009-2014). Se entiende por desempeño productivo a la productividad y el rendimiento de los camiones. Para conocer la diferencia entre las condiciones normales de operación y por presencia de lluvias, se recopiló la información histórica mensual sobre productividad, rendimiento y sus parámetros de la base de datos de la empresa. Del análisis de la información se obtuvo que en la época seca se tenga mayor productividad (hasta en 20.16%), y mayor rendimiento (hasta un 12.43%) que en la época de lluvia, esto considerando que no existan cambios importantes en las condiciones de trabajo, la relación entre el desempeño productivo y la precipitación pluvial fue analizada mediante análisis de correlación lineal, nos resulta con tendencia negativa, esto quiere decir que al aumentar la precipitación pluvial estos factores disminuyen, por lo que se determinó que la velocidad vacío, tiempo de ciclo y uso de los camiones son los parámetros que guardan mayor relación con la precipitación pluvial.

**Palabras clave:** desempeño productivo, productividad, rendimiento, precipitación pluvial, camiones, acarreo, época seca, época de lluvia.

## **ABSTRACT**

This research was to evaluate the effect of rainfall on the productive performance of CAT793 trucks that have worked in Minera Yanacocha (2009-2014). It means productive performance to productivity and performance of the trucks. To find the difference between normal operation and presence of rainfall, the monthly historical information on productivity, performance and parameters of the database of the company was collected. From the analysis of the information obtained in the dry season have higher productivity (up 20.16%), and higher performance (up 12.43%) than in the rainy season, this considering that there are no major changes in the conditions of work, the relationship between the productive performance and rainfall was analyzed by linear correlation analysis, we find negative trend, this means that increasing rainfall these factors decrease, so it was determined that the empty speed, time cycle and use of trucks are the parameters that are most relevant to rainfall.

**Key words:** productive performance, productivity, performance, rainfall, trucks, haulage, dry season, rainy season.

## **CAPITULO I. INTRODUCCION**

### **1.1. Planteamiento del problema**

Las operaciones de la empresa Minera Yanacocha se encuentran a 45 km de la ciudad de Cajamarca y se desarrolla entre las altitudes de 3500 a 4100 m.s.n.m. donde las precipitaciones mensuales suelen variar entre los 200 mm en época de lluvia a menos de 10 mm en los meses más secos [MYSRL, 2013]. Se puede apreciar que existe una diferencia considerable entre la época seca y la de lluvia en cuanto a las precipitaciones pluviales. En la operación de Minera Yanacocha el desempeño productivo de los camiones es muy importante para lograr los objetivos de producción, pero se conoce que durante la época de lluvia se tienen problemas para el tránsito normal de los camiones debido al deterioro de las vías, inestabilidad en las plataformas de carguío y descargas, neblina y tormentas eléctricas. Se conoce que estas condiciones generadas por las precipitaciones pluviales restringen el desarrollo de velocidades de los camiones, uso de rutas alternativas, aumento de tiempos en las maniobras realizadas por los operadores y cuando las condiciones sobrepasan los estándares de seguridad permitidos se paraliza la operación. Estos efectos de las precipitaciones pluviales conocidos de forma práctica deben ser estudiados y calculados para poder tomar decisiones oportunas para optimizar la producción.

### **1.2. Formulación del problema**

¿Cuál es el efecto de las precipitaciones pluviales en el desempeño productivo de los camiones CAT 793 utilizados en Minera Yanacocha - Cajamarca entre los años 2009 al 2014?

### **1.3. Justificación de la investigación**

La presente investigación sirve para conocer el efecto que tienen las precipitaciones pluviales en el desempeño productivo (productividad y rendimiento) de los equipos utilizados para el acarreo de material en Minera Yanacocha.

#### **1.4. Alcances o delimitación de la investigación**

Para desarrollar la investigación se estudió el caso de la empresa Minera Yanacocha ubicada en la provincia de Cajamarca.

El desempeño productivo contempla a la productividad y el rendimiento de los camiones, evaluados en el modelo CAT 793 que han trabajado entre los años 2009 al 2014.

Se utilizaron datos desde el mes de enero del año 2009 hasta setiembre del año 2014, determinando la diferencia de productividad y rendimiento que se presentan entre los meses de menores y mayores lluvias, además se encontraron las relaciones que tienen con respecto a la cantidad de precipitación pluvial mensual.

#### **1.5. Limitaciones de la investigación**

Para el desarrollo de la investigación cabe resaltar que los resultados sólo son válidos para este caso estudiado.

#### **1.6. Objetivos de la investigación**

##### **1.6.1. Objetivo general:**

Evaluar los efectos de las precipitaciones pluviales en el desempeño productivo de los camiones CAT 793 utilizados en Minera Yanacocha – Cajamarca entre los años 2009 al 2014.

##### **1.6.2. Objetivos específicos:**

- Determinar la diferencia de productividad de los camiones en la época seca en comparación con la época de lluvia en el periodo de estudio.
- Determinar la diferencia de rendimiento de los camiones en la época seca en comparación con la época de lluvia en el periodo de estudio.
- Determinar la relación que predomina entre la productividad con respecto a las precipitaciones pluviales en el periodo de estudio.
- Determinar la relación que predomina entre el rendimiento con respecto a las precipitaciones pluviales en el periodo de estudio.
- Identificar los parámetros más relacionados con la precipitación pluvial.

## **1.7. Hipótesis de investigación**

### **1.7.1. Hipótesis general:**

El desempeño productivo de los camiones CAT793 disminuye por presencia de precipitaciones pluviales en Minera Yanacocha en el periodo de estudio.

### **1.7.2. Hipótesis específicas:**

- La productividad de los camiones CAT793 disminuye hasta en un 20% en la época de lluvias comparado con la época seca durante el periodo de estudio.
- El rendimiento de los camiones CAT793 disminuye hasta en un 15% en la época de lluvias comparado con la época seca durante el periodo de estudio.
- La productividad de los camiones CAT793 tiene una relación lineal negativa con respecto a las precipitaciones pluviales en el periodo de estudio.
- El rendimiento de los camiones CAT793 tiene una relación lineal negativa con respecto a las precipitaciones pluviales en el periodo de estudio.

La presente investigación consta de cinco capítulos los cuales se describen a continuación:

Capítulo I. Introducción. Se plantea, justifica y delimita el problema, generando objetivos e hipótesis para la investigación.

Capítulo II. Marco Teórico. Se describen antecedentes teóricos, bases teóricas y definición de términos de la investigación.

Capítulo III. Materiales y Métodos. Se describen los materiales y métodos para la realización de la investigación, presentando y procesando los datos usados para obtener los resultados.

Capítulo IV. Análisis y Discusión de Resultados. Se presentan, analizan y discuten los resultados obtenidos en la investigación.

Capítulo V. Conclusiones y Recomendaciones.

Por último se presentan las referencias bibliográficas elaboradas según las normas técnicas IICA/CATIE.

## **CAPITULO II. MARCO TEORICO**

### **2.1. Antecedentes teóricos de la investigación.**

Se han encontrado antecedentes nacionales y locales relacionados con la mejora de las condiciones sobre las cuales trabajan los camiones de acarreo en actividades de movimiento de tierras, además investigaciones sobre la obtención de rendimientos reales y análisis de factores que afectan su desempeño.

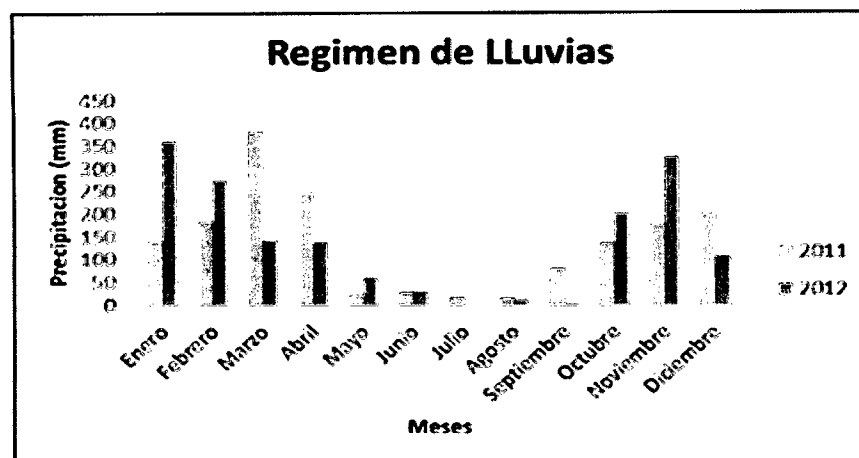
#### **2.1.1. Antecedentes nacionales**

En el estudio de Yoza (2010) realizado en el proyecto minero "El Brocal", pretende demostrar y resaltar la importancia de la adecuada gestión de vías dentro de las operaciones mineras, que por lo general, al no ser considerada una actividad ligada directamente a la producción, suele escapar del análisis, gestión, acción y control diario, a pesar de influir directamente en los ingresos de la operación, costos de mantenimiento y combustible sin incurrir necesariamente en costos mayores relevantes. Se plantea que al tener una mejor calidad de vía se obtiene mayor velocidad de operación, menor desgaste e impacto sobre el equipo, mayor producción y menor consumo de combustible, le llama calidad de la vía al estado de mantenimiento, nivel de servicio y diseño geométrico de la misma. Menciona también que la temporada de lluvias se da entre los meses de Octubre a Marzo en la cual la producción disminuye y los costos de mantenimiento aumentan debido al deterioro de las vías, por lo que la gestión de vías es crítica en esta temporada, además resalta que no se ha podido conseguir información durante esta época por lo que plantea que el trabajo de los equipos auxiliares es fundamental para disminuir el impacto del deterioro de la vía en la productividad de los camiones.

#### **2.1.2. Antecedentes locales**

En la investigación de Balboa (2012), realizada en Minera Yanacocha nos muestra datos de precipitaciones pluviales que se dan durante los años 2011 y 2012 como se pueden ver en la figura N° 1.





**Figura N°1.** Precipitaciones pluviales en los años 2011 y 2012 en Minera Yanacocha. Fuente: MYSRL (Estación Yanacocha)

Esta investigación plantea un rediseño de la estructura del pavimento de las vías de acarreo en mina, incluyendo la innovación de utilizar geosintéticos para mejorar las características de resistencia, impermeabilidad y trabazón entre las partículas componentes de las diferentes capas del pavimento. Para demostrar el beneficio del proyecto se construyó esta nueva estructura en seis tramos de vías ya existentes dentro de la operación, se evaluaron los datos de velocidades y se compararon antes del tratamiento y después del tratamiento. Se obtuvo que con el tratamiento, los camiones cargados tenían un aumento del 20% y en camiones vacíos un 50 % de aumento de velocidad. Cabe señalar que en el desarrollo de este estudio menciona de manera referencial los meses con mayores precipitaciones pluviales, pero sin evaluar el impacto en las velocidades de los camiones y tampoco se elaboró una comparación con los meses que comprenden la época seca.

En la investigación elaborada por Pizán (2013), estudió la determinación y cuantificación de los rendimientos para las actividades de carguío, acarreo y empuje en movimiento de tierras para minados con flota menor en las zonas de Cerro Negro y Carachugo en Minera Yanacocha – Cajamarca. Indica que desconocer los rendimientos, trae consigo la realización de presupuestos equivocados para estos proyectos; lo cual conlleva a que el cronograma ejecutado no cumpla el programado, incumpliendo en hitos o entregables, perjudicando tanto al contratista (multas, mayores gastos de personal, etc.) y al

cliente. Además elabora un análisis de las horas no trabajadas de la flota de acarreo siendo las principales causas: Voladura (4.2%), Falla mecánica (4.6%), Flota incompleta (6.5%) y Mal Clima (5.0%), hace el análisis por la causa de mal clima indicando que por seguridad y cuando los efectos del clima son muy intensos como neblina densa, tormentas eléctricas, lluvia torrencial se paralizan los trabajos. Este tiempo no trabajado por mal clima se presenta en el minado de Carachugo, indicando que es un tiempo que no se puede minimizar ya que es imprevisto. Finalmente compara los rendimientos obtenidos con los rendimientos teóricos dados por el fabricante y verifica su hipótesis de que los rendimientos reales en estos proyectos son menores que los dados por el fabricante, además de explicar sus posibles causas.

En la investigación hecha por Bringas (2010), evalúa los rendimientos de maquinaria pesada en la construcción de la plataforma de lixiviación La Quinoa Etapa 7B, proyecto realizado en Minera Yanacocha. En el cual evalúa los factores positivos y negativos que intervienen en los rendimientos de maquinaria como tractores, excavadoras, retroexcavadora, cargadores frontales, rodillos, motoniveladoras y volquetes. Emplea como herramienta de cálculo a reportes de disponibilidad y utilización de los equipos, llegando a la conclusión que el clima es uno de los principales factores que afectan a los trabajos de construcción debido a que genera saturación en el material dificultando su trabajabilidad además en algunos trabajos se necesita que el material tenga un contenido de humedad requerido para cumplir con los diseños elaborados y la presencia de lluvia eleva estos valores retrasando la obra; otros efectos de la lluvia indica que es la generación de barro por lo que reduce la tracción de la maquinaria y por consecuencia la reducción de su eficiencia en el trabajo.

Como se puede apreciar estos estudios el clima interviene como un factor, por lo general, perjudicial para la realización de trabajos con maquinaria, por lo que justifica conocer los impactos que tiene en la productividad y el rendimiento de los equipos utilizados en el movimiento de tierras.

## **2.2. Bases teóricas.**

### **2.2.1. La industria minera y los procesos de producción**

#### **2.2.1.1. Características de la industria minera**

Cuando se extraen los recursos minerales estos no se renuevan, por esta razón la minería es una actividad que se maneja con responsabilidad y tecnología para lograr el mayor aprovechamiento de estos recursos escasos. Para lograr este mayor aprovechamiento las empresas mineras tienen como objetivo conseguir la óptima extracción de las reservas minerales con el mayor beneficio económico y con la máxima seguridad de las operaciones.

El desarrollo de una actividad minera tiene dos etapas importantes previas a la explotación, la primera es la búsqueda del recurso mineral que depende de factores técnicos, económicos y de la naturaleza, por esa razón las evaluaciones preliminares muchas veces conducen a evaluar zonas no importantes como para desarrollar un proyecto minero. Además, el negocio minero no solamente consiste en ubicar un depósito mineral sino llegar a determinar en una segunda etapa que éste sea económicamente explotable.

La extracción de recursos minerales implica extraer recursos valiosos de la corteza terrestre, los cuales están en contenidos muy bajos, esto implica el desarrollar todo un proceso de separación de contenidos valiosos y no valiosos, en los que lógicamente la cantidad de material no valioso superar en cantidad a los valiosos, dando en consecuencia una alta relación de desperdicio/producto, lo que origina diseñar todo un proceso de disposición de estos materiales no valiosos, dependiente con el proceso tecnológico seguido.

#### **2.2.1.2. Extracción – minería a cielo abierto**

Es una explotación en superficie que extrae en franjas horizontales llamados bancos, en forma descendente a partir del banco que está en la superficie. Normalmente para la remoción de un banco de mineral es necesario extraer el material estéril que lo cubre, lo que se llama desbroce y expresa una relación de tonelaje de desmonte a mineral, este ratio es totalmente variable entre las minas

ya que dependen netamente de la posición y tipo de yacimiento, que es totalmente variable. Este tipo de explotación es de gran volumen y se aplica en yacimientos masivos de gran tamaño, cerca de la superficie, puesto que a mayor profundidad aumentará la cantidad de material estéril a remover, aumentando en consecuencia el costo de producción. Este método se utiliza principalmente en yacimientos de mineral diseminado, y se basa en la extracción de todo el material donde se ubica el mineral. Ello supone mover grandes volúmenes e inevitablemente utilizar equipos de gran capacidad. Un parámetro que adquiere singular importancia, es la proporción que representa el mineral sobre el total, y que determina si la mina a cielo abierto es o no es viable económicamente. Las actividades o procesos que comprende este método de explotación podemos clasificarlas en: Exploración y Desarrollo; Perforación y Voladura; Carguío y Acarreo.

**Exploración y desarrollo:** En las minas de producción a tajo abierto, al igual que en otras minas, es necesario realizar trabajos de exploración y desarrollo para encontrar nuevas reservas y mantener o alargar de esta forma la vida útil de la mina e ir desarrollando el yacimiento para su posterior exploración. Esta actividad (exploración de reposición) se realiza simultáneamente a la extracción, y suele comportar la realización de perforaciones, voladuras experimentales, ensayos, etc.

**Perforación y voladura (disparos):** Mediante equipos especiales y utilizando barrenos de gran tamaño se hacen perforaciones en la zonas mineralizadas, cuyos orificios son rellenados con explosivos usualmente ANFO (nitrato de amonio + petróleo diesel), los cuales remueven grandes volúmenes de material, resultando rocas de diferentes tamaños. Si éstas fueran tan grandes que dificulten el carguío o tienen la dimensión inadecuada para el chancado primario, se ejecutaría un segundo disparo que tuviera por finalidad fragmentar las rocas grandes en rocas más chicas para facilitar su carguío y chancado posterior (ello incrementa el coste).

**Carguío:** Con equipos de gran capacidad generalmente palas y cargadores frontales, se carga el material a los camiones volquetes o, en su caso a las tolvas del ferrocarril, para que sean trasladados a la zona de trituración primaria dentro del mismo tajo o a la chancadora directamente en caso del mineral; y a los botaderos en caso de material estéril. En esta operación se incluyen tareas de remoción y acopio del material fragmentado.

**Acarreo o transporte:** Corresponde a esta actividad, el acarreo o transporte del material que se encuentra en los bancos, hacia los diferentes destinos: el mineral, con contenido metálico económicamente explotable, se trasladara a la chancadora del tajo abierto. El leach (material de baja ley) se almacena en botaderos especiales para más tarde, aplicando nuevas tecnologías, ser lixiviado para recuperar su contenido metálico. El desmonte (material estéril y sin valor económico) que se enviara a los botaderos.

El transporte se realiza a través de los siguientes medios: En camiones volquetes, desde los bancos hasta los botaderos. En vagones de ferrocarril o carros sobre rieles de los bancos a la chancadora o botaderos de desmonte o leach. Transporte combinado, volquete a tren mediante embarcaderos llamados Docks o Hoppers.

### **2.2.2. El transporte de materiales en minería a cielo abierto**

El transporte de materiales rocosos en las explotaciones mineras a cielo abierto, así como en obras públicas, se realiza con mucha frecuencia mediante el empleo de volquetes, debido a las ventajas que presentan:

- Flexibilidad del sistema en cuanto a distancias, pues es aplicable, generalmente entre los 100 y los 3000 m.
- Capacidad de adaptación a todo tipo de materiales a transportar: suelos, rocas, minerales, etc.
- Facilidad para variar el ritmo de producción, aumentando la flota de volquetes o el grado de utilización de ésta.
- Necesidad de una infraestructura relativamente sencilla y poco costosa.
- Posibilidad de contratación de la flota e incluso de la operación.

- Existencia de una variedad de modelos que permiten adaptarse bien a las condiciones en que debe desarrollarse la operación.
- Sistema muy conocido y, por tanto, relativamente fácil de supervisar y controlar.
- Menor inversión inicial que en otros sistemas de transporte.

Por el contrario, los inconvenientes que plantea son:

- Costes de operación elevados, con un porcentaje sobre el coste total de arranque, carga y transporte que oscila entre el 40% y el 60%, según los casos.
- Complicada supervisión y optimización cuando se tiene en operación un elevado número de unidades.
- Rendimientos bajos cuando aumenta la distancia de transporte y/o desnivel a superar.
- Gran cantidad de mano de obra especializada en operación y mantenimiento.

### **2.2.3. Camiones o volquetes**

Los camiones o volquetes se dividen a su vez en: Convencionales, con tractor remolque y articulados.

**2.2.3.1. Camiones convencionales:** Es el tipo de camión más usado en el movimiento de tierras y fundamentalmente en la minería a cielo abierto. Están constituidos por una caja que se apoya sobre el chasis y que se bascula hacia atrás para la descarga, mediante unos cilindros hidráulicos. Este tipo de unidades no puede usarse en carretera ya que sus dimensiones y pesos superan los límites establecidos. Las capacidades varían desde las 30 hasta las 320 toneladas, disponiendo de sistemas de transmisión mecánica y eléctrica.

**2.2.3.2. Camiones con tractor remolque:** Estos volquetes se construyen con una unidad tractora de uno o dos ejes, con un enganche tipo yugo que oscila en los cuatro sentidos. Son unidades que tienen una muy buena maniobrabilidad, pudiendo girar 90° en cualquier dirección y con un radio de giro muy pequeño.

**2.2.3.3. Camiones articulados:** Un tipo de camiones muy extendido, a partir de la década de los 70, en las obras de movimiento de tierra y minas de materiales blandos. Tienen tracción en todas las ruedas, diseño de los ejes motrices de forma que se asegura el contacto de todas las ruedas sobre el terreno, transmitiendo muy pocos esfuerzos al chasis delantero y trasero. La articulación que proporciona una gran maniobrabilidad con pequeños radios de giro. Altura de carga menor que en los camiones convencionales para la misma capacidad.

**2.2.3.4. Camiones de descarga lateral:** Estas unidades son también remolcadas. El basculamiento se realiza mediante un sistema de gatos hidráulicos alojados debajo de la caja, entre los largueros del bastidor.

**2.2.3.5. Camiones de descarga por el fondo:** Constan de un tractor de tiro, tipo tractor-remolque, de tres ejes o de chasis rígido con dos ejes. La descarga se efectúa por medio de gatos hidráulicos, accionando la apertura mediante un dispositivo de pestillo.

**2.2.3.6. Unidades especiales:** Para el transporte de carbón u otro mineral de baja densidad se han desarrollado algunos equipos, con cajas de gran volumen y algunos con dispositivos especiales para aumentar la maniobrabilidad.

#### **2.2.4. Rendimiento de los camiones.**

Según el ITGE (2000), la producción horaria o rendimiento de los camiones se mide de la siguiente manera:

$$P = \frac{60 \times C_c \times E}{T_c}$$

Donde:

C<sub>c</sub>: Capacidad del camión en t o m<sup>3</sup>.

E: Eficiencia de la operación (%).

T<sub>c</sub>: Tiempo de ciclo (min).

El tiempo total de ciclo se obtiene sumando a los tiempos fijos de carga, maniobras, etc. Los tiempos invertidos en el trayecto de ida cargado, y en el de vuelta vacío.

#### 2.2.4.1. Tiempos fijos de carga, maniobras y descarga, y esperas.

El tiempo de carga de un camión es función de la capacidad de la excavadora o pala que se utilice y de la duración del ciclo de las mismas. Este tiempo puede obtenerse, pues, a partir de la expresión:

$$\text{Tiempo de carga (min)} = \frac{\text{Capacidad del volquete (m}^3 \text{ o t)}}{\text{Ritmo teórico de carga (t/min)}}$$

Los restantes tiempos fijos se refieren a los invertidos en la descarga y maniobras, así como en las esperas frente a los equipos de carga. En la Tabla N° se recogen los valores medios que se utilizan según las condiciones de operación.

**Tabla N°1.** Tiempos fijos para el rendimiento de camiones.

Condiciones de operación	Tiempos de descarga y maniobras	Tiempos de espera del equipo de carga
Favorables	1.0	0.15
Medias	1.3	0.30
Desfavorables	1.5 a 2.0	0.50

Fuente: ITGE (1995)

#### 2.2.4.2. Tiempos variables

Los tiempos de acarreo y retorno se calculan dividiendo la distancia de transporte entre las velocidades medias en ambos trayectos.

$$\text{Tiempo de transporte (min)} = \frac{\text{Distancia del trayecto de ida (m)}}{\text{Velocidad media cargado } \left(\frac{\text{km}}{\text{h}}\right) \times 16.66} + \frac{\text{Distancia del trayecto de vuelta (m)}}{\text{Velocidad media vacío } \left(\frac{\text{km}}{\text{h}}\right) \times 16.66}$$



Las velocidades medias se estiman mediante las curvas características de los camiones y los factores de velocidad que se aplican en cada uno de los tramos que constituyen el perfil de transporte.

### **2.2.5. Control de la producción**

La producción de un equipo durante un periodo de tiempo dado puede descomponerse, en tres factores:

$$\textit{Producción} = \textit{Rendimiento} \times \textit{Utilización} \times \textit{Horas totales}$$

La producción es directamente proporcional a cada uno de los factores indicados, que se describen a continuación:

#### **2.2.5.1. Rendimiento por hora de trabajo**

Es la producción por hora de trabajo. Para el mismo modelo de máquina y características de trabajo similares permanece aproximadamente constante. Como es obvio, dentro del mismo tipo, las máquinas de mayor tamaño y capacidad dan un rendimiento mayor.

#### **2.2.5.2. Coeficiente de utilización**

Es la proporción por horas totales que realmente se trabajan. Depende de varias causas: Localización de la explotación y su clima; edad y estado de la maquinaria y naturaleza de los materiales (disponibilidad mecánica); e interferencias entre las máquinas que trabajan en cadena.

#### **2.2.5.3. Horas totales**

Este factor se refiere a la jornada de trabajo. Para un mismo periodo de tiempo puede sufrir modificaciones según que se varíe el número de relevos dentro de la jornada o incluso se realicen mayor o menor número de horas extraordinarias.

## 2.2.6. Productividad y rendimiento de camiones en Minera Yanacocha

### 2.2.6.1. Ciclo de acarreo

El ciclo de acarreo comprende varias actividades las cuales permiten llevar el material desde el tajo hacia una descarga, se describen a continuación:

- **Esperando:** Actividad en la cual el camión se encuentra esperando para empezar con la maniobra de cuadrado en el equipo de carguío.
- **Cuadrándose:** Actividad en la cual el camión empieza la maniobra de cuadrado en el equipo de carguío.
- **Cargando:** Actividad en la cual el camión espera a que el equipo de carguío complete la carga dentro de su tolva.
- **Acarreando:** Actividad en la cual el camión se dirige con la carga hacia su descarga asignada.
- **En Cola:** Actividad en la cual el camión ha llegado hacia su descarga asignada pero se pone en espera por motivo de colas en la descarga.
- **Retrocediendo:** Actividad en la cual el camión realiza la maniobra de retroceso para proceder a descargar.
- **Descargando:** Actividad en la cual el camión levanta la tolva para vaciar el material en el frente de descarga.
- **Viajando vacío:** Actividad en la cual el camión se dirige hacia el equipo de carguío asignado.

Además del ciclo de acarreo existen otras actividades de los camiones las cuales monitorean los tiempos fuera del ciclo como son:

- **Moviéndose vacío:** Esta actividad es utilizada cuando el equipo está trasladándose vacío hacia cualquier lugar que no sea un equipo de carguío, por ejemplo: Taller, grifo, limpieza de tolva, cambio de guardia y parqueo.
- **Moviéndose cargado:** Esta actividad es utilizada cuando el equipo está trasladándose cargado hacia cualquier lugar que no sea un equipo de carguío, por ejemplo: cambio de guardia.

- **Vacío o cargado:** En éstas actividades el equipo se encuentra detenido vacío o cargado en un lugar que puede ser taller, cambio de guardia, grifo, parqueo o en casos especiales en otro lugar dentro de la operación.
- **Inactivo:** En ésta actividad el equipo se encuentra detenido ya sea por mantenimiento o por estar en standby.

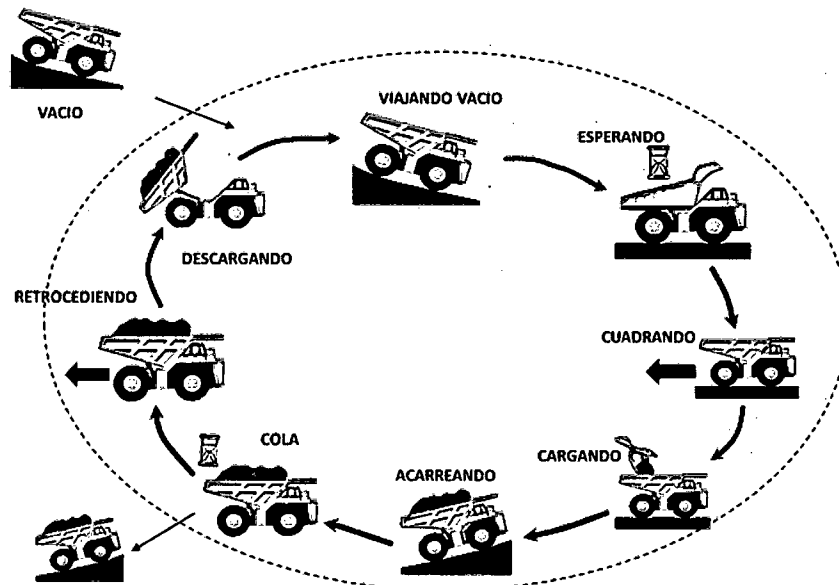


Figura N°2. Actividades del ciclo de acarreo. Fuente: Operaciones Mina - MYSRL

### 2.2.6.1. Parámetros de producción usados en Minera Yanacocha

Los parámetros de producción en Minera Yanacocha son medidos y controlados por el sistema de gestión de flota denominado JMineOps de Leica Geosystems, por lo que contar con el nivel de automatización que brinda el sistema es de gran utilidad debido a las facilidades que brinda para la consulta de información.

#### Parámetros relacionados con la utilización del equipo:

- **Horas Totales del Equipo:** Son el total de las 24 horas del día, los 365 días del año, debe considerarse para cada equipo.
- **Horas Disponibles del Equipo:** Son las horas que el equipo está disponible para producir, es decir, a disposición de Operaciones Mina.

- **Horas del equipo malogrado:** Son las horas en que el equipo no está disponible para producir, ya sea por reparación correctiva o preventiva. Está a responsabilidad de Mantenimiento Mina.
- **Horas del equipo operativo:** Son las horas en que el equipo está operativo y haciendo trabajo productivo (produciendo toneladas).

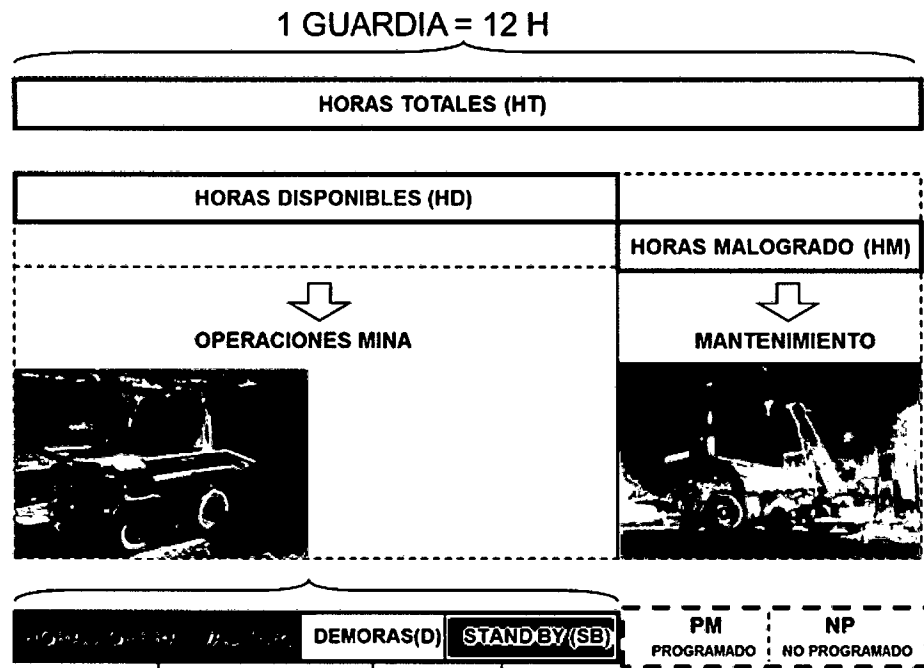


Figura N°3. Tipos de tiempos de los equipos. Fuente: Módulo de Carguío y Acarreo - MYSRL

- **Demoras o delays:** Es el tiempo en que el equipo está operativo, pero no está realizando trabajo productivo. Como ejemplo tenemos: Limpieza de tolva, servicios higiénicos, cambio de operador, revisión y chequeo, cambio de turno, traslados por propios medios, relleno de combustible, perfilando, disparo, esperando instrucciones.
- **Standby o equipo listo en espera:** Es el tiempo en que el equipo está disponible mecánicamente, pero apagado por consideraciones operativas. Ejemplos de paradas por stand-by son: equipo parado por falta de equipo de acarreo, refrigerio, parada por condiciones inseguras, falta de operador, falta de frente, traslado en camabaja.

- **Disponibilidad física:** Es el porcentaje del tiempo que el equipo está disponible para operaciones, es un factor de evaluación de la gestión de mantenimiento.

$$\text{Disponibilidad Física} = \frac{\text{Horas totales} - \text{Horas malogrado}}{\text{Horas totales}}$$

- **Uso de disponibilidad:** Es el porcentaje de tiempo que el equipo está encendido, en producción o en demoras, respecto al tiempo que está disponible físicamente.

$$\text{Uso de Disponibilidad} = \frac{\text{Horas operativas} + \text{demoras}}{\text{Horas totales} - \text{Horas malogrado}}$$

- **Uso:** Es el porcentaje de tiempo en que el equipo está produciendo, respecto del total de tiempo en que está con el motor encendido.

$$\text{Uso} = \frac{\text{Horas operativas}}{\text{Horas operativas} + \text{demoras}}$$

- **Usage:** Es el porcentaje de tiempo en que el equipo está produciendo, respecto del total de tiempo disponible mecánicamente. Es una medida de la eficiencia del aprovechamiento de los recursos por parte de Operaciones.

$$\text{Usage} = \frac{\text{Horas operativas}}{\text{Horas operativas} + \text{demoras} + \text{standby}}$$

- **Utilización:** Es el porcentaje de tiempo en el equipo está produciendo respecto del total del tiempo.

$$\text{Utilización} = \frac{\text{Horas operativas}}{\text{Horas totales}}$$

### Parámetros relacionados con la productividad:

- **Distancia equivalente horizontal (Equivalente Flat Hauling, EFH):** Es la distancia equivalente horizontal, es un factor que representa la distancia horizontal que el camión podría recorrer en el mismo tiempo que le demanda sobre una pendiente (positiva o negativa).

$$EFH = Distancia\ en\ ruta \times \frac{Velocidad\ horizontal}{Velocidad\ en\ Ruta}$$

- **Tonelaje cargado:** Son las toneladas promedio que el camión transporta en su tolva. Para esto se puede diferenciar el tonelaje nominal, el cual es el valor del peso del material seco. Se obtiene de multiplicar el peso total del material por un factor de ajuste (Humedad).
- **Velocidad:** Son el promedio de las velocidades de camión vacío y cargado que ha desarrollado en sus ciclos.
- **Distancia:** Es la medida real de la distancia recorrida por el equipo para cumplir con su ciclo de acarreo.
- **Tiempo de ciclo total:** Es el total del tiempo que le toma al camión en completar su ciclo de acarreo.
- **Tiempo de esperas:** Son las actividades del ciclo de acarreo en las cuales el camión se encuentra detenido (esperando, cargando y en cola).

### 2.2.6.2 Productividad y rendimiento de los camiones:

**Productividad de camiones:** En Minera Yanacocha se ha establecido una forma de calcular la productividad de los camiones de la siguiente manera:

$$Productividad\ Horaria = \frac{Toneladas\ cargadas}{Tiempo\ de\ Ciclo\ Total}$$

**Rendimiento de camiones:** En Minera Yanacocha se ha establecido una forma de calcular el rendimiento de los camiones de la siguiente manera:

$$\text{Rend. Camiones} = \frac{\text{Usa}(\%) \times \text{Toneladas cargadas} \times (\text{EFH}_{\text{carg}} + \text{EFH}_{\text{vac}})}{(\text{Tiempo Ciclo Total} - \text{Tiempo Esperas})}$$

### **2.2.7. Sistema de administración de flota (Fleet Management System)**

En cualquier negocio que dependa de maquinaria y vehículos, resulta fundamental desarrollar una administración eficiente de la flota de los mismos. En los últimos años, varias empresas implementaron sistemas de gestión de flota basados en la tecnología GPS y software, lo que les ha permitido monitorear y controlar no sólo la ubicación de sus máquinas o camiones, sino también su funcionamiento, productividad y la seguridad de sus operarios y cargas.

#### **2.2.7.1. Kontrax Plus - Komatsu**

Kontrax Plus es el sistema de monitoreo desarrollado por Komatsu para máquinas de minería. Abordo del equipo, el sistema recopila continuamente información sobre el funcionamiento de sus principales componentes gracias a una amplia red de sensores y controladores. Esta información es transmitida por la red mundial de satélites las 24 horas del día y es puesta a disposición en un sitio web cifrado y seguro, pudiendo acceder a él desde un dispositivo con internet.

#### **2.2.7.2. Jigsaw – Leica**

Leica Jigsaw es el recurso clave para controlar, monitorear, administrar y optimizar las operaciones mineras. La plataforma de segunda generación de Leica Jigsaw unifica sin problemas los tres niveles principales de las operaciones mineras: gestión y optimización de flota, orientación precisa y control autónomo, para ofrecer una solución total de gestión de la mina.

La plataforma Jigsaw de Leica Geosystems, empresa líder mundial en tecnología de medición, establece un punto de referencia en la industria por su independencia, funcionalidad, flexibilidad y escalabilidad OEM (fabricante de equipo original). A través de su capacidad de ampliación, Leica Jigsaw

actualmente respalda con éxito las operaciones de más de 100 minas en 20 países de todo el mundo. El monitoreo Leica Jigsaw de próxima generación de Leica Geosystems y las soluciones de orientación por GPS ponen al descubierto la productividad de la mina, con una gama de productos revolucionarios para dragalinas, perforación de barrenos, palas eléctricas, tractores, excavadoras, camiones de transporte, cargadores otros equipos auxiliares.

### **2.2.7.3. Minestar – Caterpillar**

La plataforma MineStar de Caterpillar, representada por Ferreyros, en operaciones de gran minería. MineStar se puede entender como un set que reúne cinco módulos tecnológicos (Health, Detect, Fleet, Terrain y Command), que en conjunto permiten realizar el monitoreo, administración y control de todos los equipos de movimiento de tierra en la mina. El objetivo es aumentar la productividad en mina al mejorar la eficiencia en la operación de los equipos, reducir sus costos y elevar la seguridad.

Estos módulos pueden trabajar también de manera independiente, así como personalizarse de acuerdo a cada proyecto minero, de acuerdo a sus necesidades y prioridades.

### **2.2.8. Rendimiento teórico dado por el fabricante**

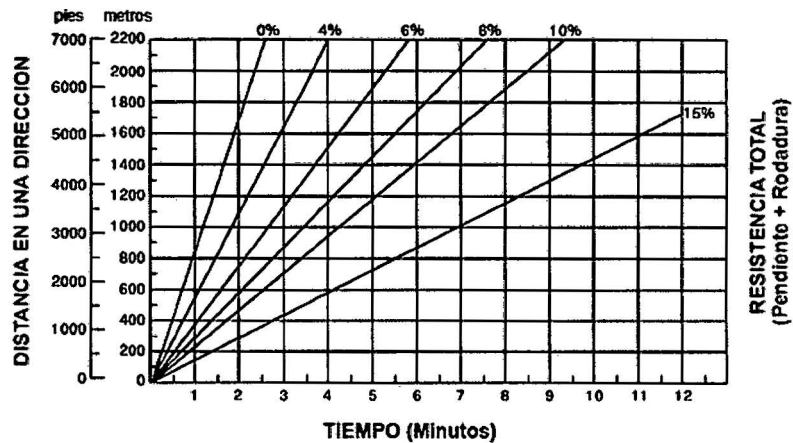
Los equipos de la marca Caterpillar cuentan con detalles de rendimiento en las diversas ediciones sobre el Manual de Rendimiento Caterpillar (Caterpillar Performance Handbook), se pueden determinar los rendimientos teóricos de los camiones para las flotas 793C, 793D y 793F.

El rendimiento teórico se puede determinar mediante la obtención de los datos de tiempos de desplazamiento, distancias recorridas según la pendiente y resistencia graficadas en los ábacos que nos presentan las especificaciones de Caterpillar.



### 2.2.8.1. Rendimiento teórico CAT 793C

#### CARGADO



#### VACÍO

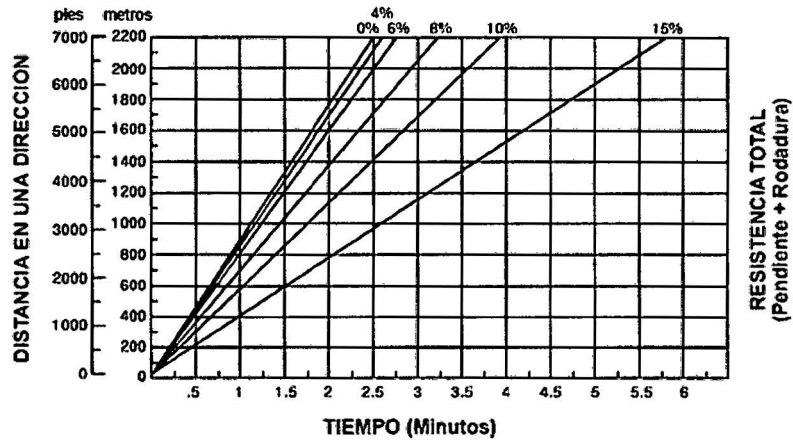


Figura N°4. Ábaco de tiempo de desplazamiento para CAT 793C

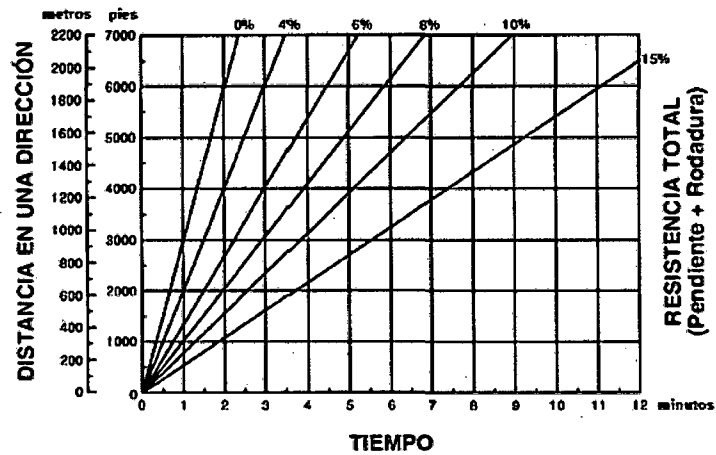
Fuente: Manual de Rendimiento Caterpillar ed. 31.

Tabla N°2. Rendimientos Teóricos camión CAT 793C.

ESTADO	RESISTENCIA TOTAL (Pendiente + Rodadura)	VELOCIDAD (km/h)	CARGA (t)	RENDIMIENTO (t.km/h)
VACIO	0%	52.80	244.37	12903
	4%	50.40	244.37	12316
	6%	48.00	244.37	11730
	8%	40.80	244.37	9970
	10%	33.60	244.37	8211
	15%	22.96	244.37	5610
CARGADO	0%	52.80	244.37	12903
	4%	33.00	244.37	8064
	6%	22.76	244.37	5562
	8%	17.60	244.37	4301
	10%	14.19	244.37	3468
	15%	8.73	244.37	2133

## 2.2.8.2. Rendimiento teórico CAT 793D

### CARGADO



### VACÍO

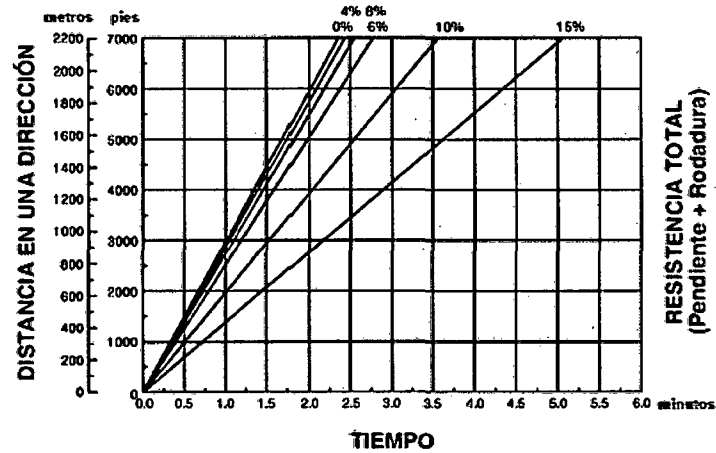


Figura N°5. Ábaco de tiempo de desplazamiento para CAT 793D

Fuente: Manual de Rendimiento Caterpillar ed. 40.

Tabla N°3. Rendimientos Teóricos camión CAT 793D.

ESTADO	RESISTENCIA TOTAL (Pendiente + Rodadura)	VELOCIDAD (km/h)	CARGA (t)	RENDIMIENTO (t.km/h)
VACÍO	0%	55.0	250	13750
	4%	53.9	250	13469
	6%	50.8	250	12692
	8%	48.0	250	12000
	10%	36.7	250	9167
	15%	25.9	250	6471
CARGADO	0%	55.1	250	13763
	4%	37.7	250	9429
	6%	25.2	250	6300
	8%	20.0	250	5000
	10%	14.7	250	3667
	15%	10.4	250	2591

### 2.2.8.3. Rendimiento teórico CAT 793F

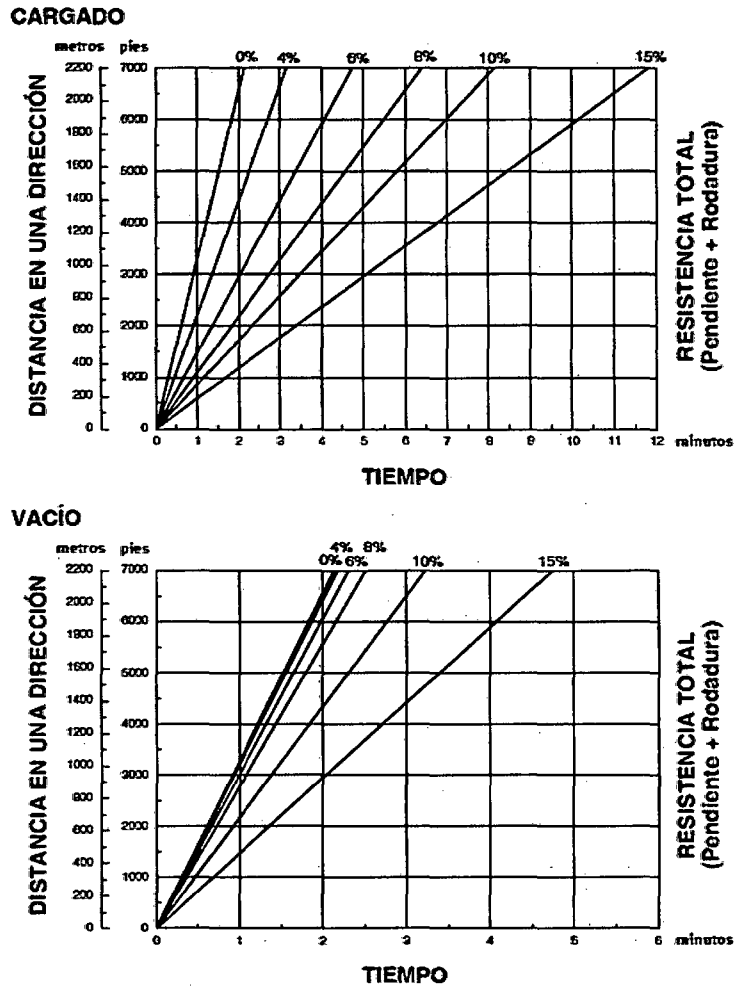


Figura N°6. Ábaco de tiempo de desplazamiento para CAT 793F

Fuente: Manual de Rendimiento Caterpillar ed. 40.

Tabla N°4. Rendimientos Teóricos camión CAT 793F.

ESTADO	RESISTENCIA TOTAL (Pendiente + Rodadura)	VELOCIDAD (km/h)	CARGA (t)	RENDIMIENTO (t.km/h)
VACÍO	0%	62.9	249	15651
	4%	61.4	249	15287
	6%	58.7	249	14608
	8%	52.8	249	13147
	10%	41.3	249	10271
	15%	28.1	249	6993
CARGADO	0%	62.9	249	15651
	4%	42.6	249	10603
	6%	28.1	249	6993
	8%	20.6	249	5136
	10%	16.3	249	4058
	15%	11.3	249	2809

### 2.2.9. El ciclo hidrológico.

El ciclo hidrológico es un modelo conceptual que describe el almacenamiento y movimiento del agua entre la Biosfera, Atmósfera, Litosfera, Hidrosfera, lo que se denomina Sistema Climático (Ordoñez 2011).

Es la sucesión de etapas que atraviesa el agua al pasar de la tierra a la atmósfera y volver a la tierra: evaporación desde el suelo, mar o aguas continentales, condensación de nubes, precipitación, acumulación en el suelo o masas de agua y reevaporación. Involucra un proceso de transporte recirculatorio y permanente, este movimiento se debe principalmente a dos causas, el sol que proporciona la energía para elevar el agua (evaporación) y la gravedad terrestre que hace que el agua condensada descienda (precipitación y escurrimiento).

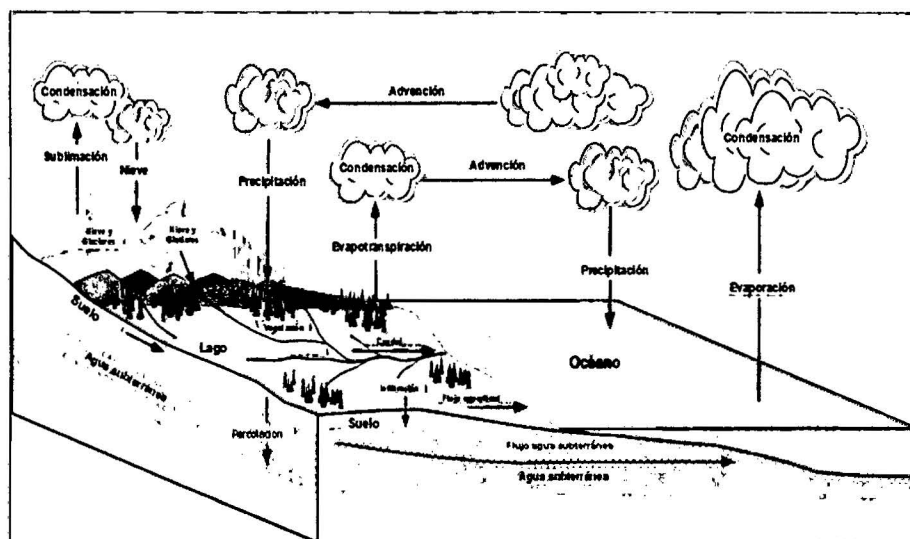


Figura N°7. Representación del ciclo hidrológico. Fuente: Ordoñez 2011.

#### 2.2.9.1. Procesos del ciclo hidrológico

- **Precipitación:** Para la formación de la precipitación se requiere la condensación del vapor de agua atmosférico. La saturación es una condición esencial para desbloquear la condensación.
- **Evaporación:** Se define como el proceso mediante el cual se convierte el agua líquida en un estado gaseoso. Puede ocurrir solamente cuando el agua está disponible. También se requiere que la humedad de la atmósfera debe

ser menor que la superficie de evaporación. (a 100% de humedad relativa no hay evaporación más)

- **Condensación:** El cambio en el estado de la materia de vapor a líquido que se produce con el enfriamiento. Normalmente se utiliza en meteorología cuando se habla de la formación de agua líquida en vapor. Este proceso libera energía de calor latente para el medio ambiente.
- **Transpiración:** Es la evaporación a través de las hojas. El proceso fisiológico de alimentación de las plantas se efectúa mediante el paso de ciertas cantidades de agua, portadoras de alimentos por el interior de ellas y ese tráfico solamente es posible gracias a la transpiración.
- **Intercepción:** Es la parte de la precipitación que es interceptada por objetos superficiales como la cubierta vegetal o los tejados, en general, parte de esta agua interceptada nunca alcanza al suelo porque se adhiere y humedece a estos objetos y se evapora.
- **Escorrentía superficial:** Es la porción de lluvia que no es infiltrada, interceptada o evaporada y que fluye sobre las laderas, en realidad la escorrentía superficial, la infiltración y la humedad del suelo son interactivas entre sí, por tal motivo se debe tener cuidado en seleccionar el modelo adecuado en cada caso.
- **Escorrentía subsuperficial:** Es el agua que ha sido previamente infiltrada y no alcanza el almacenamiento subterráneo o acuífero, por lo tanto debe ser considerada como parte de la escorrentía.

### 2.2.9.2. Precipitación

Se denomina precipitación, a toda agua meteórica que cae en la superficie de la tierra, tanto en forma líquida (llovizna, lluvia, etc.) y sólida (nieve, granizo, etc.) y las precipitaciones ocultas (rocío, la helada blanca, etc.). Ellas son provocadas por un cambio de la temperatura o de la presión. La precipitación constituye la única entrada principal al sistema hidrológico continental.

Se ha desarrollado una variedad de instrumentos y técnicas para obtener información de las diferentes fases de la precipitación. Los instrumentos para medir la cantidad y la intensidad de la precipitación son los más importantes.

Otros instrumentos, incluyen aparatos para medir el tamaño y la distribución de las gotas de agua y para establecer el tiempo de comienzo y fin de la precipitación. Todas las formas de precipitación se miden sobre la base de una columna vertical de agua que se acumularía sobre una superficie a nivel, si la precipitación permaneciese en el lugar donde cae. En el sistema métrico, la precipitación se mide en milímetros y decimos de milímetro.

Dentro de los instrumentos utilizados para registrar la precipitación, se tienen los de observación directa, registradores (pueden ser de diferentes tipos), acumuladores y los automáticos cuya función es registrar en forma continua las actividades pluviométricas y su transmisión directa a la zona de interés para los análisis correspondientes.

#### **2.2.10. Precipitaciones pluviales en la ingeniería**

Muchas obras de ingeniería civil son profundamente influenciadas por factores climáticos, entre los que se destaca por su regularidad las precipitaciones pluviales. En efecto, un correcto dimensionamiento del drenaje garantiza la vida útil de una carretera, una vía férrea, un aeropuerto, etc. El conocimiento de las precipitaciones pluviales extremas garantizará la seguridad de las represas y la seguridad de las poblaciones y demás estructuras que se sitúan aguas abajo de la misma.

El conocimiento de las lluvias intensas, de corta duración, y de otros fenómenos meteorológicos comunes en determinada zona o región es muy importante para la implementación de ciertas técnicas de construcción, para dimensionar el drenaje urbano, las señalizaciones, tomar las medidas preventivas necesarias, y así evitar inundaciones y otras catástrofes en los centros poblados.

En la ingeniería civil, necesitamos todos los datos posibles para poder hacer una buena planificación de obra, una buena evaluación de diseño, calcular los efectos de los diferentes fenómenos atmosféricos y como disminuir sus daños a las infraestructuras civiles.

Además, cuando ocurren daños por estos fenómenos, son los ingenieros los encargados de abrir caminos, construir puentes provisionales, ver las formas más eficaces de resolver los problemas de comunicación vial y el problema del agua potable.

#### **2.2.10.1. Efectos negativos de las precipitaciones pluviales**

Se dice que la temporada de lluvias en el Perú genera alteraciones directas sobre la capacidad productiva, afecta la seguridad y condiciones de vida de la población expuesta a dichas precipitaciones. De acuerdo a la vulnerabilidad de ciertas zonas del país, la temporada de lluvias origina un gran número de aludes, aluviones e inundaciones, lo que ocasiona un impacto negativo en la agricultura, la pesca, los servicios públicos y sobre todo la salud de la población.

La relación directa de la temporada de lluvias con el fenómeno El Niño, produce un incremento de precipitaciones en la costa, sierra y selva del país ocasionando desastres funestos que frenan el desarrollo del país. Cabe recordar que en los años 1997-1998, el fenómeno El Niño destruyó muchas vías de comunicación (carreteras, puentes) y dejó gran cantidad de hectáreas de tierras de cultivo afectadas. Las pérdidas económicas alcanzaron billones de dólares, así como millones de personas afectadas y desplazadas, y considerables pérdidas humanas.

#### **2.2.10.2. Efectos de las precipitaciones pluviales en la minería**

En las operaciones mineras a tajo abierto, cuando las precipitaciones pluviales son abundantes pueden ocasionar problemas para realizar los trabajos de carguío y acarreo del mineral, generando retrasos en la producción a la cual está destinada. Las precipitaciones pluviales en la época de lluvias suelen presentar los siguientes inconvenientes: recarga acelerada de la napa freática que impide acceder a los niveles inferiores del tajo abierto, inundaciones de zonas de trabajo, deterioro de plataformas de carguío, vías de acarreo (no pavimentadas) y áreas de descarga. La acumulación de agua en el tajo abierto obliga a diseñar estructuras de drenaje funcionales y dinámicas para mitigar el impacto que las precipitaciones pluviales en el desempeño normal de los trabajos operativos.

## 2.2.11. Análisis estadístico

### 2.2.11.1. Relación entre variables

Cuando se estudian conjuntamente dos o más variables que no son independientes, la relación entre ellas puede ser funcional (relación matemática exacta entre dos variables, por ejemplo, espacio recorrido por un vehículo que circula a velocidad constante y el tiempo empleado en recorrerlo) o estadística (no existe una expresión matemática exacta que relacione ambas variables, existe una relación aproximada entre las dos variables, por ejemplo, incremento de las ventas de libros en función de la cantidad gastada en publicidad). En este último caso interesa estudiar el grado de dependencia existente entre ambas variables. Lo realizaremos mediante el análisis de correlación.

### 2.2.11.2. Análisis de correlación lineal

El análisis de correlación mide el grado de relación entre las variables. Veremos el análisis de correlación simple, que mide la relación entre sólo una variable independiente (X) y la variable dependiente (Y). En concreto, cuantifica la dependencia lineal, por lo que recibe el nombre de correlación lineal. El coeficiente de correlación lineal se llama coeficiente de correlación de Pearson designado  $r$ , cuyo valor oscila entre  $-1$  y  $+1$ . El valor de  $r$  se aproxima a  $+1$  cuando la correlación tiende a ser lineal directa (mayores valores de X significan mayores valores de Y), y se aproxima a  $-1$  cuando la correlación tiende a ser lineal inversa.

**Tabla N°5.** Tipos y grados de correlación lineal según el valor de  $r$ .

Valores de $r$	Tipo y grado de correlación
$-1$	Negativa perfecta
$-1 < r \leq -0.8$	Negativa fuerte
$-0.8 < r < -0.5$	Negativa moderada
$-0.5 \leq r < 0$	Negativa débil
$0$	No existe
$0 < r \leq 0.5$	Positiva débil
$0.5 < r < 0.8$	Positiva moderada
$0.8 \leq r < 1$	Positiva fuerte
$1$	Positiva perfecta



### 2.3. Definición de términos básicos.

**Precipitación pluvial:** Es cualquier forma de hidrometeoro que cae del cielo y llega a la superficie terrestre. Este fenómeno incluye lluvia, llovizna, nieve, aguanieve y granizo. La precipitación es generada por las nubes, cuando alcanzan un punto de saturación; en este punto las gotas de agua aumentan de tamaño hasta alcanzar el punto en que se precipitan por la fuerza de gravedad.

**Desempeño Productivo:** Es importante conocer que este concepto relaciona el rendimiento con la productividad, pero su alcance original tiene que ver directamente con el logro de objetivos, es la manera como alguien o algo trabaja, juzgado por su efectividad. Bien pudiera decirse que cada empresa o sistema empresarial debiera tener su propia medición de desempeño.

**Productividad:** La productividad es la relación entre la cantidad de productos obtenida por un sistema productivo y los recursos utilizados para obtener dicha producción. En realidad la productividad debe ser definida como el indicador de eficiencia que relaciona la cantidad de recursos utilizados con la cantidad de producción obtenida.

**Rendimiento:** El rendimiento debe medirse como el costo por unidad de material movido, una medida que incluye tanto producción como costo. Influyen directamente en el rendimiento factores tales como la relación de peso a potencia, la capacidad, el tipo de transmisión, las velocidades y los costos de operación.

**Camión:** También conocido como Volquete, es un equipo sobre neumáticos utilizado para el transporte de material en el movimiento de tierras.

**Época de Lluvia:** Se refiere a una estación típica de una región en la cual las precipitaciones pluviales son aumentadas con respecto al resto del año.

**Época Seca:** Es un sinónimo de estiaje, se refiere a una estación de una región en la cual las precipitaciones pluviales son escasas.

## **CAPITULO III. MATERIALES Y METODOS**

### **3.1. Materiales de la investigación**

#### **3.1.1. Características locales**

##### **3.1.1.1. La empresa Minera Yanacocha**

Minera Yanacocha inició sus operaciones el 8 de agosto de 1992 en la zona de Carachugo y produjo su primera barra de doré el 7 de agosto de 1993. Se encuentra ubicada en la provincia y región de Cajamarca, a 800 kilómetros al noreste de la ciudad de Lima, Perú. Su zona de operaciones está a 45 kilómetros al norte del distrito de Cajamarca, entre los 3 500 y 4 100 metros sobre el nivel del mar. Se ubica entre las coordenadas UTM 9223753S, 9231051S y 764780E, 780739E. Está conformada por los siguientes accionistas: Newmont Mining Corporation (51.35%) con sede en Denver, EEUU; Cía. de Minas Buenaventura (43.65%), e International Financial Corporation (IFC) (5%). Las actividades de cateo y prospección, exploración y explotación de Yanacocha se realizan en un área de 59.897 ha. Las 439 concesiones mineras de la empresa cubren un área total de 313.049 ha. En este territorio, Yanacocha explota cuatro minas a tajo abierto: Cerro Yanacocha, San José, La Quinoa (tajos El Tapado y Tapado Oeste) y Chaquicocha. Adicionalmente, se han culminado actividades de desarrollo de mina en los tajos Maqui Maqui y Cerro Negro, y se ha iniciado el relleno del antiguo tajo El Tapado (MYSRL, 2013, p. 18-19).

##### **3.1.1.2. Descripción del área de Operaciones Mina**

Es el área encargada de trabajos de perforación, voladura, carguío, acarreo, mantenimiento de vías, servicios mina, soporte de mina, costos y proyectos de mina. Está área es de suma importancia debido a que su principal función es trasladar el mineral desde el tajo hacia las estructuras donde será procesado y finalmente obtener el doré. El minado consiste en la extracción del material que contiene oro y plata. Se inicia con la perforación del terreno, para hacer unos agujeros que luego son llenados con material explosivo. Estos, al detonar, fragmentan la roca y remueven subterráneamente el material exponiéndolo a la superficie. En esta etapa se aplican los más altos estándares de cuidado en

seguridad. Para los trabajos de carguío son necesarios equipos de gran capacidad (hasta 40 toneladas de capacidad de cucharón), para esto se utilizan palas Hitachi 5500, excavadoras Hitachi 2500, cargadores frontales CAT 992 y CAT 994. Los camiones utilizados para el acarreo del material son CAT 785 y CAT 793 (que pueden cargar hasta 250 toneladas de material) llevan el mineral extraído del tajo al Pad (pila de lixiviación), que es la estructura donde se acumula el mineral extraído para ser lixiviado y así recuperar el oro existente.

### 3.1.1.3. Equipos utilizados para el acarreo de materiales

En la actualidad en Minera Yanacocha se utilizan camiones de la marca Caterpillar de los modelos 785C, modelo 793C, 793D, 793DT y 793F, el fabricante en sus especificaciones nos da algunas características generales de estos equipos:

**Tabla N°6.** Características generales los equipos de acarreo en MYSRL

<b>MODELO</b>	<b>CAT 785</b>	<b>CAT 793</b>
Peso bruto objetivo	249 476 kg	383 673 kg
Peso en trabajo vacío	115 085 kg	157 140 kg
Carga útil Ideal	134 t	227 t
Velocidad máx.	55 km/h	54.2 km/h
Altura	5.77 m	6.6 m
Ancho (en operación)	6.64 m	8.3 m
Longitud total	10.62 m	13.01 m

Fuente: Caterpillar Performance Handbook ed. 40.

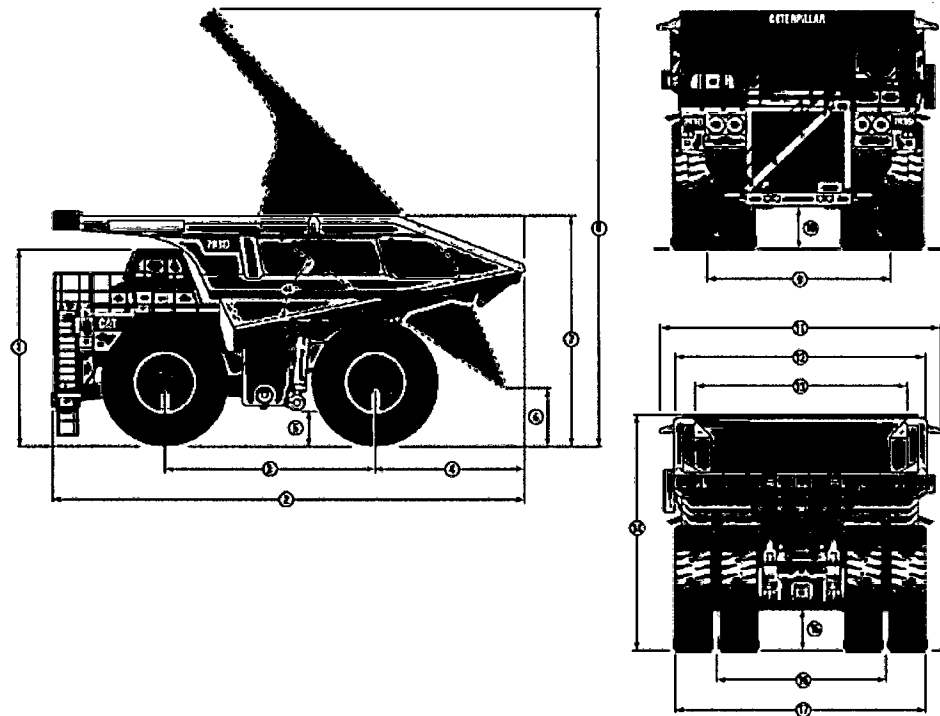
Los camiones del modelo CAT 793 en sus diferentes versiones conforman aproximadamente el 90% de la flota de acarreo utilizado en operaciones. A lo largo de la vida de la mina se han utilizado también otros tipos de camiones como Komatsu 330M Haulpak, CAT 777D, CAT 777F y CAT 793B, Komatsu 830E, los cuales han sido retirados de acuerdo a las necesidades de la operación.

### 3.1.1.4. Camión de acarreo (Haul Truck) CAT 793

Minera Yanacocha en la actualidad utiliza en su mayoría esta flota. El camión de minería o también llamado fuera de ruta de la marca Caterpillar del tipo 793 en sus diferentes versiones tiene las siguientes características:

#### Dimensiones

Todas las dimensiones son aproximadas. Mostrado con caja MSD R. Dimensiones con caja de doble declive.



1	Altura hasta la parte superior de ROPS	5.584 mm	18,32 pie
2	Longitud total	12.862 mm	42,2 pie
3	Distancia entre ejes	5.905 mm	19,37 pie
4	Eje trasero a la cola	3.772 mm	12,38 pie
5	Espacio libre sobre el suelo	1.005 mm	3,3 pie
6	Espacio libre de descarga	1.364 mm	4,48 pie
7	Altura de carga - Vacío	5.871 mm	19,26 pie
8	Altura total - Caja subida	13.113 mm	43,02 pie
9	Ancho entre líneas de centro de los neumáticos delanteros	5.610 mm	18,41 pie

10	Espacio libre del protector del motor	1.294 mm	4,25 pie
11	Ancho total del techo	7.680 mm	25,2 pie
12	Ancho exterior de la caja	6.940 mm	22,77 pie
13	Ancho interior de la caja	6.500 mm	21,33 pie
14	Altura delantera del techo	6.494 mm	21,31 pie
15	Espacio libre del eje trasero	1.128 mm	3,66 pie
16	Ancho entre las líneas de centro de los neumáticos dobles traseros	4.963 mm	16,25 pie
17	Ancho total de los neumáticos	7.605 mm	24,92 pie

Figura N°8. Dimensiones del camión CAT 793D. Fuente: Camión de Minería CAT793D - Caterpillar

### **3.1.2. Población**

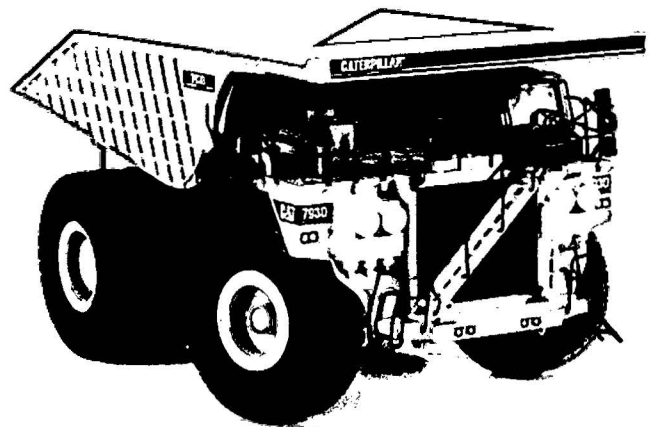
La población son todos los camiones de la marca Caterpillar utilizados para el movimiento de tierras que trabajan en Minera Yanacocha.

### **3.1.3. Muestra**

Para la selección de la muestra se empleó un muestreo no probabilístico por conveniencia. La muestra son todos los camiones del tipo CAT 793 que han trabajado en Minera Yanacocha entre los años 2009 al 2014. Esto se ha escogido debido a que representan en la actualidad en 90% del total de las flotas.

### **3.1.4. Unidad de Análisis**

La unidad de análisis es cada camión del tipo CAT 793 que ha trabajado en Minera Yanacocha entre los años 2009 al 2014.



**Figura N°9.** Camión CAT 793D

Fuente: Pagina web Caterpillar.

## 3.2. Método de la investigación

### 3.2.1. Tipo y clasificación de la investigación

Se clasifica y tipifica la presente investigación de acuerdo a la Tabla N° 7.

**Tabla N°7.** Tipo y clasificación de la investigación.

<b>Criterio</b>	<b>Tipo de investigación</b>
Finalidad	Aplicada
Estrategia o enfoque teórico metodológico	Cuantitativa
Objetivos (alcances)	Descriptiva, correlacional
Fuente de datos	Secundaria
Control en el diseño de la prueba	No experimental
Temporalidad	Longitudinal
Contexto donde sucede	Gabinete
Intervención disciplinaria	Unidisciplinaria

Fuente: Seminario (2014).

### 3.2.2. Instrumentos para la recolección de datos

El instrumento principal para la recopilación de la información para la investigación es la base de datos de la empresa, la cual contiene variada información respecto a producción, parámetros, utilización de equipos, datos climatológicos, costos, entre otros datos utilizados para diversos fines del negocio.

#### **Reportes de One View**

Para la obtención de la información de productividad, rendimiento y sus parámetros se utilizó el software de consultas vía web llamado One View, en el cual se configuró el reporte requerido con los datos disponibles de la base de datos de la empresa. En la figura N°10 puede apreciarse un reporte de productividad de camiones generado en One View, el cual se exportó a una hoja de cálculo para procesar su información.

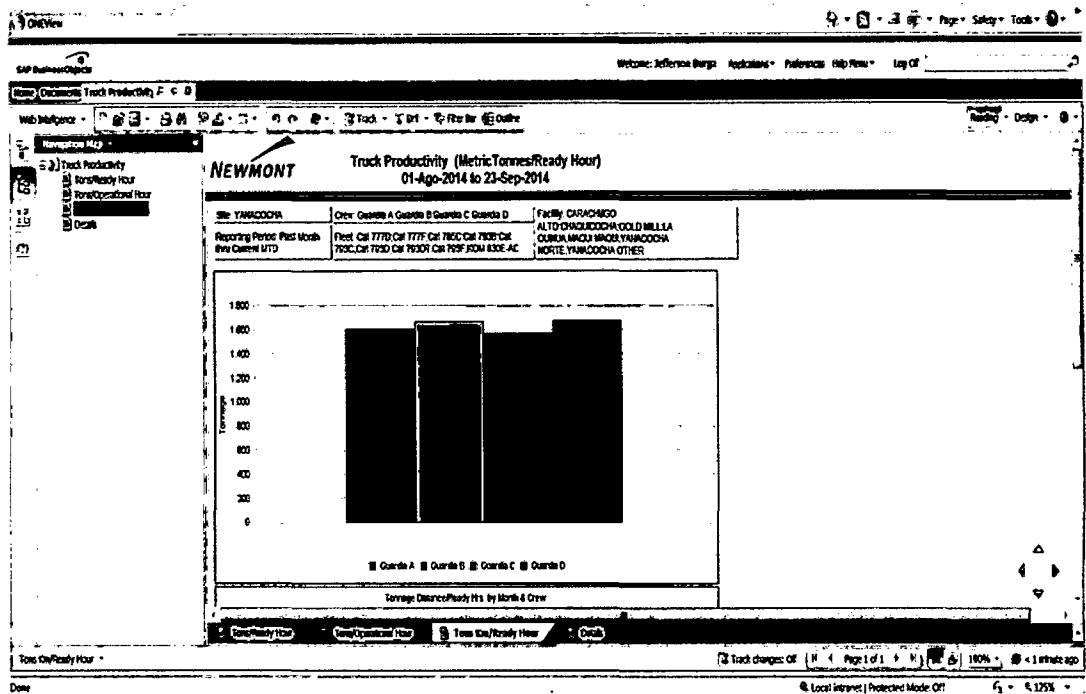


Figura N°10. Reporte generado en el sistema One View. Fuente: Base de datos Minera Yanacocha

Estos reportes de One View se exportaron al software Microsoft Excel, donde se recopiló y organizó la información desde enero del 2009 hasta setiembre del 2014 por año y por mes para procesarlos y analizarlos. En la tabla N°8 se puede apreciar un formato de organización de la información por parámetro, flota, año y mes.

Tabla N°8. Formato de parámetros organizados por mes y año.

RENDIMIENTO POR FLOTA (t.km/h)				
MES	793B	793C	793D	793DT
ene-09	9423.81	9559.15	10025.33	-
feb-09	10067.84	10335.44	10634.61	-
mar-09	9653.13	9997.51	10372.11	-
abr-09	9658.36	9773.30	10215.76	9505.94
may-09	9674.44	9639.30	10238.62	10245.79
jun-09	9659.46	9751.70	10100.95	10405.47
jul-09	9896.20	9797.31	10163.67	10214.56
ago-09	8829.86	8742.23	8900.61	9080.22
set-09	8573.87	8685.34	8859.03	8961.82
oct-09	8093.96	8286.44	8527.85	8354.53
nov-09	7889.28	8222.54	8621.34	8506.96
dic-09	8016.10	8315.68	8455.36	8584.77

## Reportes en Vista Data Vision

Para la obtención de la información de precipitaciones se utilizó el software de reportes de medio ambiente denominado Vista Data Vision el cual almacena información climatológica respecto a precipitaciones, evaporación, temperatura, humedad, velocidad y dirección del viento en las diferentes estaciones de propiedad de Minera Yanacocha. Para esto se recopilaron los datos de precipitaciones de la estación La Quinoa desde enero del 2009 hasta setiembre del 2014 por año y mes en milímetros, se utilizó Microsoft Excel para organizar los datos para poder ser procesados y analizados posteriormente. En la figura N° 11 se muestra el software Vista Data Visión con información de la estación La Quinoa de precipitación y evaporación. En la figura N° 12 se muestra el formato de organización de la información de precipitaciones para su posterior procesamiento y análisis.

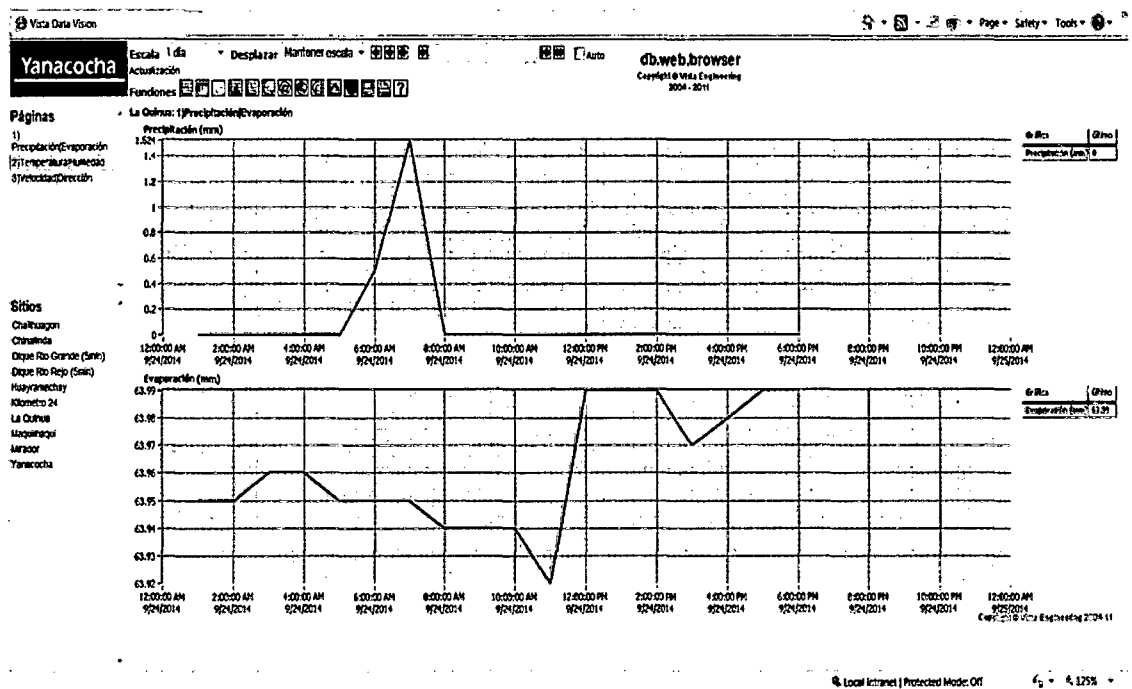


Figura N°11. Reporte de precipitaciones del área de Medio Ambiente. Fuente: Base de datos Minera Yanacocha



Precipitación mensual 2014

Estacion	2014												Total	Prom	Max	Min	
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic					
La Oulnea	120	195	171	156	129	3	21							795	114	195	3
Yanacocha	89	135	190	121	98	5	0							638	91	190	0
Carachugo	87	152	194	57	78	1	6							573	82	194	1
Maqui Maqui	90	147	206	64	81	13	3							605	86	206	3

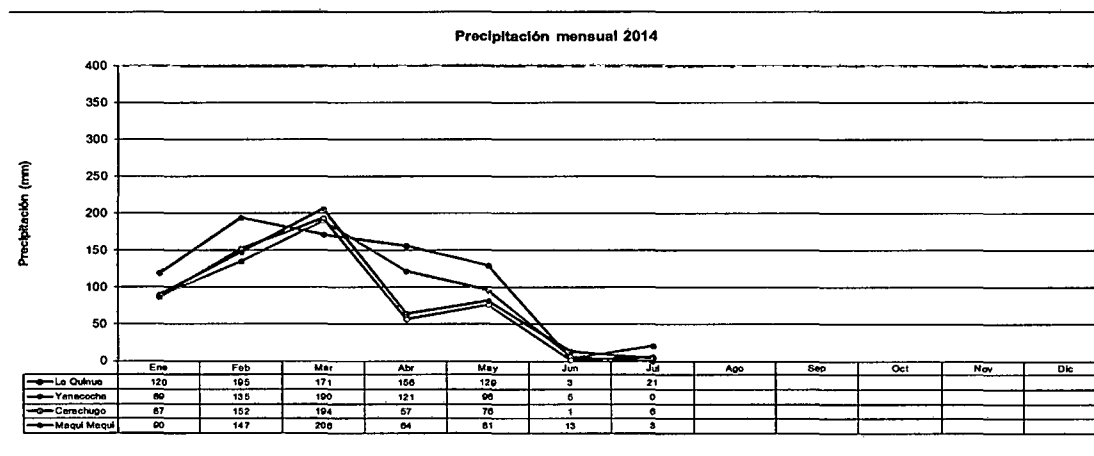


Figura N°12. Formato de recopilación de precipitaciones mensuales por año.

### 3.2.3. Organización de la información

#### 3.2.3.1. Organización de la información de productividad y rendimiento

La información de productividad, rendimiento y sus parámetros de cálculo fueron organizados por año, por mes y flota, calculando un promedio ponderado por la cantidad de equipos por flota, teniendo un solo valor mensual representativo de los camiones CAT 793. Los datos obtenidos se organizaron en tablas por año desde enero del 2009 hasta setiembre del 2014, teniendo como información a las cargas promedio, velocidades, distancias, EFH, productividad, rendimiento, uso, usage, tiempo de ciclo y tiempo de esperas.

Tabla N°9. Información ponderada de cargas, velocidades y distancias año 2009.

Año 2009	Carga Promedio (t)	Velocidad Vacío (km/h)	Velocidad Cargado (km/h)	Distancia Vacío (km)	Distancia Cargado (km)	EFH Cargado (km)	EFH Vacío (km)
Enero	240.19	34.70	16.02	4.57	4.37	12.04	6.13
Febrero	240.85	23.14	16.54	4.86	4.54	12.90	6.66
Marzo	241.00	36.56	17.87	5.15	4.63	12.20	6.90
Abril	238.42	36.69	18.58	5.11	4.79	11.97	6.62
Mayo	236.97	37.63	19.29	4.97	4.72	11.25	6.39
Junio	237.76	38.25	18.88	5.06	4.72	11.33	6.47
Julio	236.49	38.46	17.90	4.84	4.63	11.85	6.21
Agosto	233.95	30.32	17.69	5.06	4.76	12.14	6.41
Setiembre	230.71	30.79	18.33	5.28	4.81	12.12	6.67
Octubre	228.64	32.41	17.59	5.25	4.88	12.03	6.94
Noviembre	230.46	32.42	17.82	5.11	5.05	12.18	6.73
Diciembre	233.29	30.48	16.53	4.88	4.89	12.95	6.64

**Tabla N°10.** Información ponderada de productividad, rendimiento, utilización y tiempos de ciclo año 2009.

<b>Año 2009</b>	<b>Productividad (t/h)</b>	<b>Rendimiento (t.km/h)</b>	<b>Uso (%)</b>	<b>Usage (%)</b>	<b>Tiempo Esperas (min)</b>	<b>Tiempo de Ciclo (min)</b>
Enero	392.27	9666.09	95.99	94.85	6.77	32.46
Febrero	397.72	10373.94	94.85	93.69	6.41	31.97
Marzo	390.99	10044.17	93.52	91.77	7.30	32.66
Abril	395.66	9870.30	94.66	94.00	7.07	32.27
Mayo	409.46	9819.53	94.87	92.43	7.01	30.97
Junio	408.42	9843.74	94.93	94.55	6.95	31.17
Julio	415.82	9920.99	95.02	94.60	6.52	30.81
Agosto	404.45	8805.91	94.80	94.32	6.15	33.96
Setiembre	404.17	8719.50	95.79	95.35	5.62	33.82
Octubre	392.08	8322.02	94.78	94.27	5.47	34.61
Noviembre	392.49	8281.94	94.98	92.60	5.22	34.57
Diciembre	373.19	8348.34	95.15	93.57	5.70	36.12

**Tabla N°11.** Información ponderada de cargas, velocidades y distancias año 2010.

<b>Año 2010</b>	<b>Carga Promedio (t)</b>	<b>Velocidad Vacío (km/h)</b>	<b>Velocidad Cargado (km/h)</b>	<b>Distancia a Vacío (km)</b>	<b>Distancia Cargado (km)</b>	<b>EFH Cargado (km)</b>	<b>EFH Vacío (km)</b>
Enero	233.02	33.07	16.72	4.77	4.86	12.91	6.56
Febrero	233.90	31.47	17.75	5.06	5.20	13.28	7.12
Marzo	235.17	28.06	16.07	4.82	4.91	12.67	6.83
Abril	236.00	29.03	15.64	4.69	4.60	12.05	6.64
Mayo	239.10	29.40	14.84	4.65	4.52	12.62	6.61
Junio	235.37	30.52	14.44	4.70	4.51	13.22	6.67
Julio	236.72	27.76	13.98	4.55	4.95	14.80	7.20
Agosto	236.70	30.36	13.48	4.86	4.78	14.73	7.02
Setiembre	235.58	30.77	13.32	5.39	5.11	15.87	7.52
Octubre	236.83	27.70	13.55	5.12	4.98	14.98	7.06
Noviembre	237.38	25.24	13.17	5.35	5.27	15.81	7.37
Diciembre	236.15	25.34	12.96	5.27	4.90	14.89	7.18

**Tabla N°12.** Información ponderada de productividad, rendimiento, utilización y tiempos de ciclo año 2010.

<b>Año 2010</b>	<b>Productividad (t/h)</b>	<b>Rendimiento (t.km/h)</b>	<b>Uso (%)</b>	<b>Usage (%)</b>	<b>Tiempo Esperas (min)</b>	<b>Tiempo de Ciclo (min)</b>
Enero	383.39	8655.91	95.32	94.55	5.79	34.97
Febrero	367.05	8678.43	95.37	94.96	6.28	36.76
Marzo	349.16	7863.14	94.86	93.58	6.38	38.45
Abril	359.50	7975.89	95.26	94.62	7.02	37.45
Mayo	351.58	8225.99	95.55	95.06	7.02	37.85
Junio	351.22	8419.85	96.13	95.18	7.28	38.34
Julio	308.55	8378.23	95.88	95.32	7.07	41.46
Agosto	315.24	8443.71	95.76	95.51	6.73	40.65
Setiembre	312.88	8614.82	95.35	95.01	7.05	42.94
Octubre	315.91	8299.67	95.49	94.46	7.87	43.21
Noviembre	287.52	7851.72	95.10	93.94	8.15	47.24
Diciembre	298.76	7822.64	95.28	93.06	8.48	45.99

**Tabla N°13. Información ponderada de cargas, velocidades y distancias año 2011.**

Año 2011	Carga Promedio (t)	Velocidad Vacio (km/h)	Velocidad Cargado (km/h)	Distancia Vacio (km)	Distancia Cargado (km)	EFH Cargado (km)	EFH Vacio (km)
Enero	235.84	26.65	14.06	5.03	4.79	13.72	6.81
Febrero	236.30	25.70	13.69	5.01	4.76	13.98	6.86
Marzo	238.66	25.74	14.30	5.72	5.45	15.15	7.71
Abril	237.69	24.25	14.56	5.70	5.45	14.44	7.59
Mayo	235.28	29.76	15.12	5.15	5.01	13.52	6.83
Junio	233.35	29.53	14.45	5.40	5.27	15.26	7.29
Julio	232.55	29.68	14.40	5.63	5.61	16.49	7.74
Agosto	233.71	28.94	13.23	5.38	5.15	15.93	7.43
Setiembre	237.47	26.60	13.16	5.54	5.32	16.10	7.69
Octubre	237.70	26.87	13.71	6.30	6.01	17.16	8.52
Noviembre	237.62	25.30	12.98	5.95	5.75	17.03	8.30
Diciembre	239.23	24.73	12.61	6.28	5.89	18.10	8.67

**Tabla N°14. Información ponderada de productividad, rendimiento, utilización y tiempos de ciclo año 2011.**

Año 2011	Productividad (t/h)	Rendimiento (t.km/h)	Uso (%)	Usage (%)	Tiempo Esperas (min)	Tiempo de Ciclo (min)
Enero	330.97	7972.34	95.07	93.93	8.19	42.18
Febrero	320.74	7793.98	94.35	92.63	8.17	43.17
Marzo	291.33	7864.59	95.08	93.83	8.60	47.29
Abril	289.20	7363.02	94.81	93.24	9.26	48.66
Mayo	346.47	8267.17	95.12	92.96	8.38	40.81
Junio	311.26	8243.48	95.16	94.17	8.17	43.60
Julio	300.53	8338.05	95.12	94.00	7.84	45.21
Agosto	299.75	8190.46	95.34	94.51	8.34	45.50
Setiembre	278.80	7836.30	95.05	92.53	8.87	48.60
Octubre	259.65	7767.16	95.19	81.28	8.72	52.08
Noviembre	256.94	7587.08	95.15	92.11	9.17	52.88
Diciembre	248.25	7770.12	95.42	92.96	8.77	54.72

**Tabla N°15. Información ponderada de cargas, velocidades y distancias año 2012.**

Año 2012	Carga Promedio (t)	Velocidad Vacio (km/h)	Velocidad Cargado (km/h)	Distancia Vacio (km)	Distancia Cargado (km)	EFH Cargado (km)	EFH Vacio (km)
Enero	237.10	22.88	12.21	6.44	5.92	19.03	9.06
Febrero	236.52	22.63	12.00	5.66	5.23	16.85	8.03
Marzo	237.87	24.82	14.07	5.20	5.14	15.27	8.20
Abril	236.04	24.71	14.45	4.45	4.43	12.24	7.03
Mayo	235.76	25.32	14.15	3.88	4.03	11.44	6.20
Junio	236.39	27.67	14.66	4.09	4.17	12.05	6.52
Julio	237.75	27.61	15.03	3.90	3.58	9.64	6.05
Agosto	237.19	28.18	14.93	3.58	3.15	8.60	5.63
Setiembre	236.76	26.10	15.28	3.44	3.19	8.35	5.37
Octubre	236.88	21.12	15.20	3.21	2.56	5.96	5.06
Noviembre	237.61	20.10	14.13	3.65	2.96	7.68	5.66
Diciembre	237.74	24.24	14.52	3.69	3.26	8.46	5.50

**Tabla N°16.** Información ponderada de productividad, rendimiento, utilización y tiempos de ciclo año 2012.

<b>Año 2012</b>	<b>Productividad (t/h)</b>	<b>Rendimiento (t.km/h)</b>	<b>Uso (%)</b>	<b>Usage (%)</b>	<b>Tiempo Esperas (min)</b>	<b>Tiempo de Ciclo (min)</b>
Enero	230.46	7431.01	94.56	92.33	9.75	58.93
Febrero	248.65	7320.26	95.24	94.20	9.74	54.24
Marzo	301.73	7492.30	91.87	89.99	8.41	46.74
Abril	333.74	7395.85	93.39	91.76	8.07	40.14
Mayo	358.44	7379.88	93.19	91.22	8.20	37.28
Junio	363.64	8106.50	95.09	93.30	8.12	36.79
Julio	413.67	7893.34	94.65	92.52	7.25	32.44
Agosto	455.37	7936.39	95.52	90.37	7.17	29.83
Setiembre	442.76	7719.06	96.36	92.44	7.59	30.45
Octubre	438.59	6232.71	94.62	85.59	7.98	30.01
Noviembre	359.30	6125.42	94.39	93.14	7.22	33.79
Diciembre	404.51	6897.26	95.64	93.93	6.97	32.58

**Tabla N°17.** Información ponderada de cargas, velocidades y distancias año 2013.

<b>Año 2013</b>	<b>Carga Promedio (t)</b>	<b>Velocidad Vacío (km/h)</b>	<b>Velocidad Cargado (km/h)</b>	<b>Distancia Vacío (km)</b>	<b>Distancia Cargado (km)</b>	<b>EFH Cargado (km)</b>	<b>EFH Vacío (km)</b>
Enero	238.63	24.36	15.01	4.17	3.84	9.54	6.10
Febrero	237.34	23.22	15.00	4.14	3.88	9.78	6.17
Marzo	235.41	21.55	14.09	3.98	3.66	9.33	6.19
Abril	233.94	21.64	13.74	3.35	3.04	8.11	5.27
Mayo	234.68	21.13	13.93	3.17	2.75	7.02	4.83
Junio	234.96	21.78	13.89	2.85	2.54	6.43	4.08
Julio	234.98	23.18	13.95	3.12	2.83	7.79	4.43
Agosto	235.64	24.01	14.73	3.50	3.29	8.35	4.89
Setiembre	236.50	25.79	14.76	3.53	3.31	8.47	4.86
Octubre	236.11	22.81	14.01	4.23	3.82	10.30	6.03
Noviembre	235.62	26.40	15.96	4.30	4.39	11.08	6.07
Diciembre	234.64	23.73	14.86	4.56	4.45	11.56	6.67

**Tabla N°18.** Información ponderada de productividad, rendimiento, utilización y tiempos de ciclo año 2013.

<b>Año 2013</b>	<b>Productividad (t/h)</b>	<b>Rendimiento (t.km/h)</b>	<b>Uso (%)</b>	<b>Usage (%)</b>	<b>Tiempo Esperas (min)</b>	<b>Tiempo de Ciclo (min)</b>
Enero	382.01	7002.91	95.68	94.83	6.63	35.29
Febrero	364.48	6886.47	95.57	93.24	7.29	36.66
Marzo	349.46	6196.49	95.17	91.68	7.54	37.71
Abril	402.97	6085.34	94.97	93.68	6.93	32.96
Mayo	410.36	5962.56	94.63	90.50	7.33	31.27
Junio	451.77	6073.94	94.68	92.47	6.68	28.15
Julio	443.27	6701.24	95.26	93.78	6.29	29.46
Agosto	433.56	6699.38	94.33	92.17	5.98	31.25
Setiembre	439.07	7000.77	95.12	94.19	5.70	30.44
Octubre	357.68	6731.46	93.48	90.95	6.23	37.02
Noviembre	369.91	7564.99	95.22	92.23	6.40	35.84
Diciembre	341.44	7065.40	94.77	91.32	6.41	39.29

**Tabla N°19. Información ponderada de cargas, velocidades y distancias año 2014.**

Año 2014	Carga Promedio (t)	Velocidad Vacío (km/h)	Velocidad Cargado (km/h)	Distancia Vacío (km)	Distancia Cargado (km)	EFH Cargado (km)	EFH Vacío (km)
Enero	235.69	25.24	14.90	4.41	4.34	11.37	6.24
Febrero	235.54	23.65	12.86	4.46	4.40	12.53	6.27
Marzo	234.25	20.36	13.00	4.74	4.79	12.71	6.73
Abril	233.40	21.34	12.33	4.19	4.06	11.57	6.03
Mayo	233.78	20.35	12.27	4.47	4.32	12.35	6.42
Junio	235.53	23.61	12.47	4.14	4.26	13.27	6.10
Julio	235.26	27.26	15.07	4.85	5.17	13.76	6.85
Agosto	234.37	28.39	15.21	4.96	5.14	13.96	6.97
Setiembre	234.65	27.72	16.64	5.26	5.70	13.73	7.22

**Tabla N°20. Información ponderada de productividad, rendimiento, utilización y tiempos de ciclo año 2014.**

Año 2014	Productividad (t/h)	Rendimiento (t.km/h)	Uso (%)	Usage (%)	Tiempo Esperas (min)	Tiempo de Ciclo (min)
Enero	356.80	7246.57	94.54	88.24	6.18	37.36
Febrero	316.34	6658.08	91.81	87.43	5.77	40.94
Marzo	278.67	6036.21	92.22	88.93	5.89	45.77
Abril	318.39	6232.16	94.10	91.92	6.08	41.20
Mayo	294.42	6238.05	93.84	92.05	5.52	43.36
Junio	318.92	7190.03	94.44	92.89	5.60	40.01
Julio	319.20	7710.92	95.40	94.09	5.49	39.97
Agosto	328.46	7966.38	95.39	93.81	5.57	39.49
Setiembre	316.37	7638.31	95.13	93.12	5.64	41.02

### 3.2.3.2. Organización de información de precipitaciones pluviales

Los datos de precipitaciones pluviales fueron obtenidos a través de los registros diarios de la estación de La Quinua. Para esto se organizó la información de precipitaciones acumuladas mensuales por año como se muestra a continuación:

**Tabla N°21. Datos de precipitaciones pluviales de la Estación La Quinua.**

Precipitaciones pluviales (mm)						
MES / AÑO	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Enero	304.80	88.38	129.05	315.74	105.66	119.63
Febrero	177.04	202.93	94.99	149.85	162.79	194.60
Marzo	267.73	305.56	287.52	111.24	307.33	170.94
Abril	205.72	124.47	264.16	219.68	114.81	156.45
Mayo	119.64	101.10	16.77	131.34	177.55	129.03
Junio	62.92	29.47	2.53	11.50	32.77	3.30
Julio	27.17	39.10	47.73	0.00	0.00	20.82
Agosto	19.81	4.36	2.28	18.03	0.00	8.13
Setiembre	18.53	0.00	78.22	22.10	34.29	119.13
Octubre	233.16	135.63	122.68	187.45	157.64	-
Noviembre	138.94	168.64	163.56	299.21	57.66	-
Diciembre	200.39	82.28	191.74	47.75	154.44	-

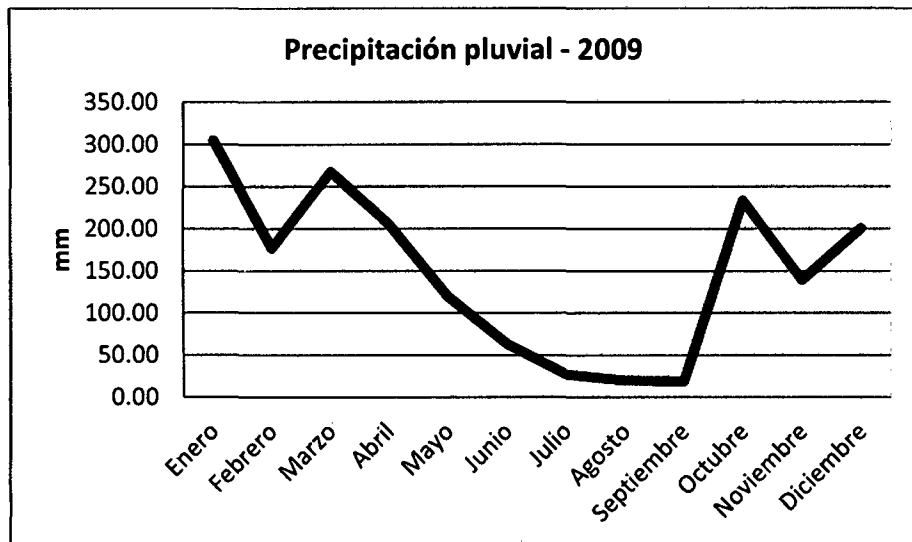


Figura N°13. Precipitaciones pluviales mensuales año 2009.

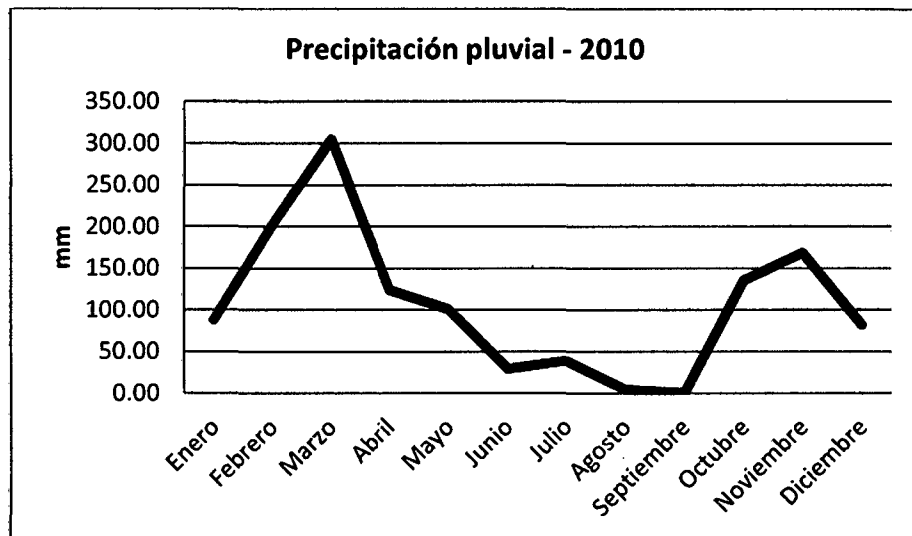


Figura N°14. Precipitaciones pluviales mensuales año 2010.

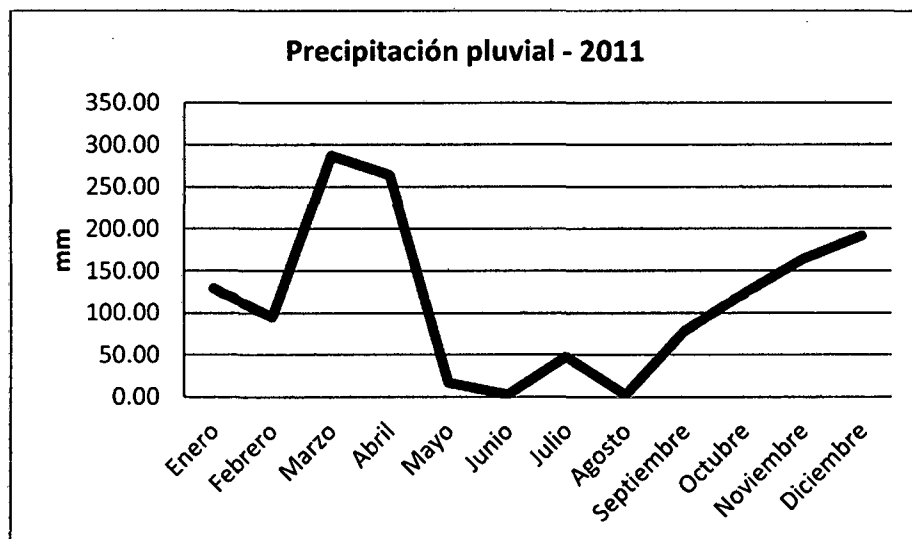


Figura N°15. Precipitaciones pluviales mensuales año 2011.

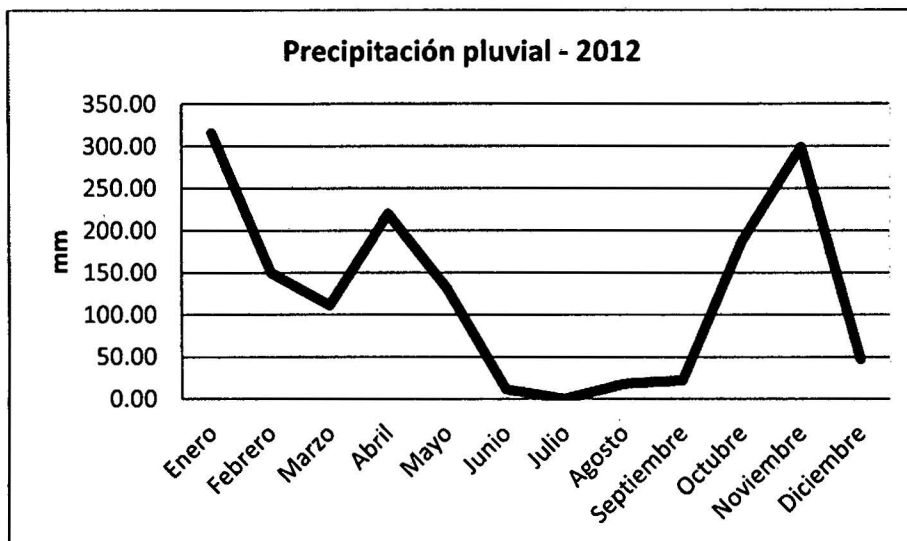


Figura N°16. Precipitaciones pluviales mensuales año 2012.

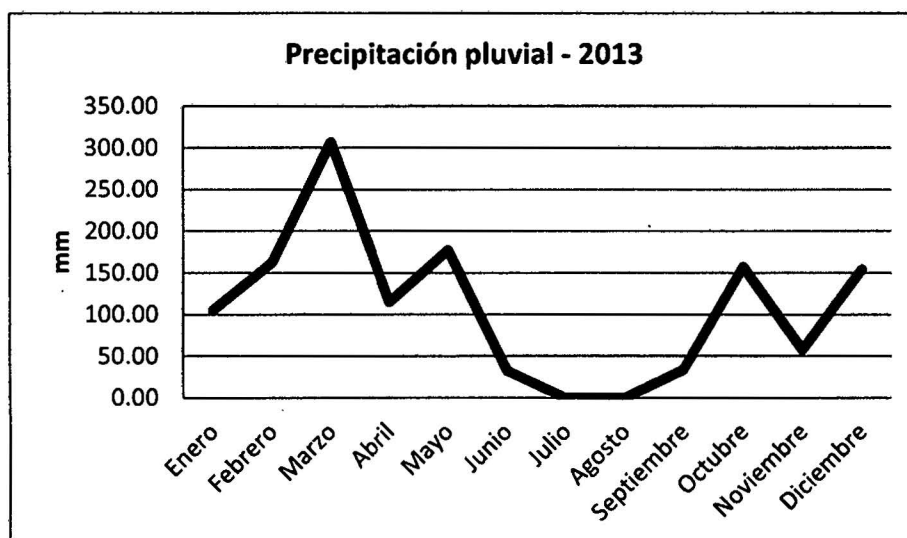


Figura N°17. Precipitaciones pluviales mensuales año 2013.

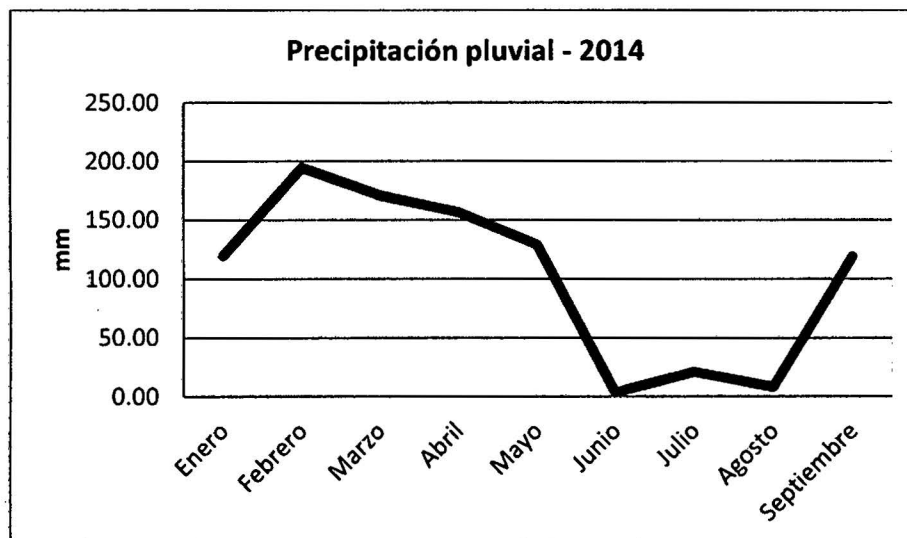


Figura N°18. Precipitaciones pluviales mensuales año 2014.

### 3.2.4. Procesamiento de la información

Para analizar la información de acuerdo a lo requerido por la investigación, se elaboró una comparación de las productividades y rendimientos de los camiones en los meses que comprenden la temporada de lluvias con respecto a la época de estiaje, calculando la diferencia en porcentaje de la siguiente manera:

$$\text{Diferencia (\%)} = \frac{\text{Promedio época estiaje} - \text{Promedio época de lluvia}}{\text{Promedio época estiaje}}$$

Además se realizó un análisis de correlación para determinar la relación de causa-efecto que tienen las precipitaciones pluviales en los parámetros de productividad y rendimiento de los camiones.

#### 3.2.4.1. Procesamiento de la información año 2009

Se procesó la información del año 2009, encontrando la diferencia de productividad y rendimiento entre la época de lluvia y la época de estiaje, considerando la diferencia de promedios entre éstos periodos. Para definir las épocas se utilizaron los datos meteorológicos, se priorizó la información general de época de lluvia (octubre a marzo) y época seca (abril a setiembre) para la provincia de Cajamarca, además de reclasificar los meses según sus valores de precipitaciones pluviales recopilados de la estación meteorológica La Quinua.

**Tabla N°22.** Diferencia de la productividad y rendimiento entre la temporada de lluvia y la época de estiaje año 2009.

Año 2009		Productividad (t/h)	Rendimiento (t.km/h)
Meses de Lluvia	Enero	392.27	9666.09
	Febrero	397.72	10373.94
	Marzo	390.99	10044.17
	Abril	395.66	9870.30
	Octubre	392.08	8322.02
	Noviembre	392.49	8281.94
	Diciembre	373.19	8348.34
	Promedio	390.63	9272.40
Meses de Estiaje	Mayo	409.46	9819.53
	Junio	408.42	9843.74
	Julio	415.82	9920.99
	Agosto	404.45	8805.91
	Setiembre	404.17	8719.50
		Promedio	408.46
Diferencia		4.37%	1.59%



Se evaluó la relación entre las variables con respecto a la precipitación pluvial, a través del índice de correlación (coeficiente de Pearson). Las variables estudiadas fueron la productividad, rendimiento, carga promedio, velocidades, distancias, EFH, uso, usage, tiempo de esperas y tiempo de ciclo.

**Tabla N°23.** Índice de correlación de productividad y rendimiento con respecto a la precipitación pluvial año 2009.

MES	Precipitación (mm)	Productividad (t/h)	Rendimiento (t.km/h)
Enero	304.80	392.27	9666.09
Febrero	177.04	397.72	10373.94
Marzo	267.73	390.99	10044.17
Abril	205.72	395.66	9870.30
Mayo	119.64	409.46	9819.53
Junio	62.92	408.42	9843.74
Julio	27.17	415.82	9920.99
Agosto	19.81	404.45	8805.91
Setiembre	18.53	404.17	8719.50
Octubre	233.16	392.08	8322.02
Noviembre	138.94	392.49	8281.94
Diciembre	200.39	373.19	8348.34
<b>Índice de correlación</b>		<b>-0.697</b>	<b>0.105</b>

**Tabla N°24.** Índice de correlación de carga promedio y velocidades con respecto a la precipitación pluvial año 2009.

MES	Precipitación (mm)	Carga Promedio (t)	Velocidad Vacio (km/h)	Velocidad Cargado (km/h)
Enero	304.80	240.19	34.70	16.02
Febrero	177.04	240.85	23.14	16.54
Marzo	267.73	241.00	36.56	17.87
Abril	205.72	238.42	36.69	18.58
Mayo	119.64	236.97	37.63	19.29
Junio	62.92	237.76	38.25	18.88
Julio	27.17	236.49	38.46	17.90
Agosto	19.81	233.95	30.32	17.69
Setiembre	18.53	230.71	30.79	18.33
Octubre	233.16	228.64	32.41	17.59
Noviembre	138.94	230.46	32.42	17.82
Diciembre	200.39	233.29	30.48	16.53
<b>Índice de correlación</b>		<b>0.328</b>	<b>-0.034</b>	<b>-0.507</b>

**Tabla N°25.** Índice de correlación de distancias y EFH con respecto a la precipitación pluvial año 2009.

MES	Precipitación (mm)	Distancia Vacio (km)	Distancia Cargado (km)	EFH Cargado (km)	EFH Vacio (km)
Enero	304.80	4.57	4.37	12.04	6.13
Febrero	177.04	4.86	4.54	12.90	6.66
Marzo	267.73	5.15	4.63	12.20	6.90
Abril	205.72	5.11	4.79	11.97	6.62
Mayo	119.64	4.97	4.72	11.25	6.39
Junio	62.92	5.06	4.72	11.33	6.47
Julio	27.17	4.84	4.63	11.85	6.21
Agosto	19.81	5.06	4.76	12.14	6.41
Setiembre	18.53	5.28	4.81	12.12	6.67
Octubre	233.16	5.25	4.88	12.03	6.94
Noviembre	138.94	5.11	5.05	12.18	6.73
Diciembre	200.39	4.88	4.89	12.95	6.64
<b>Índice de correlación</b>		<b>-0.290</b>	<b>-0.279</b>	<b>0.303</b>	<b>0.269</b>

**Tabla N°26.** Índice de correlación de utilización y tiempos de ciclo con respecto a la precipitación pluvial año 2009.

MES	Precipitación (mm)	Uso (%)	Usage (%)	Tiempo Esperas (min)	Tiempo de Ciclo (min)
Enero	304.80	95.99	94.85	6.77	32.46
Febrero	177.04	94.85	93.69	6.41	31.97
Marzo	267.73	93.52	91.77	7.30	32.66
Abril	205.72	94.66	94.00	7.07	32.27
Mayo	119.64	94.87	92.43	7.01	30.97
Junio	62.92	94.93	94.55	6.95	31.17
Julio	27.17	95.02	94.60	6.52	30.81
Agosto	19.81	94.80	94.32	6.15	33.96
Setiembre	18.53	95.79	95.35	5.62	33.82
Octubre	233.16	94.78	94.27	5.47	34.61
Noviembre	138.94	94.98	92.60	5.22	34.57
Diciembre	200.39	95.15	93.57	5.70	36.12
<b>Índice de correlación</b>		<b>-0.189</b>	<b>-0.357</b>	<b>0.199</b>	<b>0.185</b>

### 3.2.4.2. Procesamiento de la información año 2010

**Tabla N°27.** Diferencia de la productividad y rendimiento entre la temporada de lluvia y la época de estiaje año 2010.

Año 2010		Productividad (t/h)	Rendimiento (t.km/h)
Meses de Lluvia	Enero	383.39	8655.91
	Febrero	367.05	8678.43
	Marzo	349.16	7863.14
	Abril	359.50	7975.89
	Octubre	315.91	8299.67
	Noviembre	287.52	7851.72
	Diciembre	298.76	7822.64
	Promedio	337.33	8163.91
Meses de Estiaje	Mayo	351.58	8225.99
	Junio	351.22	8419.85
	Julio	308.55	8378.23
	Agosto	315.24	8443.71
	Setiembre	312.88	8614.82
	Promedio	327.89	8416.52
Diferencia		-2.88%	3.00%

**Tabla N°28.** Índice de correlación de productividad y rendimiento con respecto a la precipitación pluvial año 2010.

MES	Precipitación (mm)	Productividad (t/h)	Rendimiento (t.km/h)
Enero	88.38	383.39	8655.91
Febrero	202.93	367.05	8678.43
Marzo	305.56	349.16	7863.14
Abril	124.47	359.50	7975.89
Mayo	101.10	351.58	8225.99
Junio	29.47	351.22	8419.85
Julio	39.10	308.55	8378.23
Agosto	4.36	315.24	8443.71
Setiembre	0.00	312.88	8614.82
Octubre	135.63	315.91	8299.67
Noviembre	168.64	287.52	7851.72
Diciembre	82.28	298.76	7822.64
Índice de correlación		0.257	-0.450

**Tabla N°29.** Índice de correlación de carga promedio y velocidades con respecto a la precipitación pluvial año 2010.

MES	Precipitación (mm)	Carga Promedio (t)	Velocidad Vacio (km/h)	Velocidad Cargado (km/h)
Enero	88.38	233.02	33.07	16.72
Febrero	202.93	233.90	31.47	17.75
Marzo	305.56	235.17	28.06	16.07
Abril	124.47	236.00	29.03	15.64
Mayo	101.10	239.10	29.40	14.84
Junio	29.47	235.37	30.52	14.44
Julio	39.10	236.72	27.76	13.98
Agosto	4.36	236.70	30.36	13.48
Setiembre	0.00	235.58	30.77	13.32
Octubre	135.63	236.83	27.70	13.55
Noviembre	168.64	237.38	25.24	13.17
Diciembre	82.28	236.15	25.34	12.96
<b>Índice de correlación</b>		<b>-0.160</b>	<b>-0.245</b>	<b>0.523</b>

**Tabla N°30.** Índice de correlación de distancias y EFH con respecto a la precipitación pluvial año 2010.

MES	Precipitación (mm)	Distancia Vacio (km)	Distancia Cargado (km)	EFH Cargado (km)	EFH Vacio (km)
Enero	88.38	4.77	4.86	12.91	6.56
Febrero	202.93	5.06	5.20	13.28	7.12
Marzo	305.56	4.82	4.91	12.67	6.83
Abril	124.47	4.69	4.60	12.05	6.64
Mayo	101.10	4.65	4.52	12.62	6.61
Junio	29.47	4.70	4.51	13.22	6.67
Julio	39.10	4.55	4.95	14.80	7.20
Agosto	4.36	4.86	4.78	14.73	7.02
Setiembre	0.00	5.39	5.11	15.87	7.52
Octubre	135.63	5.12	4.98	14.98	7.06
Noviembre	168.64	5.35	5.27	15.81	7.37
Diciembre	82.28	5.27	4.90	14.89	7.18
<b>Índice de correlación</b>		<b>0.055</b>	<b>0.289</b>	<b>-0.377</b>	<b>-0.144</b>

**Tabla N°31.** Índice de correlación de utilización y tiempos de ciclo con respecto a la precipitación pluvial año 2010.

MES	Precipitación (mm)	Uso (%)	Usage (%)	Tiempo Esperas (min)	Tiempo de Ciclo (min)
Enero	88.38	95.32	94.55	5.79	34.97
Febrero	202.93	95.37	94.96	6.28	36.76
Marzo	305.56	94.86	93.58	6.38	38.45
Abril	124.47	95.26	94.62	7.02	37.45
Mayo	101.10	95.55	95.06	7.02	37.85
Junio	29.47	96.13	95.18	7.28	38.34
Julio	39.10	95.88	95.32	7.07	41.46
Agosto	4.36	95.76	95.51	6.73	40.65
Setiembre	0.00	95.35	95.01	7.05	42.94
Octubre	135.63	95.49	94.46	7.87	43.21
Noviembre	168.64	95.10	93.94	8.15	47.24
Diciembre	82.28	95.28	93.06	8.48	45.99
<b>Índice de correlación</b>		<b>-0.725</b>	<b>-0.561</b>	<b>-0.149</b>	<b>-0.139</b>

### 3.2.4.3. Procesamiento de la información año 2011

**Tabla N°32.** Diferencia de la productividad y rendimiento entre la temporada de lluvia y la época de estiaje año 2011.

Año 2011		Productividad (t/h)	Rendimiento (t.km/h)
Meses de Lluvia	Enero	330.97	7972.34
	Febrero	320.74	7793.98
	Marzo	291.33	7864.59
	Abril	289.20	7363.02
	Octubre	259.65	7767.16
	Noviembre	256.94	7587.08
	Diciembre	248.25	7770.12
	<b>Promedio</b>	<b>285.30</b>	<b>7731.18</b>
Meses de Estiaje	Mayo	346.47	8267.17
	Junio	311.26	8243.48
	Julio	300.53	8338.05
	Agosto	299.75	8190.46
	Setiembre	278.80	7836.30
	<b>Promedio</b>	<b>307.36</b>	<b>8175.09</b>
<b>Diferencia</b>		<b>7.18%</b>	<b>5.43%</b>

**Tabla N°33.** Índice de correlación de productividad y rendimiento con respecto a la precipitación pluvial año 2011.

MES	Precipitación (mm)	Productividad (t/h)	Rendimiento (t.km/h)
Enero	129.05	330.97	7972.34
Febrero	94.99	320.74	7793.98
Marzo	287.52	291.33	7864.59
Abril	264.16	289.20	7363.02
Mayo	16.77	346.47	8267.17
Junio	2.53	311.26	8243.48
Julio	47.73	300.53	8338.05
Agosto	2.28	299.75	8190.46
Setiembre	78.22	278.80	7836.30
Octubre	122.68	259.65	7767.16
Noviembre	163.56	256.94	7587.08
Diciembre	191.74	248.25	7770.12
<b>Indice de correlación</b>		<b>-0.449</b>	<b>-0.778</b>

**Tabla N°34.** Índice de correlación de carga promedio y velocidades con respecto a la precipitación pluvial año 2011.

MES	Precipitación (mm)	Carga Promedio (t)	Velocidad Vacío (km/h)	Velocidad Cargado (km/h)
Enero	129.05	235.84	26.65	14.06
Febrero	94.99	236.30	25.70	13.69
Marzo	287.52	238.66	25.74	14.30
Abril	264.16	237.69	24.25	14.56
Mayo	16.77	235.28	29.76	15.12
Junio	2.53	233.35	29.53	14.45
Julio	47.73	232.55	29.68	14.40
Agosto	2.28	233.71	28.94	13.23
Setiembre	78.22	237.47	26.60	13.16
Octubre	122.68	237.70	26.87	13.71
Noviembre	163.56	237.62	25.30	12.98
Diciembre	191.74	239.23	24.73	12.61
<b>Índice de correlación</b>		<b>0.801</b>	<b>-0.851</b>	<b>-0.101</b>

**Tabla N°35.** Índice de correlación de distancias y EFH con respecto a la precipitación pluvial año 2011.

MES	Precipitación (mm)	Distancia Vacío (km)	Distancia Cargado (km)	EFH Cargado (km)	EFH Vacío (km)
Enero	129.05	5.03	4.79	13.72	6.81
Febrero	94.99	5.01	4.76	13.98	6.86
Marzo	287.52	5.72	5.45	15.15	7.71
Abril	264.16	5.70	5.45	14.44	7.59
Mayo	16.77	5.15	5.01	13.52	6.83
Junio	2.53	5.40	5.27	15.26	7.29
Julio	47.73	5.63	5.61	16.49	7.74
Agosto	2.28	5.38	5.15	15.93	7.43
Setiembre	78.22	5.54	5.32	16.10	7.69
Octubre	122.68	6.30	6.01	17.16	8.52
Noviembre	163.56	5.95	5.75	17.03	8.30
Diciembre	191.74	6.28	5.89	18.10	8.67
<b>Índice de correlación</b>		<b>0.450</b>	<b>0.352</b>	<b>0.100</b>	<b>0.388</b>

**Tabla N°36.** Índice de correlación de Utilización y Tiempos de ciclo con respecto a la precipitación pluvial año 2011.

MES	Precipitación (mm)	Uso (%)	Usage (%)	Tiempo Esperas (min)	Tiempo de Ciclo (min)
Enero	129.05	95.07	93.93	8.19	42.18
Febrero	94.99	94.35	92.63	8.17	43.17
Marzo	287.52	95.08	93.83	8.60	47.29
Abril	264.16	94.81	93.24	9.26	48.66
Mayo	16.77	95.12	92.96	8.38	40.81
Junio	2.53	95.16	94.17	8.17	43.60
Julio	47.73	95.12	94.00	7.84	45.21
Agosto	2.28	95.34	94.51	8.34	45.50
Setiembre	78.22	95.05	92.53	8.87	48.60
Octubre	122.68	95.19	81.28	8.72	52.08
Noviembre	163.56	95.15	92.11	9.17	52.88
Diciembre	191.74	95.42	92.96	8.77	54.72
<b>Índice de correlación</b>		<b>-0.138</b>	<b>-0.072</b>	<b>0.622</b>	<b>0.518</b>

### 3.2.4.4. Procesamiento de la información año 2012

**Tabla N°37.** Diferencia de la productividad y rendimiento entre la temporada de lluvia y la época de estiaje año 2012.

Año 2012		Productividad (t/h)	Rendimiento (t.km/h)
Meses de Lluvia	Enero	230.46	7431.01
	Febrero	248.65	7320.26
	Marzo	301.73	7492.30
	Abril	333.74	7395.85
	Mayo	358.44	7379.88
	Octubre	438.59	6232.71
	Noviembre	359.30	6125.42
	Diciembre	404.51	6897.26
	Promedio	334.43	7034.34
Meses de Estiaje	Junio	363.64	8106.50
	Julio	413.67	7893.34
	Agosto	455.37	7936.39
	Setiembre	442.76	7719.06
	Promedio	418.86	7913.82
Diferencia		20.16%	11.11%

**Tabla N°38.** Índice de correlación de productividad y rendimiento con respecto a la precipitación pluvial año 2012.

MES	Precipitación (mm)	Productividad (t/h)	Rendimiento (t.km/h)
Enero	315.74	230.46	7431.01
Febrero	149.85	248.65	7320.26
Marzo	111.24	301.73	7492.30
Abril	219.68	333.74	7395.85
Mayo	131.34	358.44	7379.88
Junio	11.50	363.64	8106.50
Julio	0.00	413.67	7893.34
Agosto	18.03	455.37	7936.39
Setiembre	22.10	442.76	7719.06
Octubre	187.45	438.59	6232.71
Noviembre	299.21	359.30	6125.42
Diciembre	47.75	404.51	6897.26
Índice de correlación		-0.591	-0.630

**Tabla N°39.** Índice de correlación de carga promedio y velocidades con respecto a la precipitación pluvial año 2012.

MES	Precipitación (mm)	Carga Promedio (t)	Velocidad Vacio (km/h)	Velocidad Cargado (km/h)
Enero	315.74	237.10	22.88	12.21
Febrero	149.85	236.52	22.63	12.00
Marzo	111.24	237.87	24.82	14.07
Abril	219.68	236.04	24.71	14.45
Mayo	131.34	235.76	25.32	14.15
Junio	11.50	236.39	27.67	14.66
Julio	0.00	237.75	27.61	15.03
Agosto	18.03	237.19	28.18	14.93
Setiembre	22.10	236.76	26.10	15.28
Octubre	187.45	236.88	21.12	15.20
Noviembre	299.21	237.61	20.10	14.13
Diciembre	47.75	237.74	24.24	14.52
<b>Indice de correlación</b>		<b>-0.097</b>	<b>-0.820</b>	<b>-0.557</b>

**Tabla N°40.** Índice de correlación de distancias y EFH con respecto a la precipitación pluvial año 2012.

MES	Precipitación (mm)	Distancia Vacio (km)	Distancia Cargado (km)	EFH Cargado (km)	EFH Vacio (km)
Enero	315.74	6.44	5.92	19.03	9.06
Febrero	149.85	5.66	5.23	16.85	8.03
Marzo	111.24	5.20	5.14	15.27	8.20
Abril	219.68	4.45	4.43	12.24	7.03
Mayo	131.34	3.88	4.03	11.44	6.20
Junio	11.50	4.09	4.17	12.05	6.52
Julio	0.00	3.90	3.58	9.64	6.05
Agosto	18.03	3.58	3.15	8.60	5.63
Setiembre	22.10	3.44	3.19	8.35	5.37
Octubre	187.45	3.21	2.56	5.96	5.06
Noviembre	299.21	3.65	2.96	7.68	5.66
Diciembre	47.75	3.69	3.26	8.46	5.50
<b>Indice de correlación</b>		<b>0.448</b>	<b>0.324</b>	<b>0.329</b>	<b>0.416</b>

**Tabla N°41.** Índice de correlación de utilización y tiempos de ciclo con respecto a la precipitación pluvial año 2012.

MES	Precipitación (mm)	Uso (%)	Usage (%)	Tiempo Esperas (min)	Tiempo de Ciclo (min)
Enero	315.74	94.56	92.33	9.75	58.93
Febrero	149.85	95.24	94.20	9.74	54.24
Marzo	111.24	91.87	89.99	8.41	46.74
Abril	219.68	93.39	91.76	8.07	40.14
Mayo	131.34	93.19	91.22	8.20	37.28
Junio	11.50	95.09	93.30	8.12	36.79
Julio	0.00	94.65	92.52	7.25	32.44
Agosto	18.03	95.52	90.37	7.17	29.83
Setiembre	22.10	96.36	92.44	7.59	30.45
Octubre	187.45	94.62	85.59	7.98	30.01
Noviembre	299.21	94.39	93.14	7.22	33.79
Diciembre	47.75	95.64	93.93	6.97	32.58
<b>Indice de correlación</b>		<b>-0.355</b>	<b>-0.110</b>	<b>0.469</b>	<b>0.512</b>



### 3.2.4.5. Análisis de la información año 2013

**Tabla N°42.** Diferencia de la productividad y rendimiento entre la temporada de lluvia y la época de estiaje año 2013.

Año 2013		Productividad (t/h)	Rendimiento (t.km/h)
Meses de Lluvia	Enero	382.01	7002.91
	Febrero	364.48	6886.47
	Marzo	349.46	6196.49
	Abril	402.97	6085.34
	Mayo	410.36	5962.56
	Octubre	357.68	6731.46
	Noviembre	369.91	7564.99
	Diciembre	341.44	7065.40
	Promedio	372.29	6686.95
Meses de Estiaje	Junio	451.77	6073.94
	Julio	443.27	6701.24
	Agosto	433.56	6699.38
	Setiembre	439.07	7000.77
	Promedio	441.92	6618.83
Diferencia		15.76%	-1.03%

**Tabla N°43.** Índice de correlación de productividad y rendimiento con respecto a la precipitación pluvial año 2013.

MES	Precipitación (mm)	Productividad (t/h)	Rendimiento (t.km/h)
Enero	105.66	382.01	7002.91
Febrero	162.79	364.48	6886.47
Marzo	307.33	349.46	6196.49
Abril	114.81	402.97	6085.34
Mayo	177.55	410.36	5962.56
Junio	32.77	451.77	6073.94
Julio	0.00	443.27	6701.24
Agosto	0.00	433.56	6699.38
Setiembre	34.29	439.07	7000.77
Octubre	157.64	357.68	6731.46
Noviembre	57.66	369.91	7564.99
Diciembre	154.44	341.44	7065.40
Índice de correlación		-0.752	-0.301

**Tabla N°44.** Índice de correlación de carga promedio y velocidades con respecto a la precipitación pluvial año 2013.

MES	Precipitación (mm)	Carga Promedio (t)	Velocidad Vacio (km/h)	Velocidad Cargado (km/h)
Enero	105.66	238.63	24.36	15.01
Febrero	162.79	237.34	23.22	15.00
Marzo	307.33	235.41	21.55	14.09
Abril	114.81	233.94	21.64	13.74
Mayo	177.55	234.68	21.13	13.93
Junio	32.77	234.96	21.78	13.89
Julio	0.00	234.98	23.18	13.95
Agosto	0.00	235.64	24.01	14.73
Setiembre	34.29	236.50	25.79	14.76
Octubre	157.64	236.11	22.81	14.01
Noviembre	57.66	235.62	26.40	15.96
Diciembre	154.44	234.64	23.73	14.86
<b>Indice de correlación</b>		<b>-0.001</b>	<b>-0.490</b>	<b>-0.183</b>

**Tabla N°45.** Índice de correlación de distancias y EFH con respecto a la precipitación pluvial año 2013.

MES	Precipitación (mm)	Distancia Vacio (km)	Distancia Cargado (km)	EFH Cargado (km)	EFH Vacio (km)
Enero	105.66	4.17	3.84	9.54	6.10
Febrero	162.79	4.14	3.88	9.78	6.17
Marzo	307.33	3.98	3.66	9.33	6.19
Abril	114.81	3.35	3.04	8.11	5.27
Mayo	177.55	3.17	2.75	7.02	4.83
Junio	32.77	2.85	2.54	6.43	4.08
Julio	0.00	3.12	2.83	7.79	4.43
Agosto	0.00	3.50	3.29	8.35	4.89
Setiembre	34.29	3.53	3.31	8.47	4.86
Octubre	157.64	4.23	3.82	10.30	6.03
Noviembre	57.66	4.30	4.39	11.08	6.07
Diciembre	154.44	4.56	4.45	11.56	6.67
<b>Indice de correlación</b>		<b>0.428</b>	<b>0.309</b>	<b>0.306</b>	<b>0.620</b>

**Tabla N°46.** Índice de correlación de utilización y tiempos de ciclo con respecto a la precipitación pluvial año 2013.

MES	Precipitación (mm)	Uso (%)	Usage (%)	Tiempo Esperas (min)	Tiempo de Ciclo (min)
Enero	105.66	95.68	94.83	6.63	35.29
Febrero	162.79	95.57	93.24	7.29	36.66
Marzo	307.33	95.17	91.68	7.54	37.71
Abril	114.81	94.97	93.68	6.93	32.96
Mayo	177.55	94.63	90.50	7.33	31.27
Junio	32.77	94.68	92.47	6.68	28.15
Julio	0.00	95.26	93.78	6.29	29.46
Agosto	0.00	94.33	92.17	5.98	31.25
Setiembre	34.29	95.12	94.19	5.70	30.44
Octubre	157.64	93.48	90.95	6.23	37.02
Noviembre	57.66	95.22	92.23	6.40	35.84
Diciembre	154.44	94.77	91.32	6.41	39.29
<b>Indice de correlación</b>		<b>0.001</b>	<b>-0.447</b>	<b>0.754</b>	<b>0.687</b>

### 3.2.4.6. Análisis de la información año 2014

**Tabla N°47.** Diferencia de la productividad y rendimiento entre la temporada de lluvia y la época de estiaje año 2014.

Año 2014		Productividad (t/h)	Rendimiento (t.km/h)
Meses de Lluvia	Enero	356.80	7246.57
	Febrero	316.34	6658.08
	Marzo	278.67	6036.21
	Abril	318.39	6232.16
	Mayo	294.42	6238.05
	Setiembre	316.37	7638.31
	Promedio	313.50	6674.89
Meses de Estiaje	Junio	318.92	7190.03
	Julio	319.20	7710.92
	Agosto	328.46	7966.38
	Promedio	322.20	7622.44
Diferencia		2.70%	12.43%

**Tabla N°48.** Índice de correlación de productividad y rendimiento con respecto a la precipitación pluvial año 2014.

MES	Precipitación (mm)	Productividad (t/h)	Rendimiento (t.km/h)
Enero	119.63	356.80	7246.57
Febrero	194.60	316.34	6658.08
Marzo	170.94	278.67	6036.21
Abril	156.45	318.39	6232.16
Mayo	129.03	294.42	6238.05
Junio	3.30	318.92	7190.03
Julio	20.82	319.20	7710.92
Agosto	8.13	328.46	7966.38
Setiembre	119.13	316.37	7638.31
Índice de correlación		-0.317	-0.741

**Tabla N°49.** Índice de correlación de carga promedio y velocidades con respecto a la precipitación pluvial año 2014.

MES	Precipitación (mm)	Carga Promedio (t)	Velocidad Vacio (km/h)	Velocidad Cargado (km/h)
Enero	119.63	235.69	25.24	14.90
Febrero	194.60	235.54	23.65	12.86
Marzo	170.94	234.25	20.36	13.00
Abril	156.45	233.40	21.34	12.33
Mayo	129.03	233.78	20.35	12.27
Junio	3.30	235.53	23.61	12.47
Julio	20.82	235.26	27.26	15.07
Agosto	8.13	234.37	28.39	15.21
Setiembre	119.13	234.65	27.72	16.64
Índice de correlación		-0.267	-0.589	-0.319

**Tabla N°50.** Índice de correlación de distancias y EFH con respecto a la precipitación pluvial año 2014.

MES	Precipitación (mm)	Distancia Vacio (km)	Distancia Cargado (km)	EFH Cargado (km)	EFH Vacio (km)
Enero	119.63	4.41	4.34	11.37	6.24
Febrero	194.60	4.46	4.40	12.53	6.27
Marzo	170.94	4.74	4.79	12.71	6.73
Abril	156.45	4.19	4.06	11.57	6.03
Mayo	129.03	4.47	4.32	12.35	6.42
Junio	3.30	4.14	4.26	13.27	6.10
Julio	20.82	4.85	5.17	13.76	6.85
Agosto	8.13	4.96	5.14	13.96	6.97
Setiembre	119.13	5.26	5.70	13.73	7.22
<b>Índice de correlación</b>		<b>-0.136</b>	<b>-0.287</b>	<b>-0.636</b>	<b>-0.240</b>

**Tabla N°51.** Índice de correlación de utilización y tiempos de ciclo con respecto a la precipitación pluvial año 2014.

MES	Precipitación (mm)	Uso (%)	Usage (%)	Tiempo Esperas (min)	Tiempo de Ciclo (min)
Enero	119.63	94.54	88.24	6.18	37.36
Febrero	194.60	91.81	87.43	5.77	40.94
Marzo	170.94	92.22	88.93	5.89	45.77
Abril	156.45	94.10	91.92	6.08	41.20
Mayo	129.03	93.84	92.05	5.52	43.36
Junio	3.30	94.44	92.89	5.60	40.01
Julio	20.82	95.40	94.09	5.49	39.97
Agosto	8.13	95.39	93.81	5.57	39.49
Setiembre	119.13	95.13	93.12	5.64	41.02
<b>Índice de correlación</b>		<b>-0.766</b>	<b>-0.754</b>	<b>0.555</b>	<b>0.469</b>

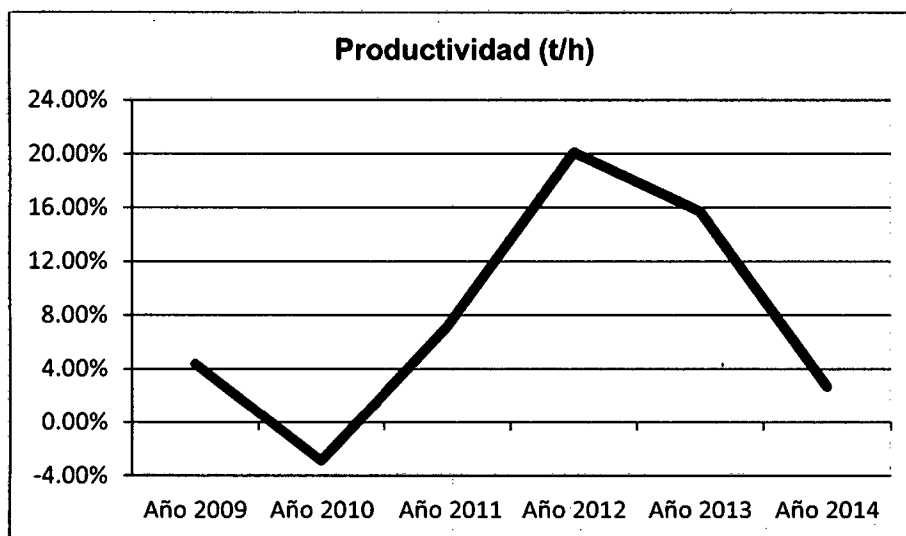
## CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 4.1. Diferencia entre la época seca y la época de lluvia

#### 4.1.1. Presentación de resultados

**Tabla N°52.** Diferencia por año entre los valores de productividad y rendimiento entre la época seca y la de lluvia.

<b>AÑO</b>	<b>Productividad</b>	<b>Rendimiento</b>
<b>2009</b>	4.37%	1.59%
<b>2010</b>	-2.88%	3.00%
<b>2011</b>	7.18%	5.43%
<b>2012</b>	20.16%	11.11%
<b>2013</b>	15.76%	-1.03%
<b>2014</b>	2.70%	12.43%



**Figura N°19.** Diferencia de productividad entre época seca y de lluvia por año.

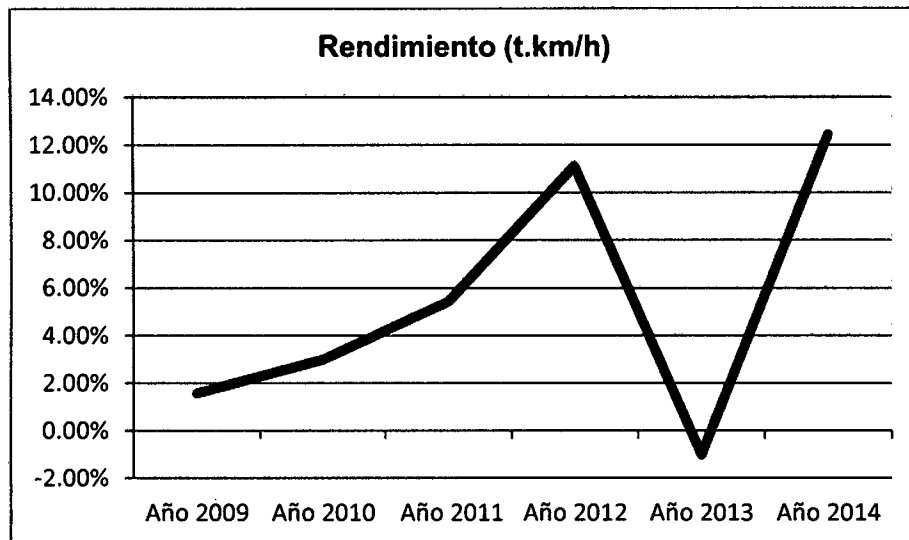
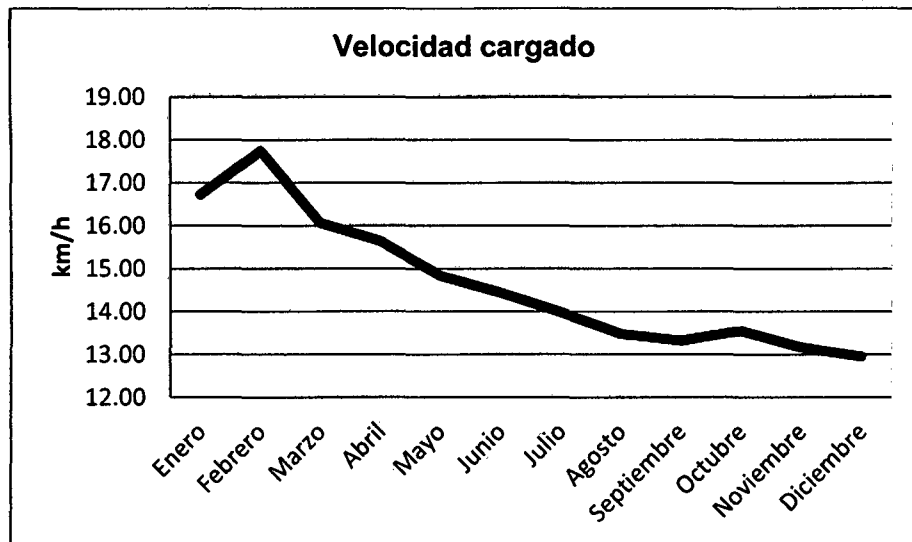


Figura N°20. Diferencia de rendimiento entre época seca y de lluvia por año.

#### 4.1.2. Discusión de resultados

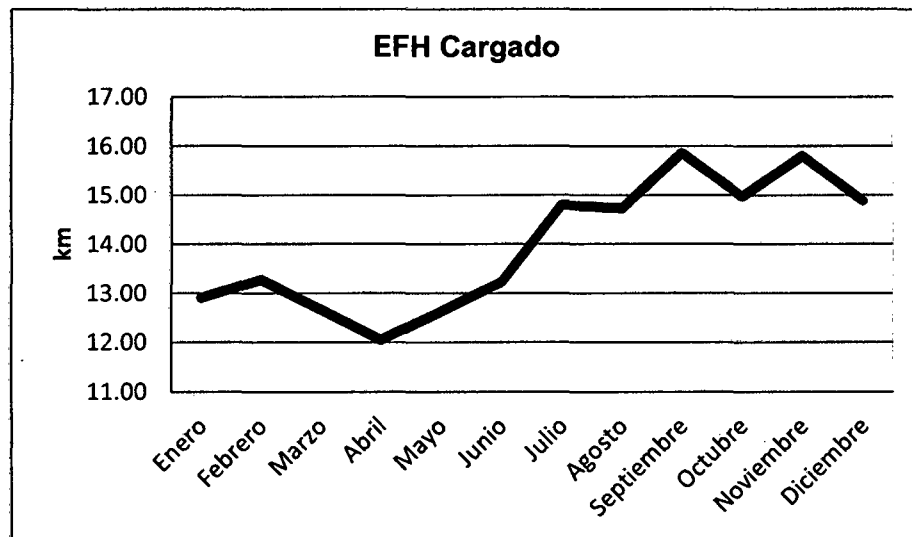
##### 4.1.2.1. Productividad en época seca vs. productividad en época de lluvia

La diferencia de productividad entre la época seca en comparación con la época de lluvia en el periodo de estudio, se aprecia que es mayor en la época seca en la todos los años a excepción del año 2010, estos resultados muestran que las precipitaciones pluviales durante la época de lluvias afectan hasta en 20.16% (año 2012) a la productividad de los camiones en comparación con la época seca. Por el contrario en el año 2010 se puede ver que en la época de lluvia se ha tenido valores mayores de productividad que en la época seca (2.88%), estos valores se explican debido a que en el año 2010, se tuvo un cambio notorio en las velocidades a lo largo del año como se puede apreciar en la figura N°21, esto eleva los valores del tiempo de ciclo y por lo tanto afecta la cantidad de material que se transporta por hora, se puede apreciar que este año el factor que ha condicionado la velocidad cargado es la pendiente del perfil de acarreo, esto se puede afirmar debido que el factor EFH aumenta sin tener cambios importantes en las distancias.



**Figura N°21.** Variación mensual de velocidad de camiones cargados del año 2010.

En las figuras N°22 y N°23 se puede apreciar que el EFH cargado tiene una tendencia a aumentar, pero la distancia cargado mantiene una tendencia a ser mayor en la época de lluvia y menor en la época seca (sin sufrir una variación considerable), esto quiere decir que el efecto de las pendientes del perfil de acarreo han tenido mayor influencia que las condiciones generadas por las precipitaciones pluviales.



**Figura N°22.** Variación mensual del EFH cargado del año 2010.

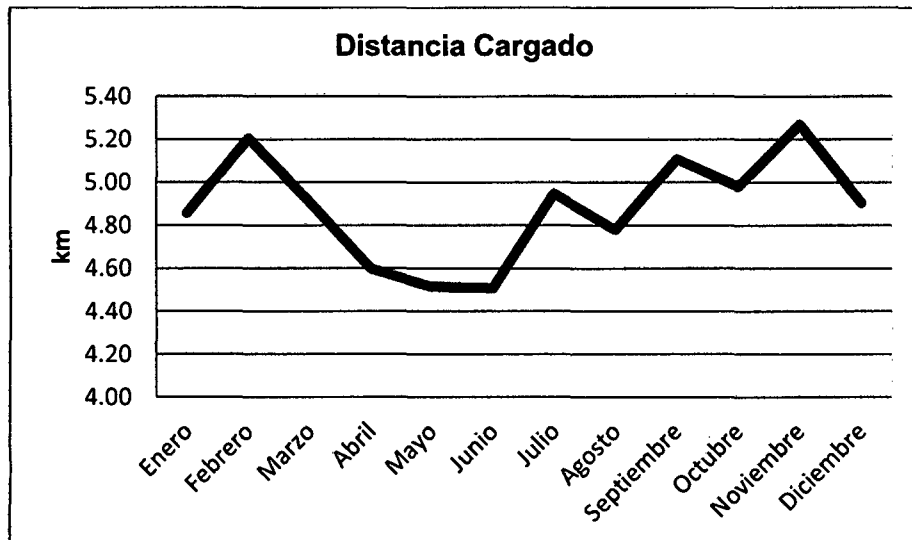


Figura N°23. Variación mensual de la distancia cargado del año 2010.

#### 4.1.2.3. Rendimiento en época seca vs. rendimiento en época de lluvia

En la tabla N°52 se puede apreciar que en la mayoría de los años en estudio (a excepción del año 2013) el rendimiento de los camiones en época seca es mayor que en época de lluvia, esto muestra que los efectos de las precipitaciones pluviales en época de lluvia disminuyen hasta en 12.43% (año 2014) el rendimiento de los camiones en comparación con la época seca.

Por el contrario en el año 2013 los valores de rendimiento en época de lluvia son mayores en 1.03% en comparación con la época seca, esto se debe al uso de rutas con mayor distancia para transporte de material de lastre. Se puede apreciar en la figura N°24 que las consecuencias de la lluvia entre los meses de enero a mayo se han extendido hacia los meses siguientes, por lo que los valores del rendimiento de los camiones se recuperaron lentamente.



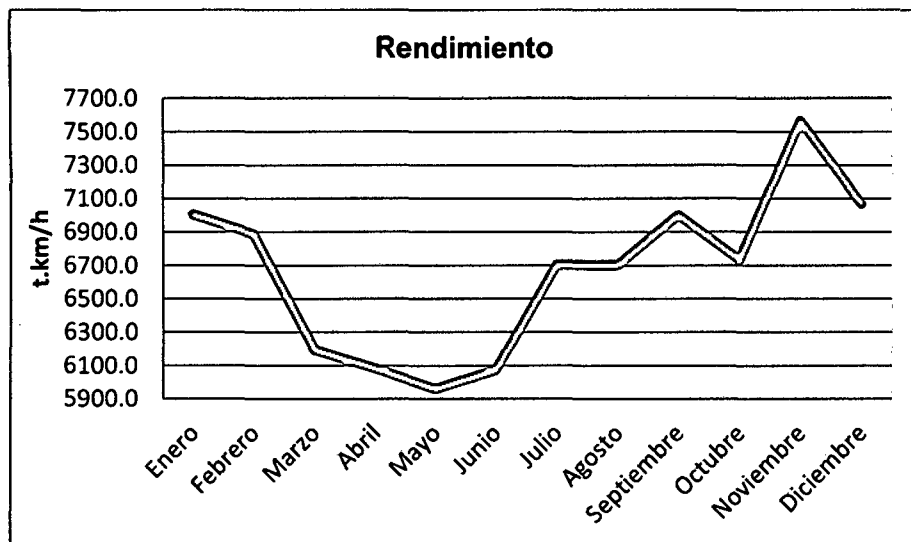


Figura N°24. Variación mensual del rendimiento del año 2013.

## 4.2. Relación entre los parámetros de la productividad y el rendimiento, y las precipitaciones pluviales

### 4.2.1. Presentación de resultados

Tabla N°53. Índice de correlación de productividad y rendimiento con respecto a la precipitación pluvial por año.

AÑO	Productividad	Rendimiento
2009	-0.697	0.105
2010	0.257	-0.450
2011	-0.449	-0.778
2012	-0.591	-0.630
2013	-0.752	-0.301
2014	-0.317	-0.741

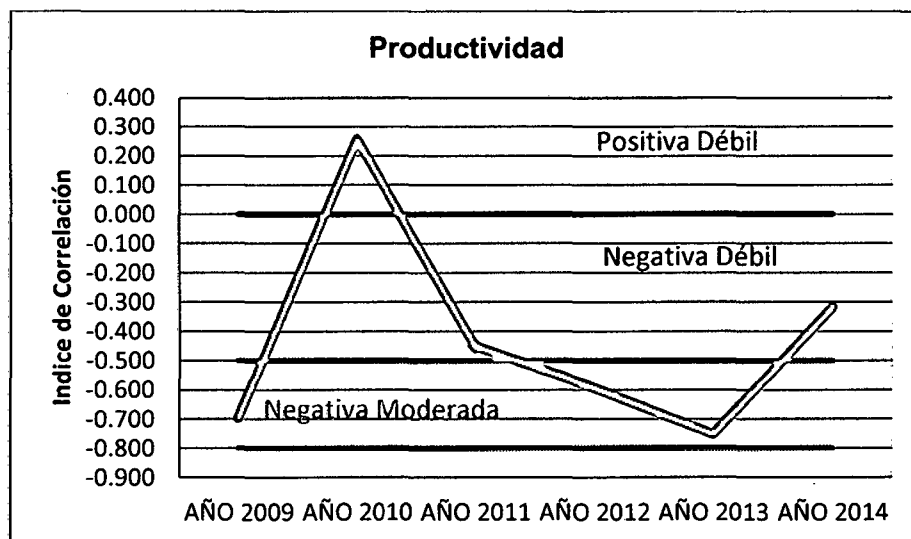


Figura N°25. Rangos de correlación de productividad por año.

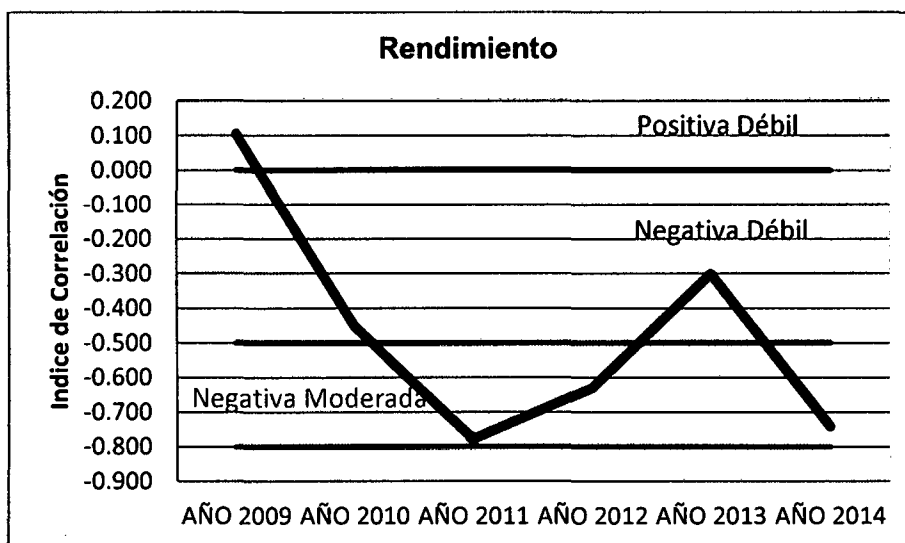


Figura N°26. Rangos de correlación de rendimiento por año.

Tabla N°54. Índice de correlación de carga promedio, velocidades y distancias con respecto a la precipitación pluvial por año.

AÑO	Carga Promedio	Velocidad Vacío	Velocidad Cargado	Distancia Vacío	Distancia Cargado
2009	0.328	-0.034	-0.507	-0.290	-0.279
2010	-0.160	-0.245	0.523	0.055	0.289
2011	0.801	-0.851	-0.101	0.450	0.352
2012	-0.097	-0.820	-0.557	0.448	0.324
2013	-0.001	-0.490	-0.183	0.428	0.309
2014	-0.267	-0.589	-0.319	-0.136	-0.287

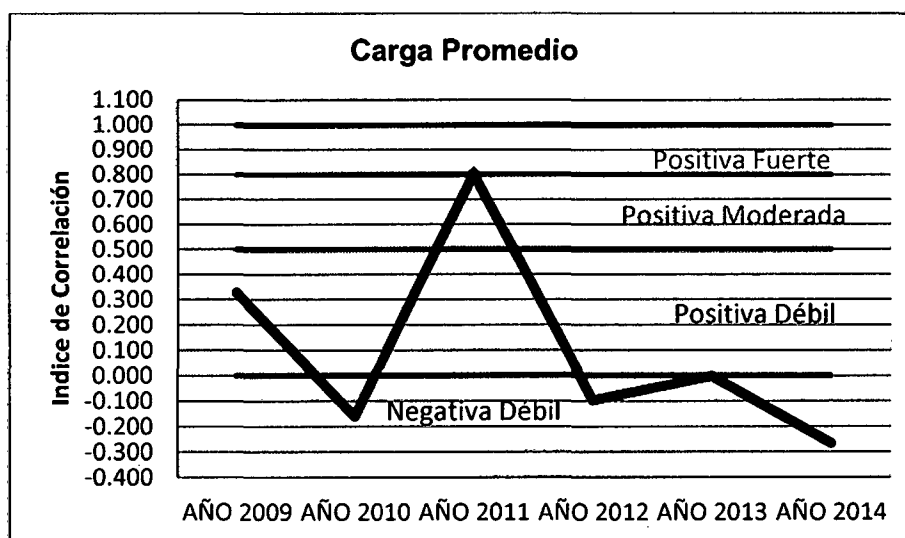


Figura N°27. Rangos de correlación de carga promedio por año.

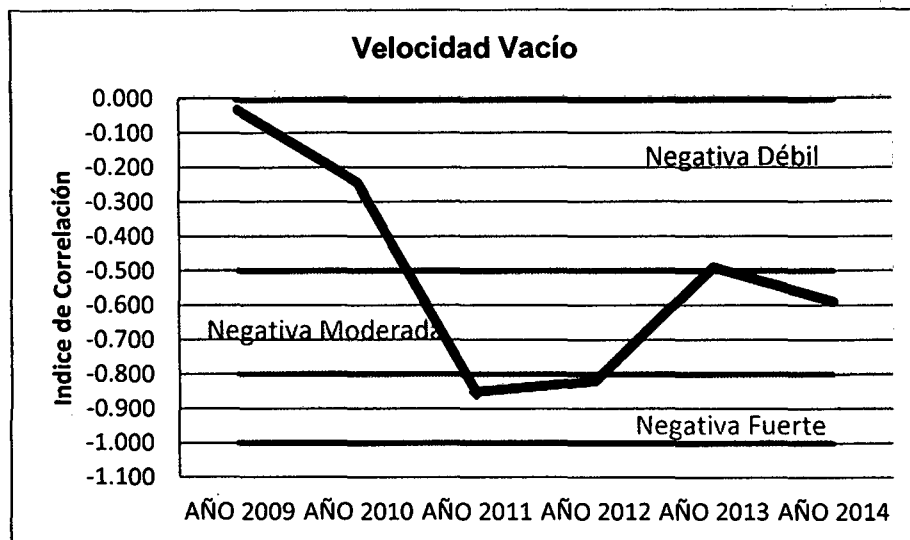


Figura N°28. Rangos de correlación de velocidad vacío por año.

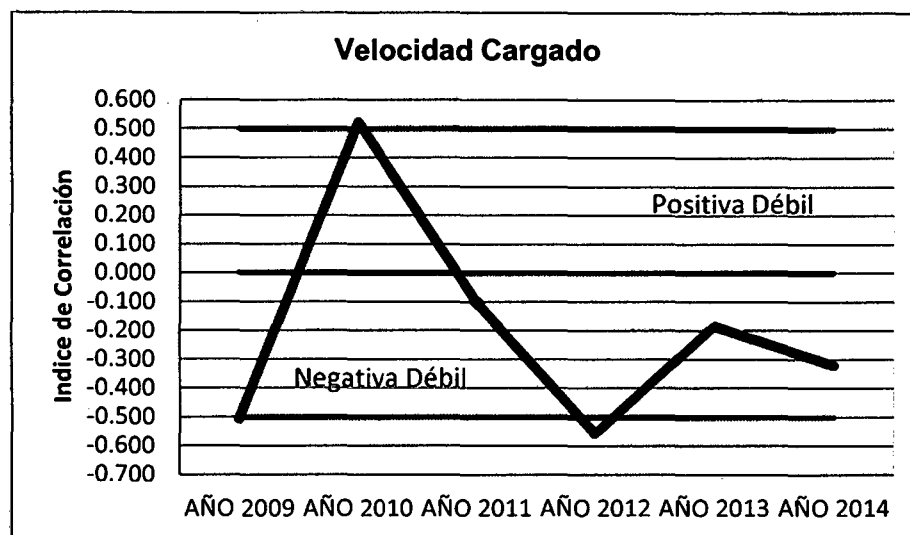


Figura N°29. Rangos de correlación de velocidad cargado por año.

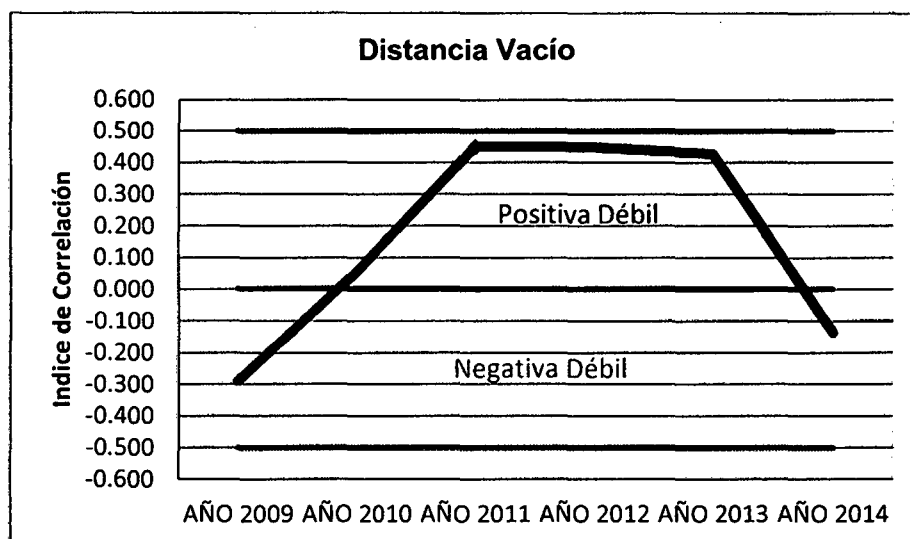


Figura N°30. Rangos de correlación de distancia vacío por año.

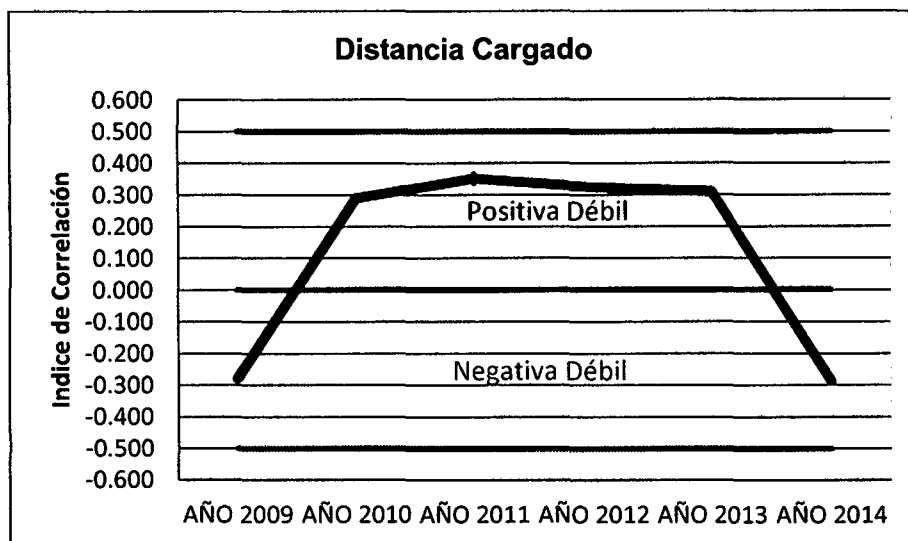


Figura N°31. Rangos de correlación de distancia cargado por año.

Tabla N°55. Índice de correlación de EFH, utilización y tiempo de ciclo con respecto a la precipitación pluvial por año.

AÑO	EFH Cargado	EFH Vacío	Uso	Usage	Tiempo Esperas	Tiempo de Ciclo
2009	0.303	0.269	-0.189	-0.357	0.199	0.185
2010	-0.377	-0.144	-0.725	-0.561	-0.149	-0.139
2011	0.100	0.388	-0.138	-0.072	0.622	0.518
2012	0.329	0.416	-0.355	-0.110	0.469	0.512
2013	0.306	0.620	0.001	-0.447	0.754	0.687
2014	-0.636	-0.240	-0.766	-0.754	0.555	0.469

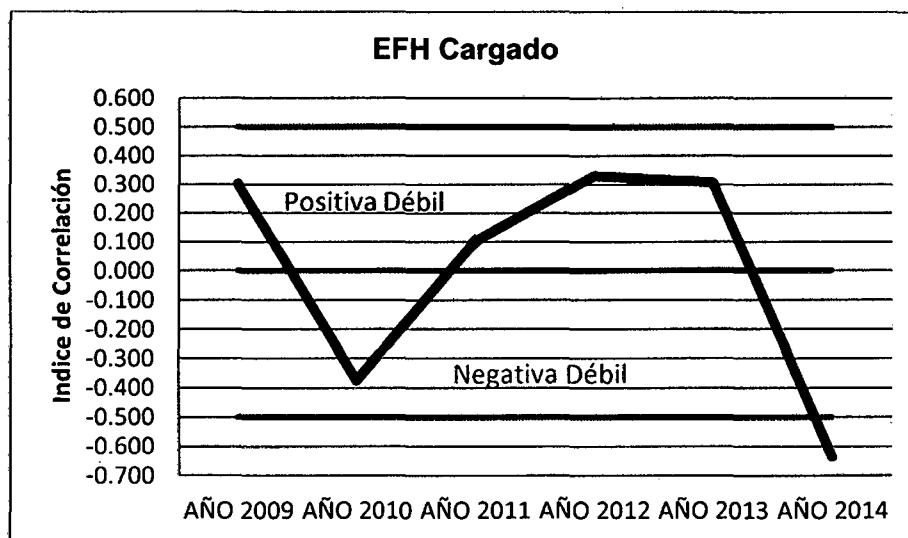


Figura N°32. Rangos de correlación de EFH cargado por año.

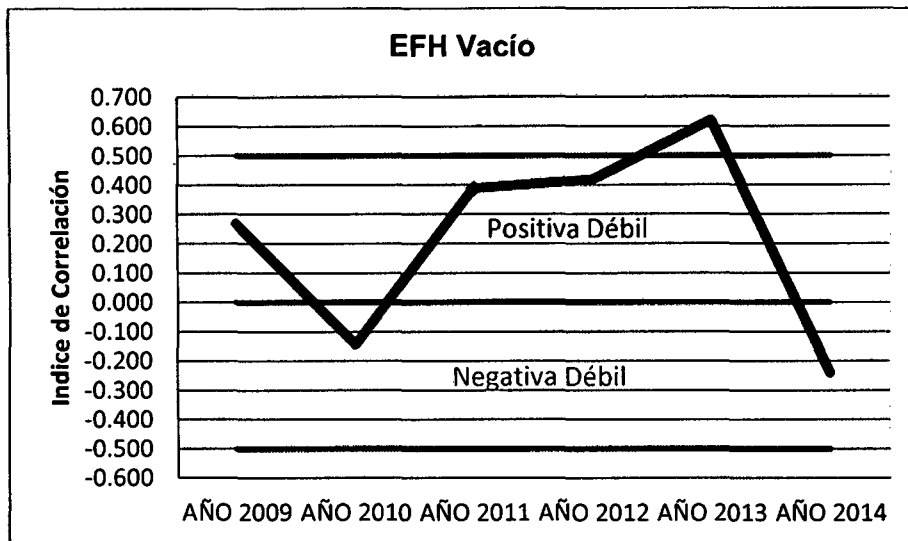


Figura N°33. Rangos de correlación de EFH vacío por año.

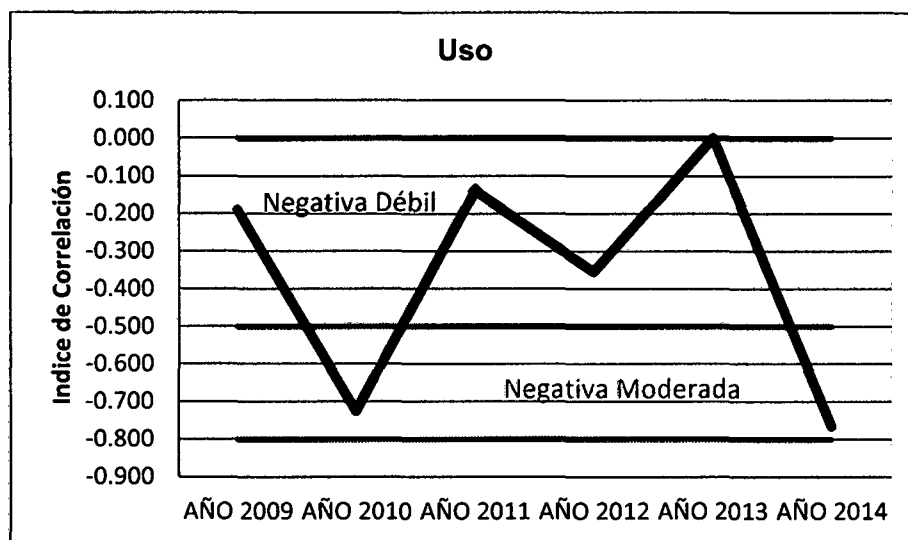


Figura N°34. Rangos de correlación de uso por año.

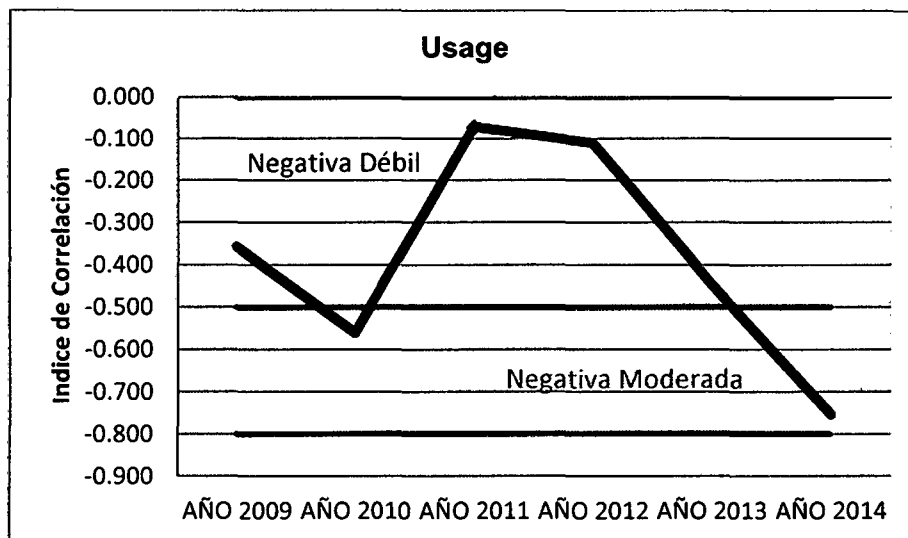


Figura N°35. Rangos de correlación de usage por año.

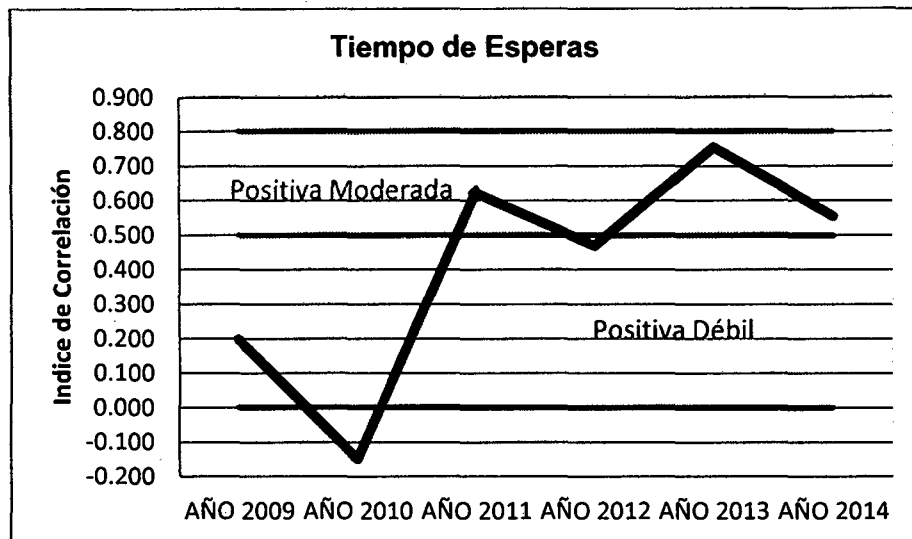


Figura N°36. Rangos de correlación de tiempo de esperas por año.

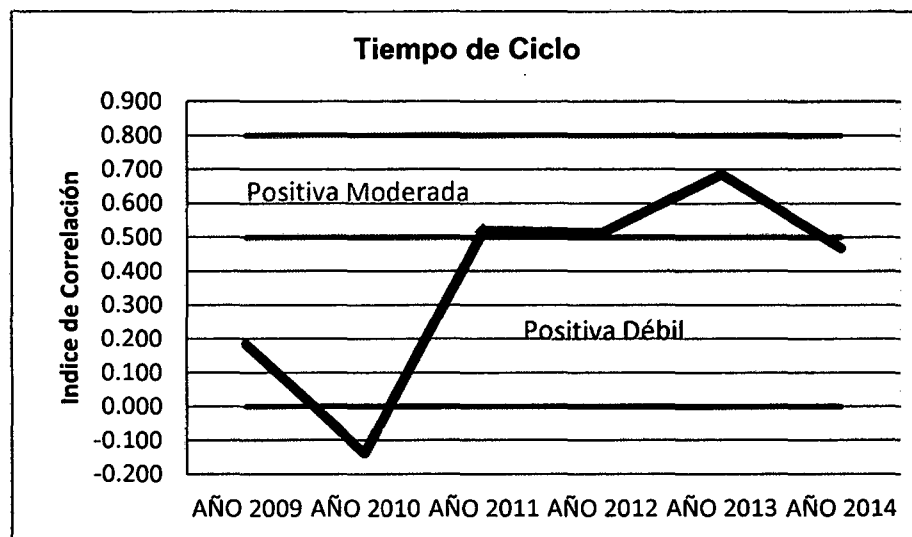


Figura N°37. Rangos de correlación de tiempo de ciclo por año.

## 4.2.2. Discusión de resultados.

### 4.2.2.1. Relación productividad vs. precipitación pluvial

Se puede apreciar en la tabla N°53 los resultados del índice de correlación por año, en la figura N°26 se muestra además indicando la relación lineal que existe entre la productividad y la precipitación pluvial. Se tiene una relación negativa moderada en los años 2009, 2012 y 2013 y una relación negativa débil en los años 2011 y 2014. En el año 2010 se aprecia una relación positiva débil, esto indica que existen otros factores influyen en las variables, como se explicó en acápite anteriores en el año 2010 influyó el incremento de pendiente en el perfil

de acarreo. Cabe resaltar que la relación que predomina es la negativa moderada, por lo que podemos decir que si no se tienen cambios significativos en los parámetros de cálculo, si la precipitación pluvial aumenta la productividad de los camiones disminuirá. A continuación se pueden apreciar las figuras comparativas de precipitación y productividad, en estas gráficas se puede ver la relación que guardan las variables.

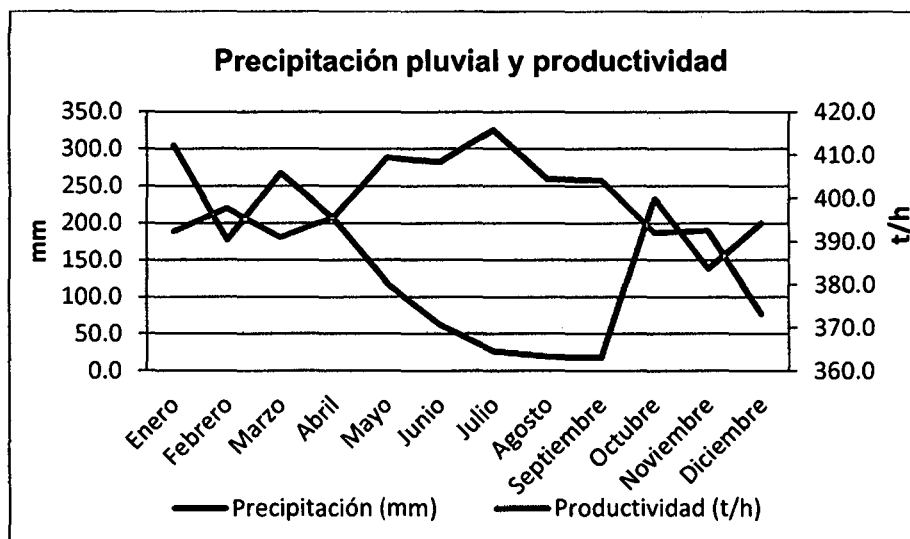


Figura N°38. Comparativo precipitación pluvial y productividad del año 2009.

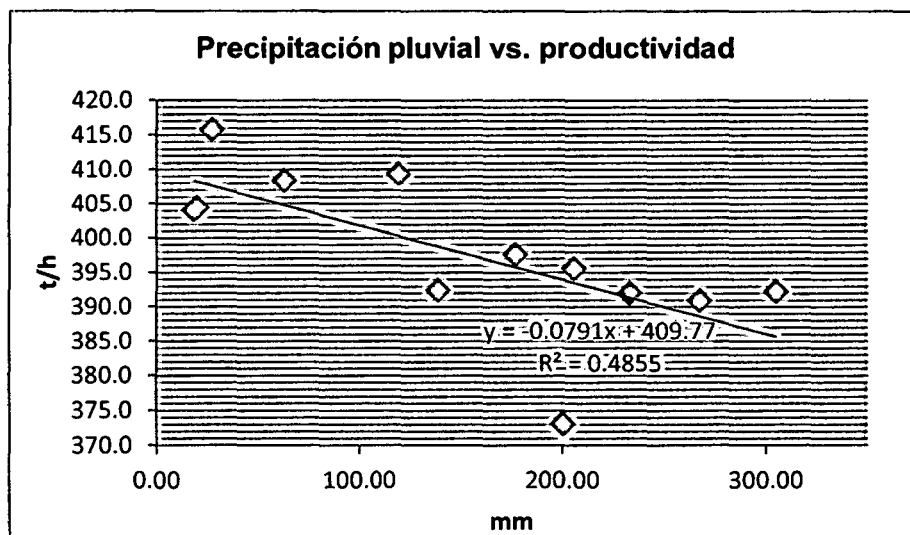


Figura N°39. Dispersión de precipitación pluvial vs. productividad del año 2009.

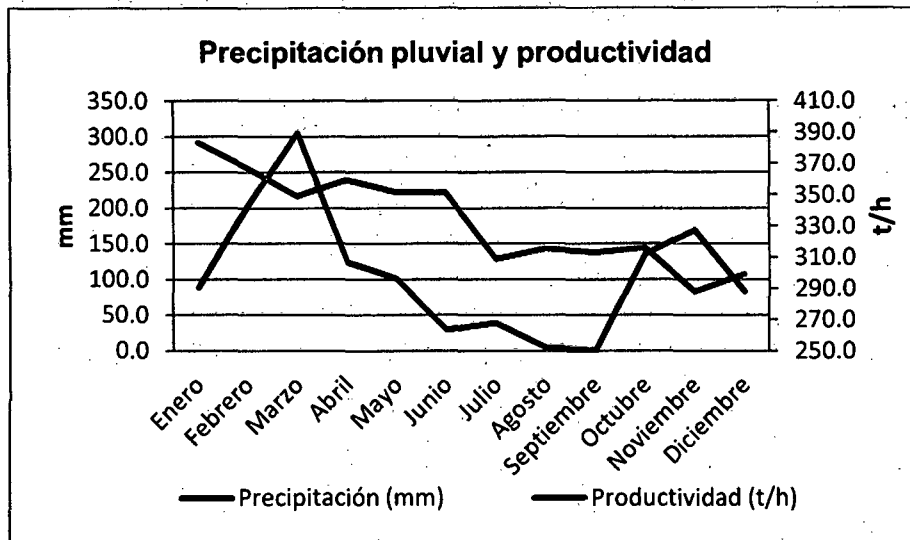


Figura N°40. Comparativo precipitación pluvial y productividad del año 2010.

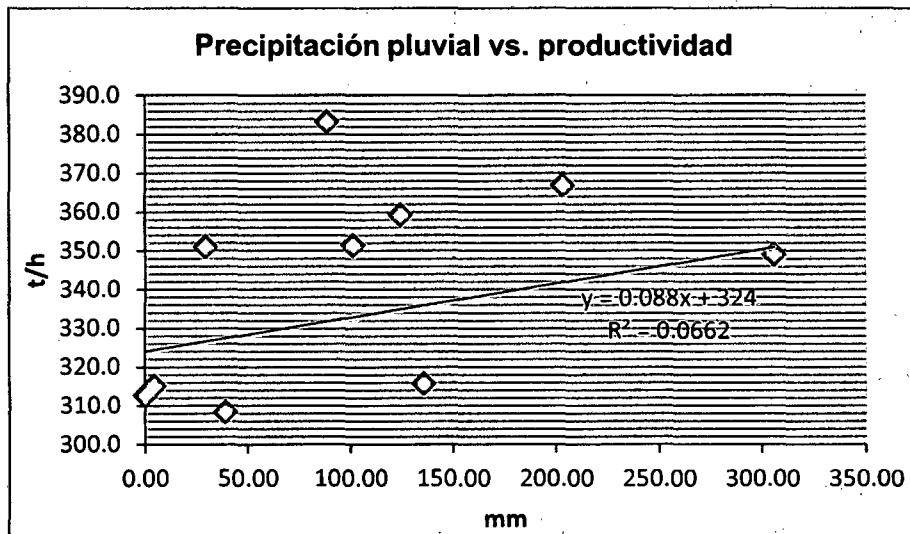


Figura N°41. Dispersión de precipitación pluvial vs. productividad año 2010.

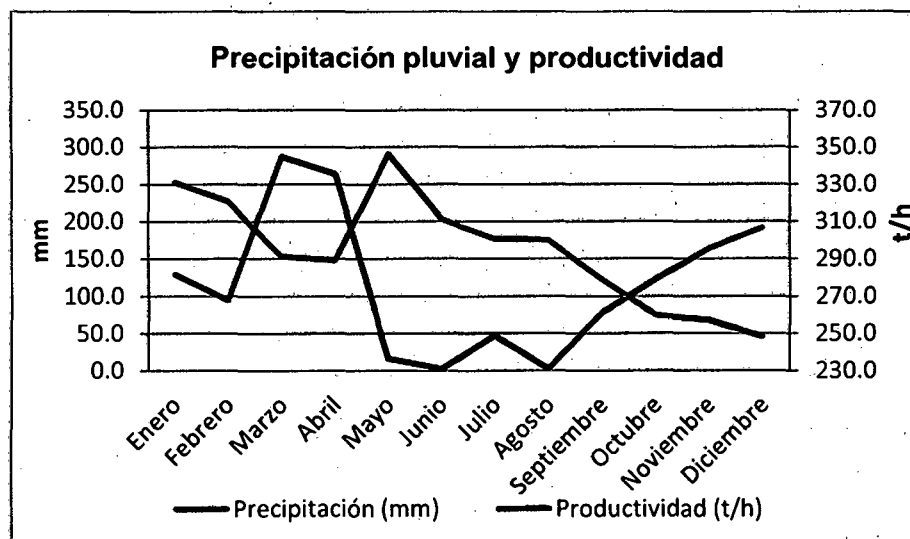


Figura N°42. Comparativo precipitación pluvial y productividad del año 2011.



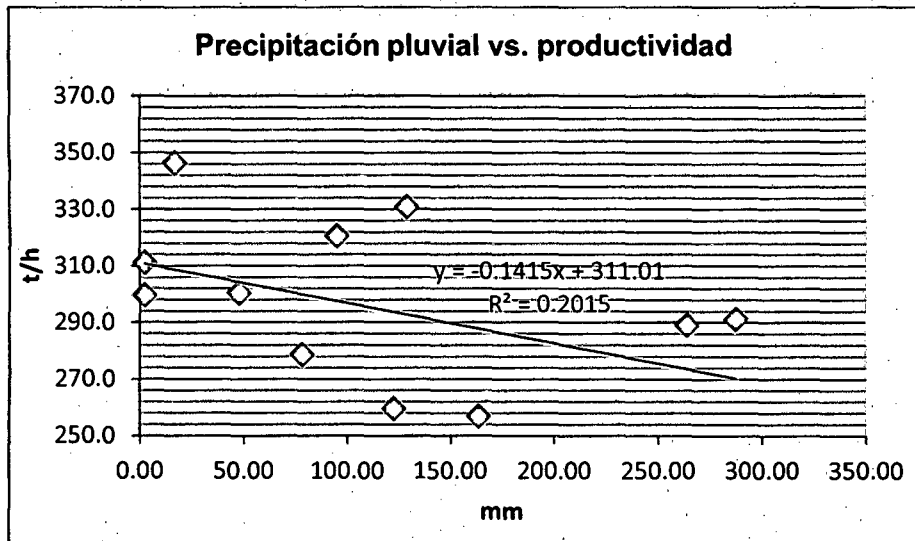


Figura N°43. Dispersión de precipitación pluvial vs. productividad del año 2011.

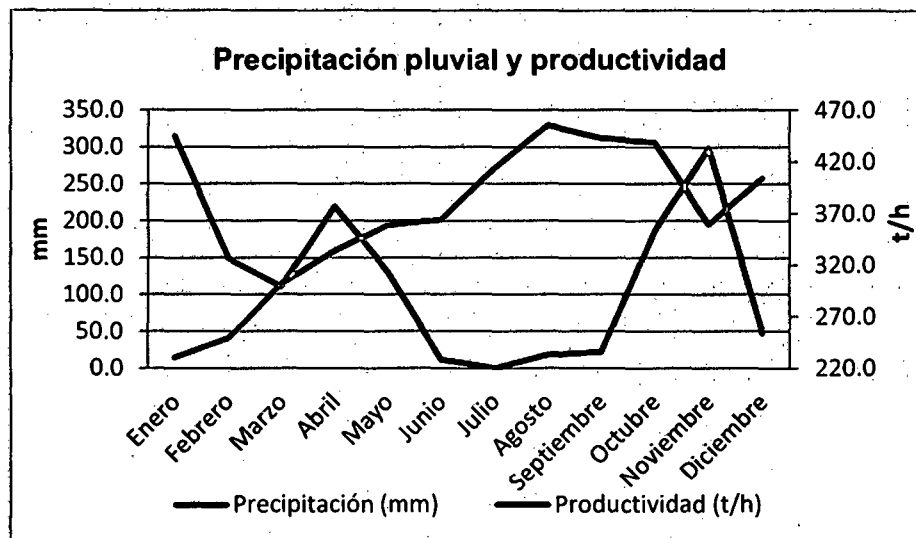


Figura N°44. Comparativo precipitación pluvial y productividad del año 2012.

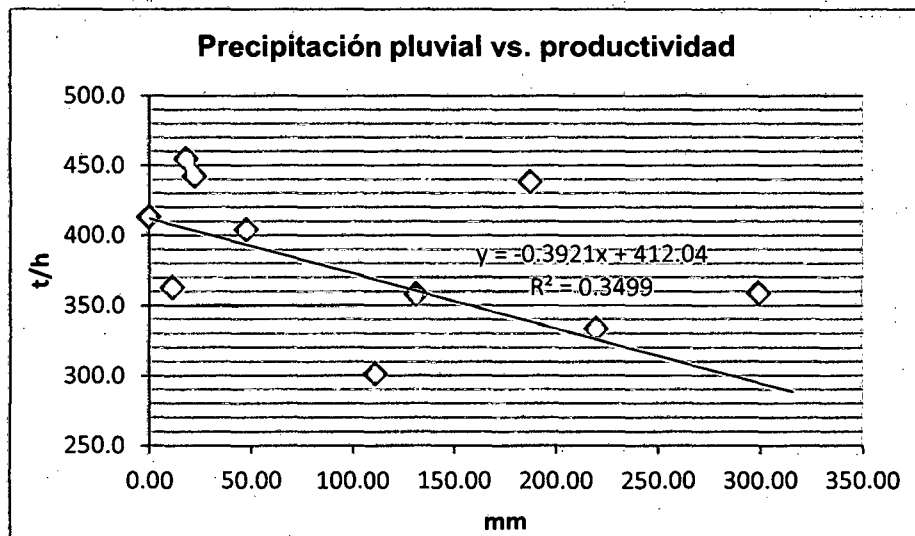


Figura N°45. Dispersión de precipitación pluvial vs. productividad del año 2012.

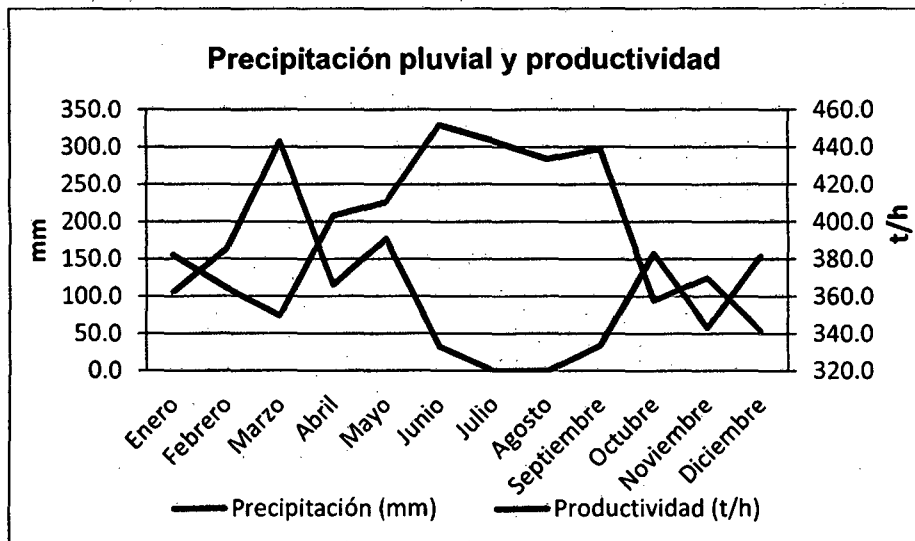


Figura N°46. Comparativo precipitación pluvial y productividad del año 2013.

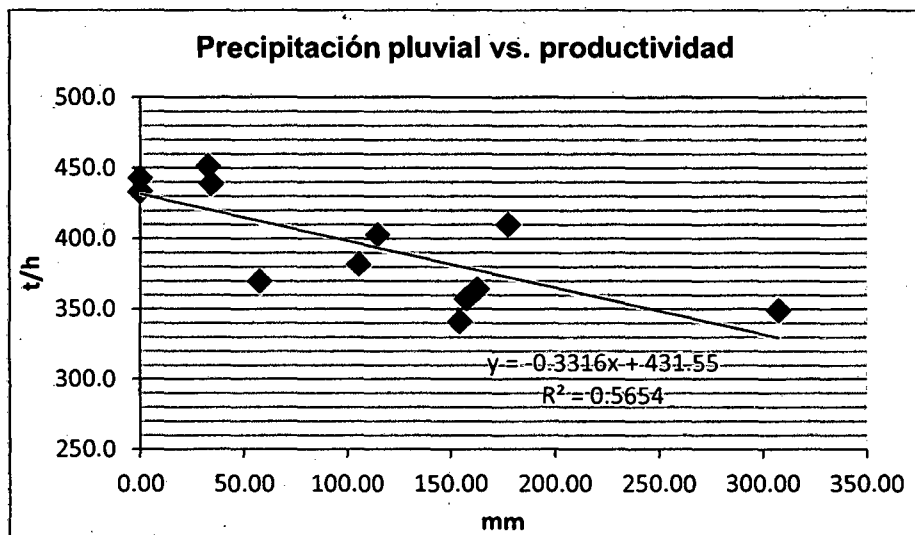


Figura N°47. Dispersión de precipitación pluvial vs. productividad del año 2013.

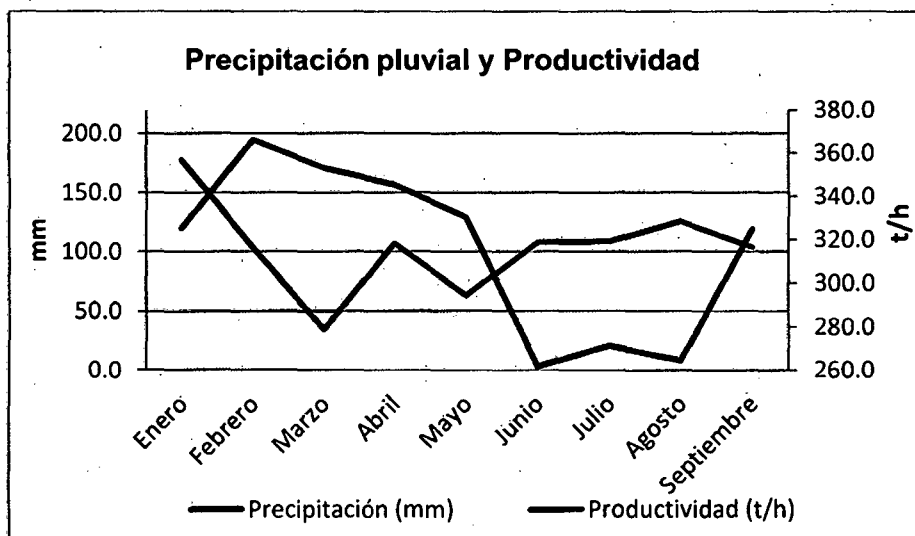


Figura N°48. Comparativo precipitación pluvial y productividad del año 2014.

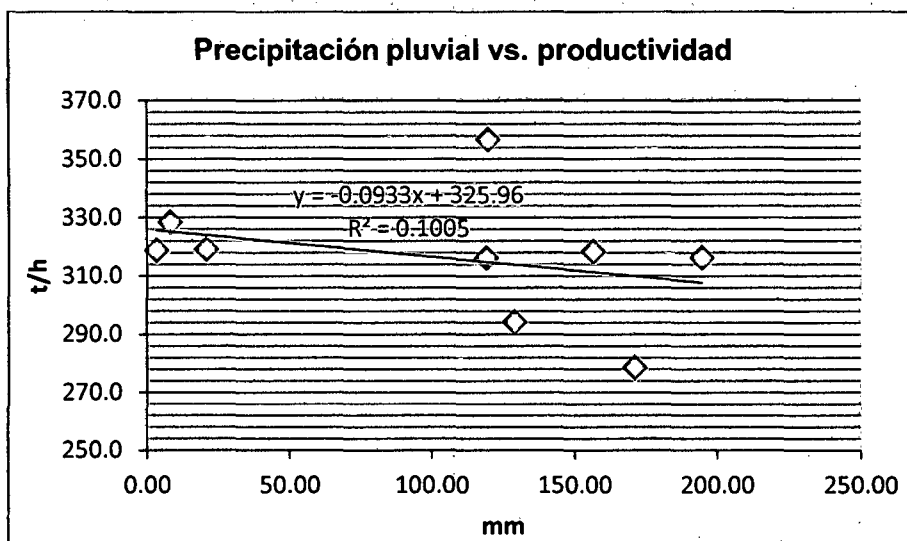


Figura N°49. Dispersión de precipitación pluvial vs. productividad del año 2014.

#### 4.2.2.3 Relación rendimiento vs. precipitación pluvial

Se puede apreciar en la tabla N°53 y la figura N°26 los índices de correlación por año entre el rendimiento y la precipitación pluvial, en los años 2010 y 2013 se presenta una relación negativa débil, en los años 2011, 2012 y 2014; y en el año 2009 se muestra una relación positiva débil. Este año 2009 muestra ésta relación debido a que en los meses de enero, febrero y marzo se tienen valores altos de uso del equipo, tiempo de ciclo bajos y cargas promedio mayores, este efecto combinado aumenta los valores de rendimiento durante éstos meses coincidiendo con los valores altos de precipitación pluvial típico de la época de lluvia.

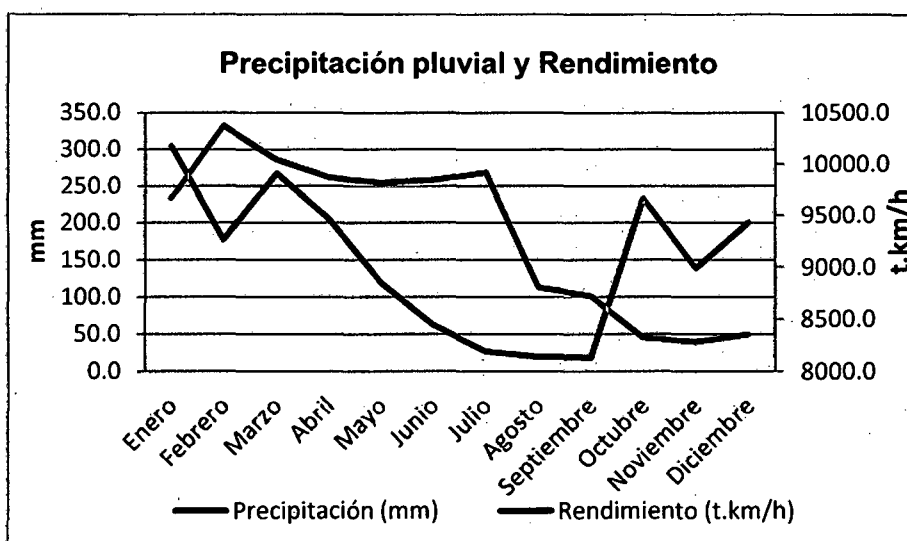


Figura N°50. Comparativo precipitación pluvial y rendimiento del año 2009.

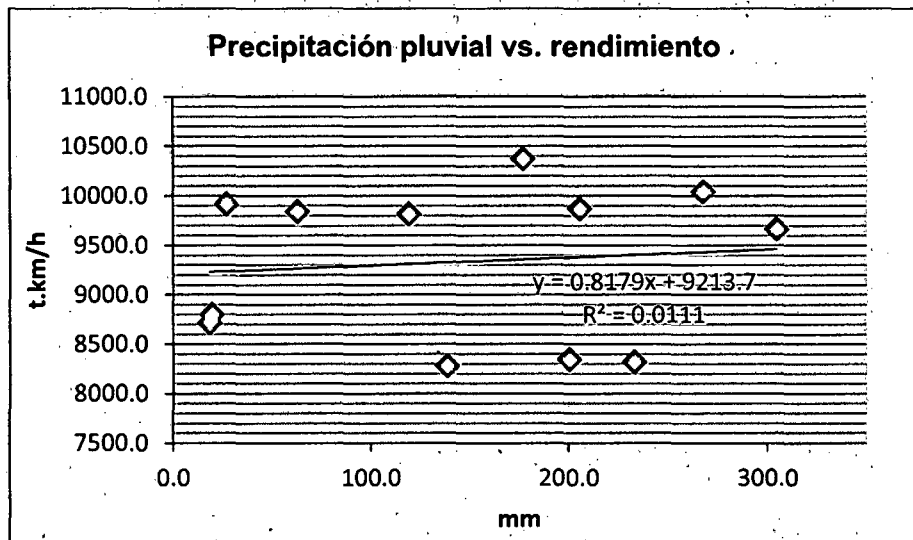


Figura N°51. Dispersión de precipitación pluvial vs. rendimiento del año 2009.

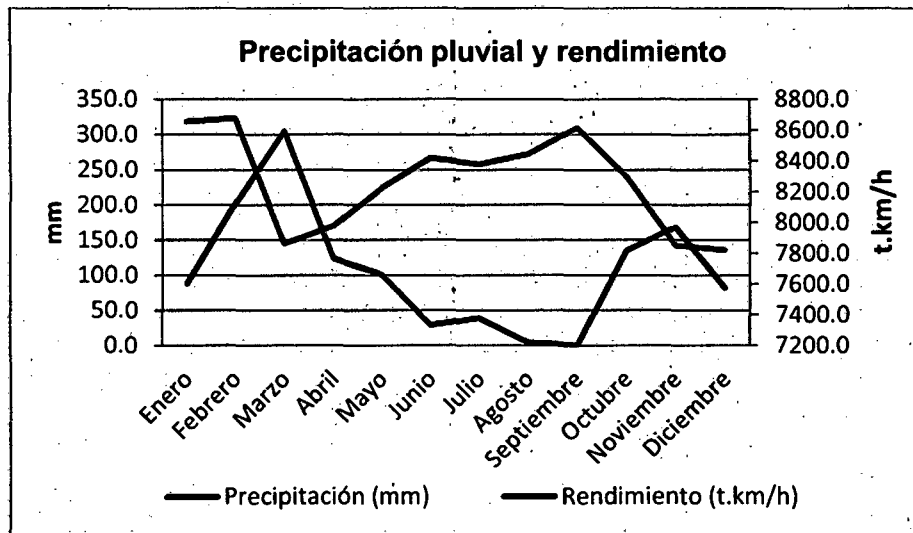


Figura N°52. Comparativo precipitación pluvial y rendimiento del año 2010.

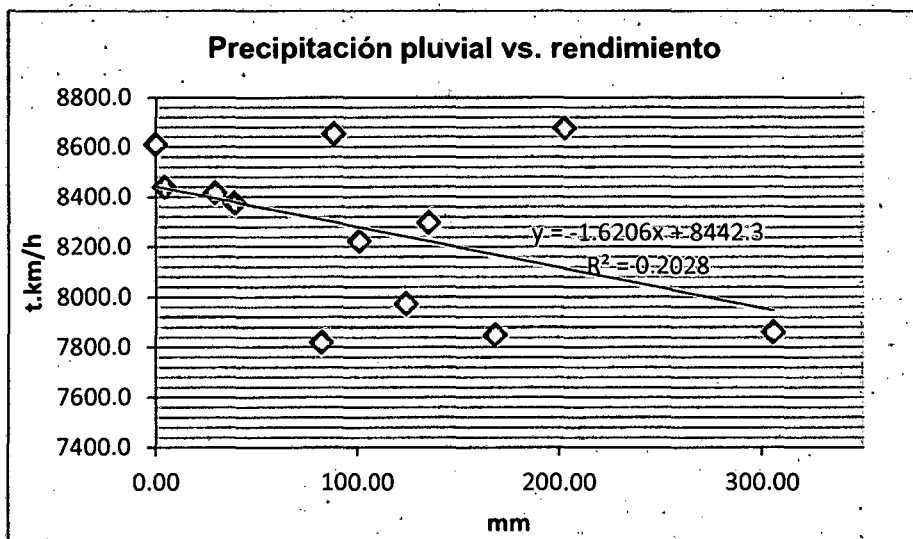


Figura N°53. Dispersión de precipitación pluvial vs. rendimiento del año 2010.

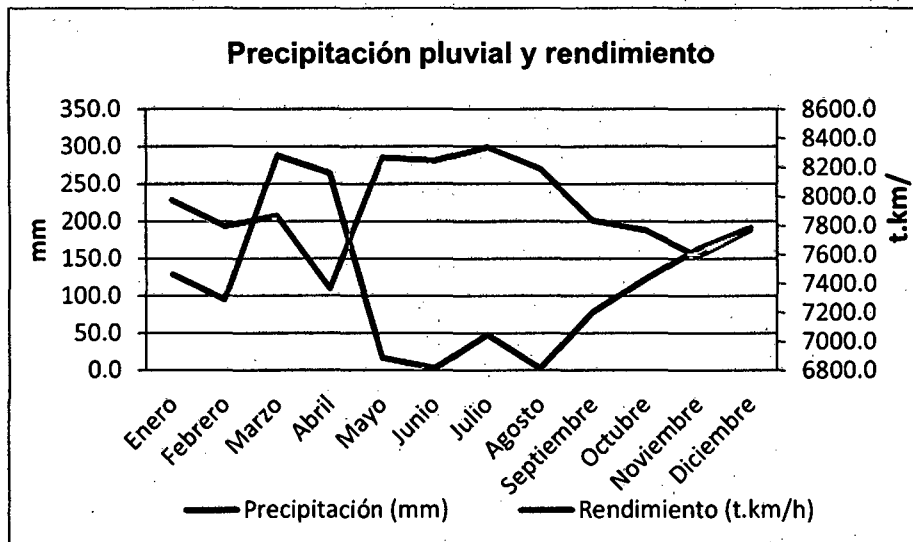


Figura N°54. Comparativo precipitación pluvial y rendimiento del año 2011.

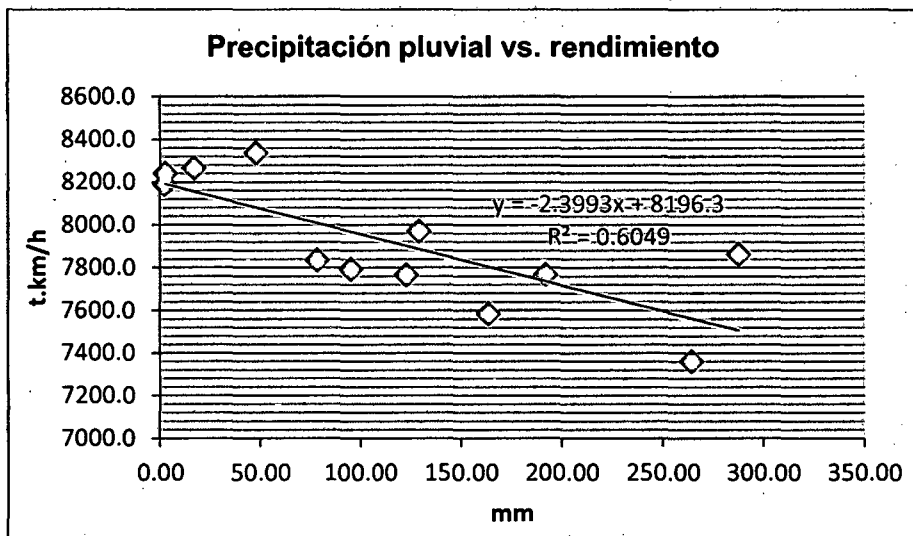


Figura N°55. Dispersión de precipitación pluvial vs. rendimiento del año 2011.

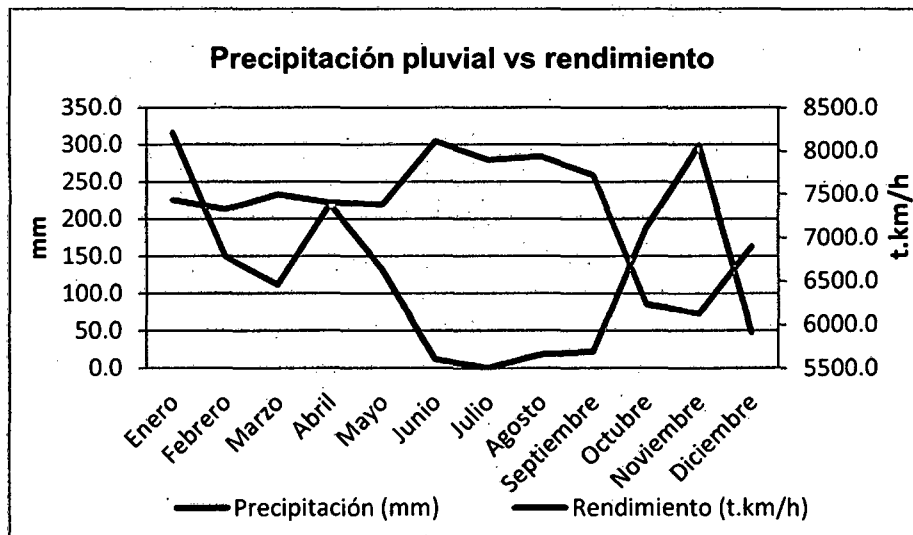


Figura N°56. Comparativo precipitación pluvial y rendimiento del año 2012.

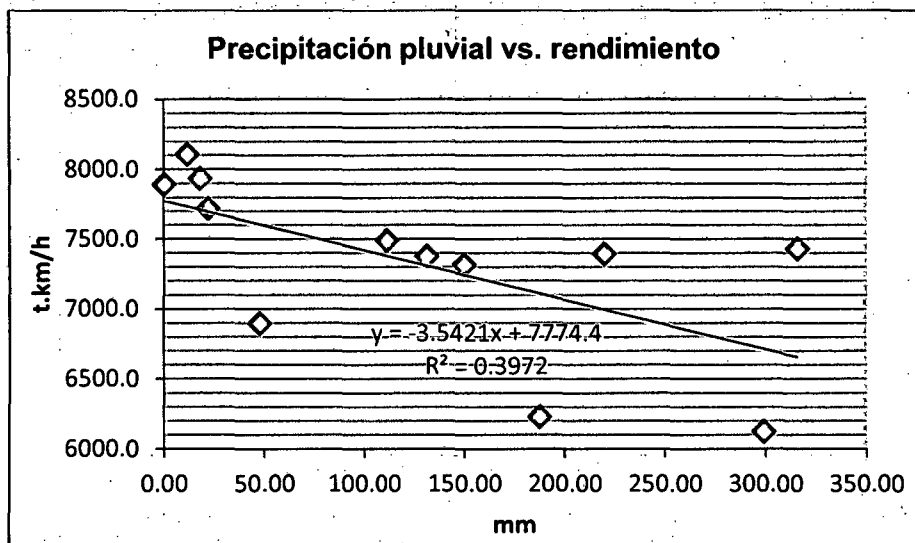


Figura N°57. Dispersión de precipitación pluvial vs. rendimiento del año 2012.

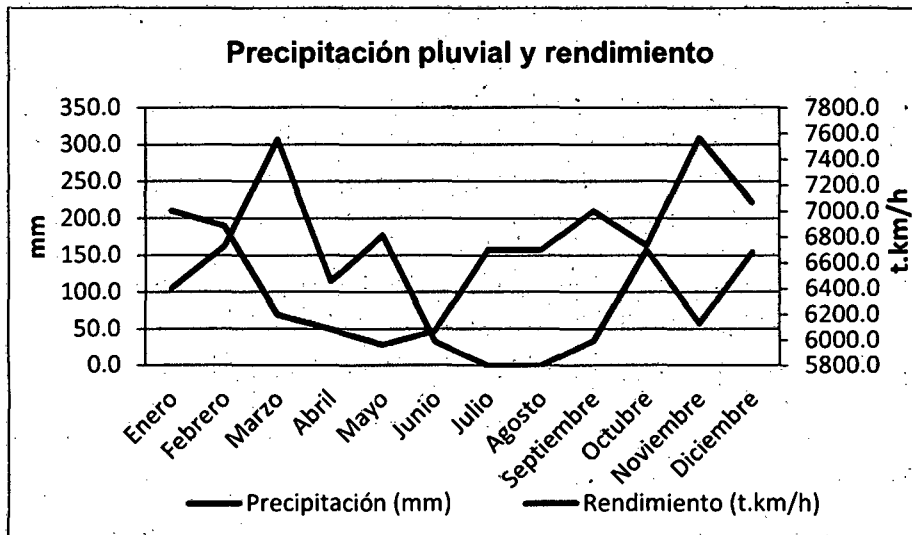


Figura N°58. Comparativo precipitación pluvial y rendimiento del año 2013.

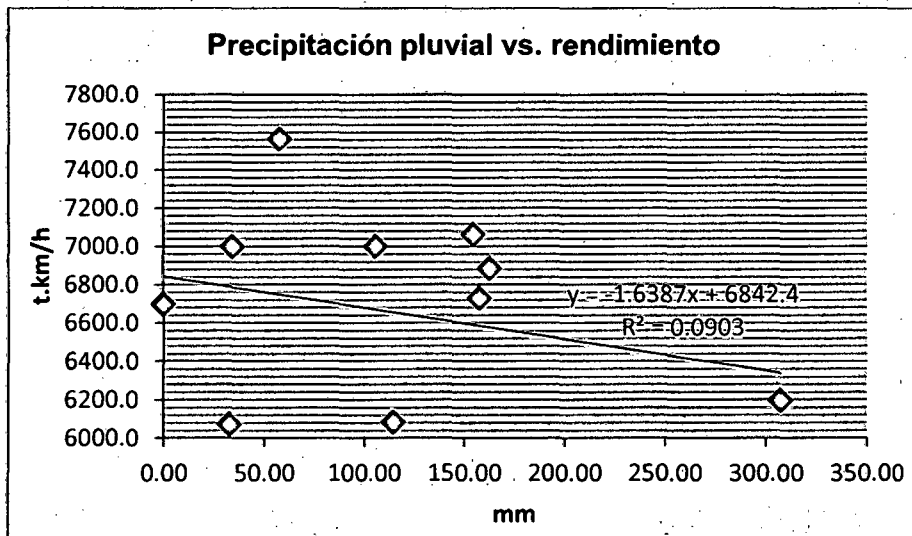


Figura N°59. Dispersión de precipitación pluvial vs. rendimiento del año 2013.

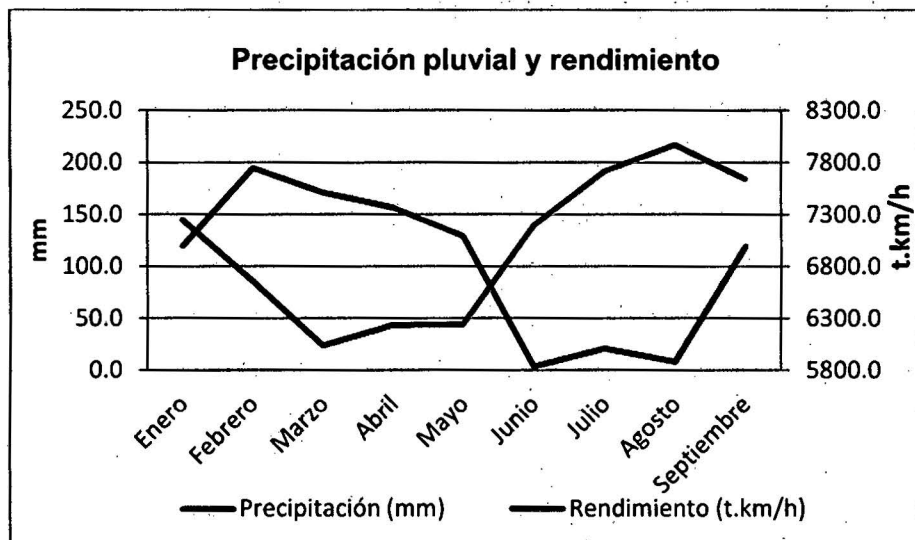


Figura N°60. Comparativo precipitación pluvial y rendimiento del año 2014.

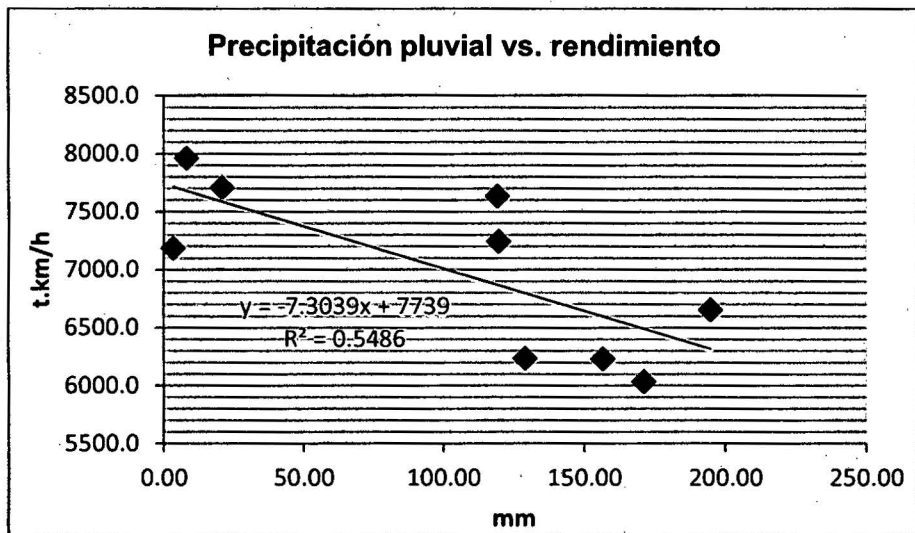


Figura N°61. Dispersión de precipitación pluvial vs. rendimiento del año 2014.

#### 4.2.2.4. Relación parámetros vs. precipitación pluvial

Se puede apreciar en la figura N°27 que la carga promedio no tiene una relación definida con la precipitación pluvial. Se pueden presentar valores de correlación positiva por un mayor porcentaje de humedad del material cuando hay presencia de precipitaciones pluviales y éstas recargan a la napa freática.

En las figuras N°28 y N°29, se puede apreciar la relación de las velocidades y la precipitación pluvial, la velocidad de los camiones vacíos tiene en el periodo de estudio una relación negativa en todos los casos, en los años 2009 y 2010 se tiene una relación negativa débil, en los años 2011 y 2012 se tiene una relación

negativa fuerte y en los años 2013 y 2014 se tiene una relación negativa moderada. La velocidad de los camiones cargados, tienen con respecto a la precipitación pluvial en los años 2009, 2011, 2013 y 2014 una relación negativa débil, en el año 2012 una relación negativa moderada y en el año 2010 una relación positiva débil, por lo que se puede ver en el año 2010 se tuvo factores que tiene mayor influencia como las pendientes en el perfil de acarreo. Se puede decir que la velocidad vacío tiende a disminuir en presencia de lluvia y la velocidad cargado disminuye en presencia de lluvia salvo cambios en el perfil de acarreo.

De las figuras N°30 y N°31 se puede decir que las distancias al tener relaciones positivas débiles y negativas débiles no presentan una relación con la precipitación pluvial, por lo que ésta no afecta o condiciona las distancias. El EFH cargado y vacío no presentan una relación clara con la precipitación pluvial como se ve en las figuras N°32 y N°33, por lo que se puede decir que ésta no condiciona al EFH, pero si el cambio de pendientes en el perfil de acarreo.

El uso del equipo muestra en la figura N°36 una relación negativa en el periodo de estudio, en los años 2009, 2011, 2012 y 2013 una relación negativa débil y en los años 2010 y 2014 una relación negativa moderada, por lo que podemos afirmar que en presencia de precipitación pluvial el Uso de los camiones disminuye, este efecto se logra apreciar en la operación, debido a que en presencia de lluvias, los camiones suelen parar por reparación de vías, reparación de áreas de carguío y en algunos casos por bloqueos de vías debido a deslizamientos de material hacia las vías de acarreo impidiendo el paso de los equipos. El usage del equipo muestra en la figura N°35 una relación negativa para el periodo de estudio, en los años 2009, 2011, 2012 y 2013 una relación negativa débil y en los años 2010 y 2014 una relación negativa moderada, por lo que podemos ver este parámetros guarda estrecha relación con el Uso del equipo, en presencia de precipitación pluvial el usage de los camiones disminuye, cabe resaltar que a los efectos mencionados para el uso del equipo habrá que adicionarle los efectos medidos con el usage como son paradas por neblina, condiciones inseguras, clima severo y tormenta eléctrica, que son típicas en época de lluvias.



El tiempo de ciclo y los tiempos de esperas de los camiones muestran una relación positiva como se muestra en las figuras N°36 y N°37, varían entre la relación positiva débil y la positiva moderada salvo en el año 2010 donde se tuvieron condiciones especiales de incremento de pendientes en el perfil de acarreo que generan una relación negativa débil. Se puede decir que el tiempo de ciclo en presencia de precipitaciones pluviales aumenta debido al cambio en las condiciones de las vías, disminuyendo la tracción de los neumáticos sobre la capa de rodadura. Los tiempos de esperas aumentan en presencia de precipitaciones pluviales debido al cambio de condiciones en las áreas de carguío y descargas dificultando las maniobras de los equipos.

## CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. Conclusiones

- El desempeño productivo de los camiones CAT793 disminuye en la época de lluvia con respecto a la época seca, esto se puede afirmar porque la productividad y rendimiento disminuyen, esto considerando que sus parámetros de cálculo y las condiciones de trabajo no sufran variaciones considerables.
- La diferencia de productividad de los camiones CAT793 entre la época seca y la época de lluvia tiene valores de 4.37%, -2.88%, 7.18%, 20.16%, 15.76% y 2.70% correspondientes a los años del 2009 al 2014. En el año 2010 se tuvo un resultado contrario debido al aumento progresivo de pendientes en el perfil de acarreo, por lo que tuvo mayor influencia en la productividad.
- La diferencia de rendimiento de los camiones CAT793 entre la época seca y la época de lluvia tiene valores de 1.59%, 3.0%, 5.43%, 11.11%, -1.03% y 12.43% correspondientes a los años del 2009 al 2014. En el año 2013 se tuvo un resultado contrario esto debido a la lenta recuperación de las condiciones operativas dejadas por los primeros meses de lluvia.
- Las precipitaciones pluviales y la productividad de los camiones CAT793 tienen índices de correlación de -0.697, 0.257, -0.449, -0.591, -0.752 y -0.317 correspondientes a los años del 2009 al 2014. Se puede decir que predomina la relación negativa, a excepción del año 2010 con relación positiva, esto debido a que el perfil de acarreo tuvo un aumento progresivo de pendientes a lo largo del año.

- Las precipitaciones pluviales y el rendimiento de los camiones CAT793 tienen índices de correlación de 0.105, -0.450, -0.778, -0.630, -0.301 y -0.741 correspondientes a los años del 2009 al 2014. Se puede decir que predomina la relación negativa, a excepción del año 2009 que muestra una relación positiva debido a que se tuvieron cargas mayores, tiempos de ciclo bajos y uso de los equipos mayores en los tres primeros meses del año, donde la precipitación pluvial no causó mayor impacto.
- Los parámetros más relacionados de forma negativa con la precipitación pluvial son la velocidad de camiones vacíos (hasta -0.82 de índice de correlación el año 2012), uso (-0.766 de índice de correlación del año 2014) y usage (hasta -0.754 de índice de correlación el año 2014) de los equipos. El tiempo de ciclo de los camiones (índice de correlación hasta de 0.687 del año 2013) y el tiempo de esperas (índice de correlación hasta de 0.754 del año 2013) son los parámetros más relacionados de forma positiva con la precipitación pluvial, esto quiere decir que a mayor precipitación pluvial aumenta el tiempo de ciclo y esperas de los camiones.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Balboa. R. 2012. Aplicaciones de geosintéticos en vías de acarreo (en intranet). Cajamarca. MYSRL. Consultado el 10 agosto 2014. Disponible en la intranet de la empresa Minera Yanacocha.

Bringas, Angelita. 2010. Evaluación de rendimientos de maquinaria pesada en la construcción de la plataforma de lixiviación La Quinoa Etapa 7B-MY-Cajamarca. Informe Técnico para Título Ing. Civil. Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca – Perú. 86p.

Canturín y Suicho. 2004. Aplicación de métodos de productividad en las operaciones de equipos de movimiento de tierras (Ejemplo práctico: Cantera de la fábrica de Cementos Lima). Proyecto Profesional para optar Título de Ing. Civil. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Lima. Disponible en: <http://repositorioacademico.upc.edu.pe/upc/bitstream/10757/273562/1/RCanturin.pdf>

CATERPILLAR. 2010. Manual de Rendimiento Caterpillar. EEUU. Ed. 40.

CATERPILLAR. 2005. Camión de Minería CAT 793D. EEUU.

CATERPILLAR. 2000. Manual de Rendimiento Caterpillar. Ed. 31.

CONAM (Consejo Nacional del Ambiente). 2005. Boletín de Indicadores Ambientales de Cajamarca (En línea). Lima. Disponible en <http://sinia.minam.gob.pe/index.php?accion=verListElementos&verPor=&idTipoElemento=22&idTipoFuente=510>

ITGE (Instituto Tecnológico Geominero de España). 1995. Manual de arranque, carga y transporte en minería a cielo abierto. Editorial Cartografía Madrid S.A. 2ª edición. Madrid - España.

MYSRL (Minera Yanacocha Sociedad de Responsabilidad Limitada). 2013. Reporte de Sostenibilidad 2012 (en línea). Lima. Disponible en <http://www.yanacocha.com.pe/wp-content/uploads/2014/02/Yanacocha-Reporte-de-Sostenibilidad-2012.pdf>

MYSRL (Minera Yanacocha Sociedad de Responsabilidad Limitada). 2013. Operaciones Mina. 31 diapositivas.

MYSRL (Minera Yanacocha Sociedad de Responsabilidad Limitada). 2011. Módulo de Carguío y Acarreo. 62 diapositivas.

Ordoñez, Juan. 2011. Cartilla Técnica: Ciclo Hidrológico. Lima – Perú. Sociedad geográfica de Lima. 41p.

Pizán, Cristhian. 2013. Evaluación de rendimientos en el movimiento de tierras con maquinaria pesada para los minados Cerro negro y Carachugo en Yanacocha – Cajamarca. Tesis Ing. Civil. Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca – Perú. 67p.

PROESMIN (Proyectos y Estudios Mineros del Perú).sf. Manual de Minería. Consultado el 18 de agosto. 2014. Disponible en: [http://proesmin.com/main/sites/default/files/Manual\\_Mineria.pdf](http://proesmin.com/main/sites/default/files/Manual_Mineria.pdf)

Seminario, Juan comp. 2014. La Investigación Científica (separata). Cajamarca – Perú. 18 páginas.

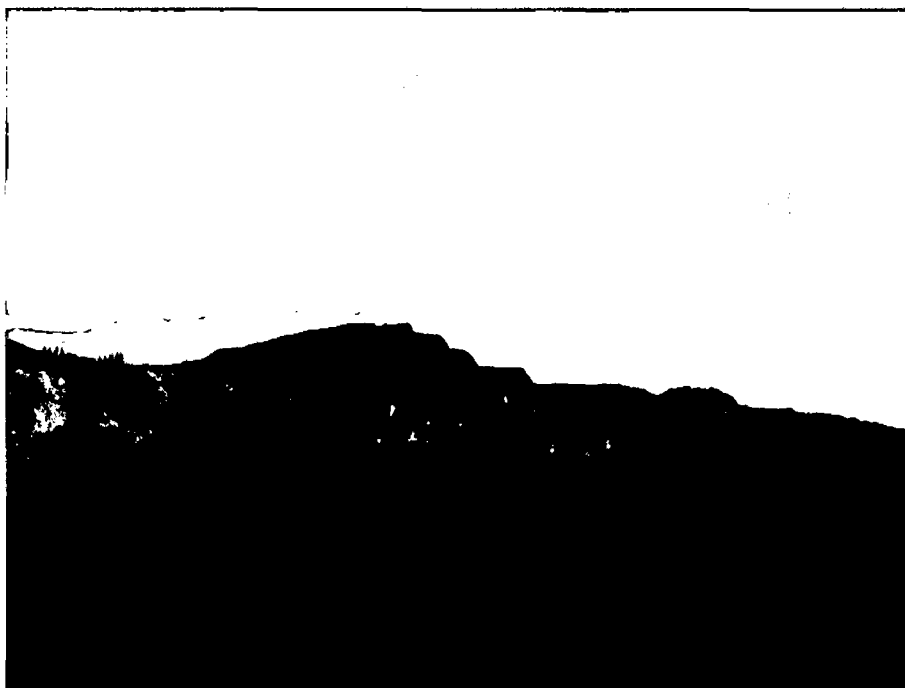
Yoza, Agustín. 2010. Gestión de vías en proyectos Open Pit. Consultado el 05 agosto 2014. Disponible en <http://www.portaldeingenieria.com/view/estructura-ideas/archivos/paper-modelo.pdf>

## ANEXOS

### ANEXO 1. Fotografías de la operación minera



*Descarga Pad La Quinoa en condiciones climáticas favorables*



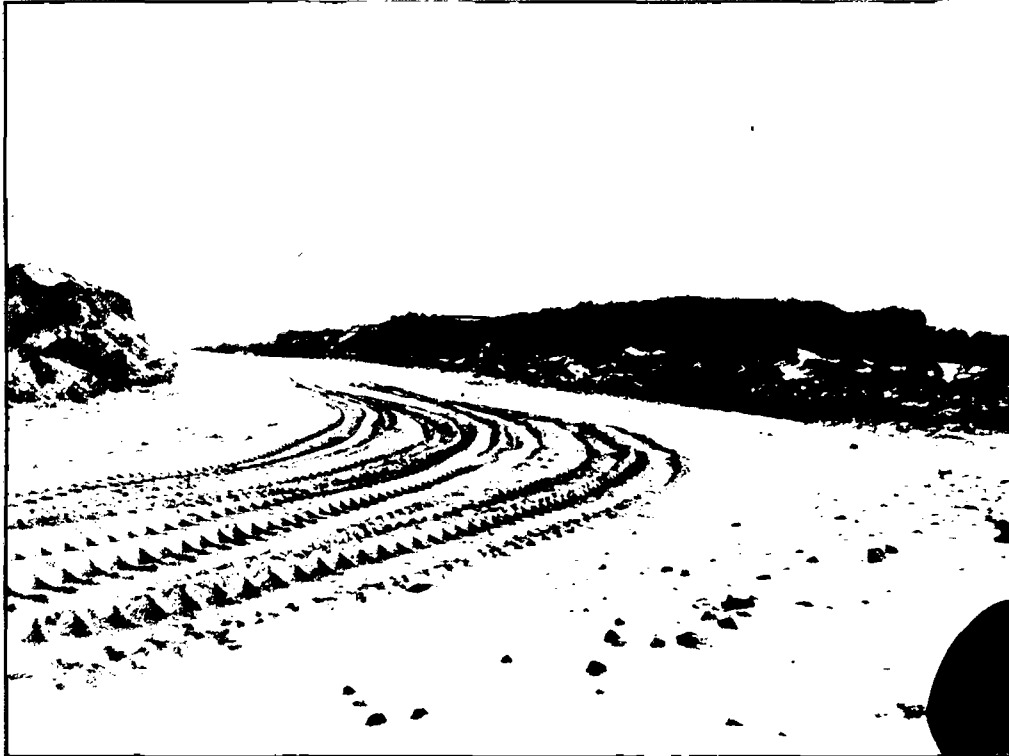
*Zona de Carguío en Cerro Negro en condiciones normales de operación.*



*Presencia de Neblina en zona de carguío del tajo Cerro Negro*



*Camiones CAT793 trabajando en vía de acarreo con presencia de granizo*



*Vía de acarreo paralizada por deterioro de capa de rodadura por presencia de granizo*

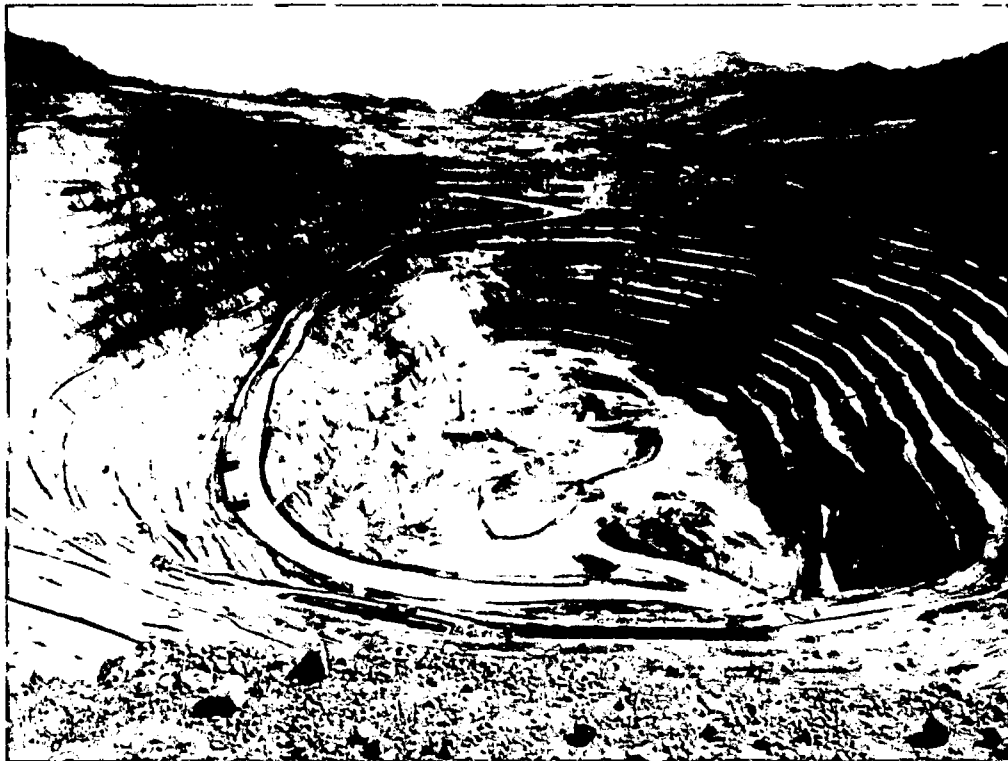


*Encalaminado de vía de acarreo por presencia de agua y tránsito de camiones*





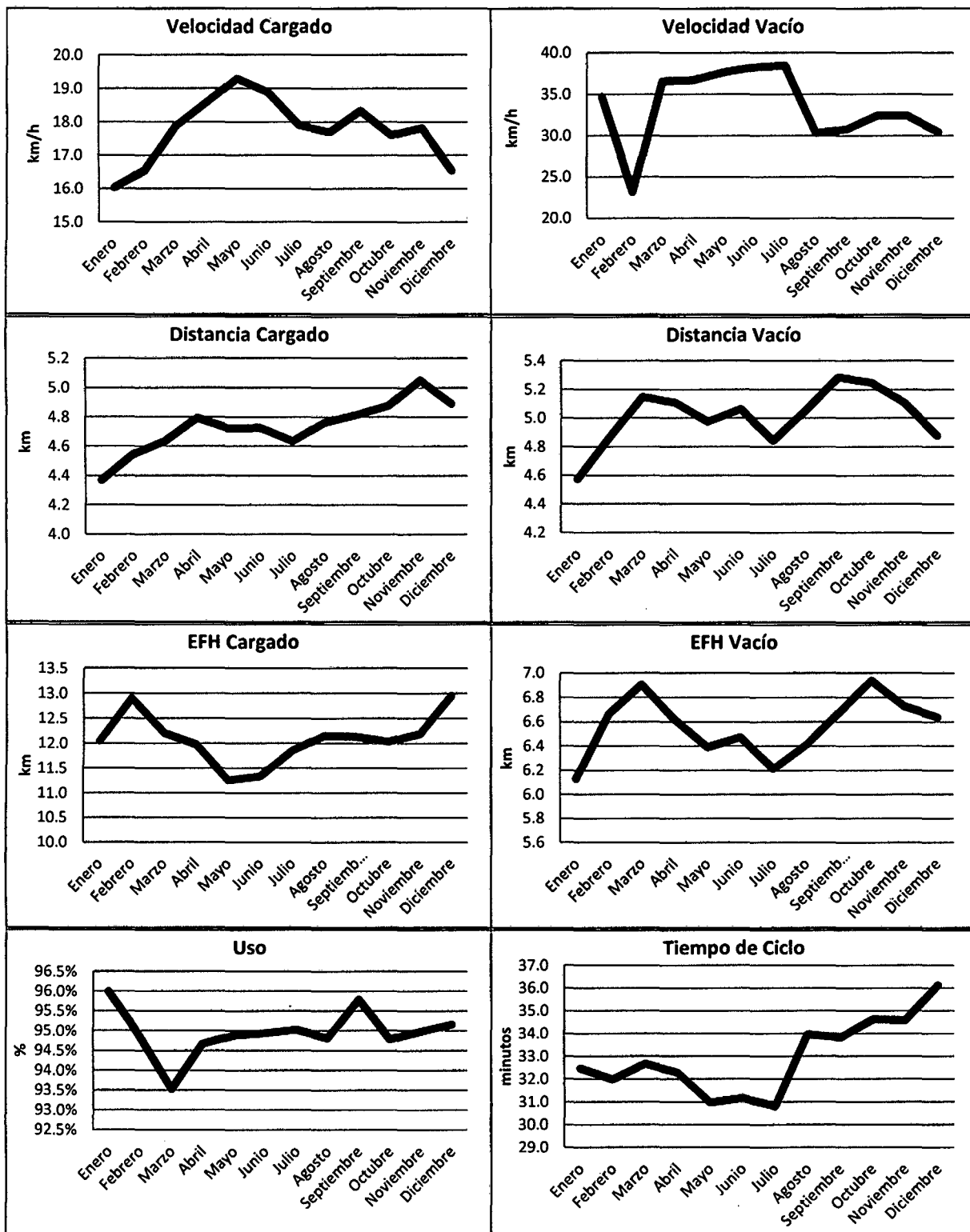
*Zona de carguío en el Tajo La Quinoa Gravas, presencia de pisos inestables*



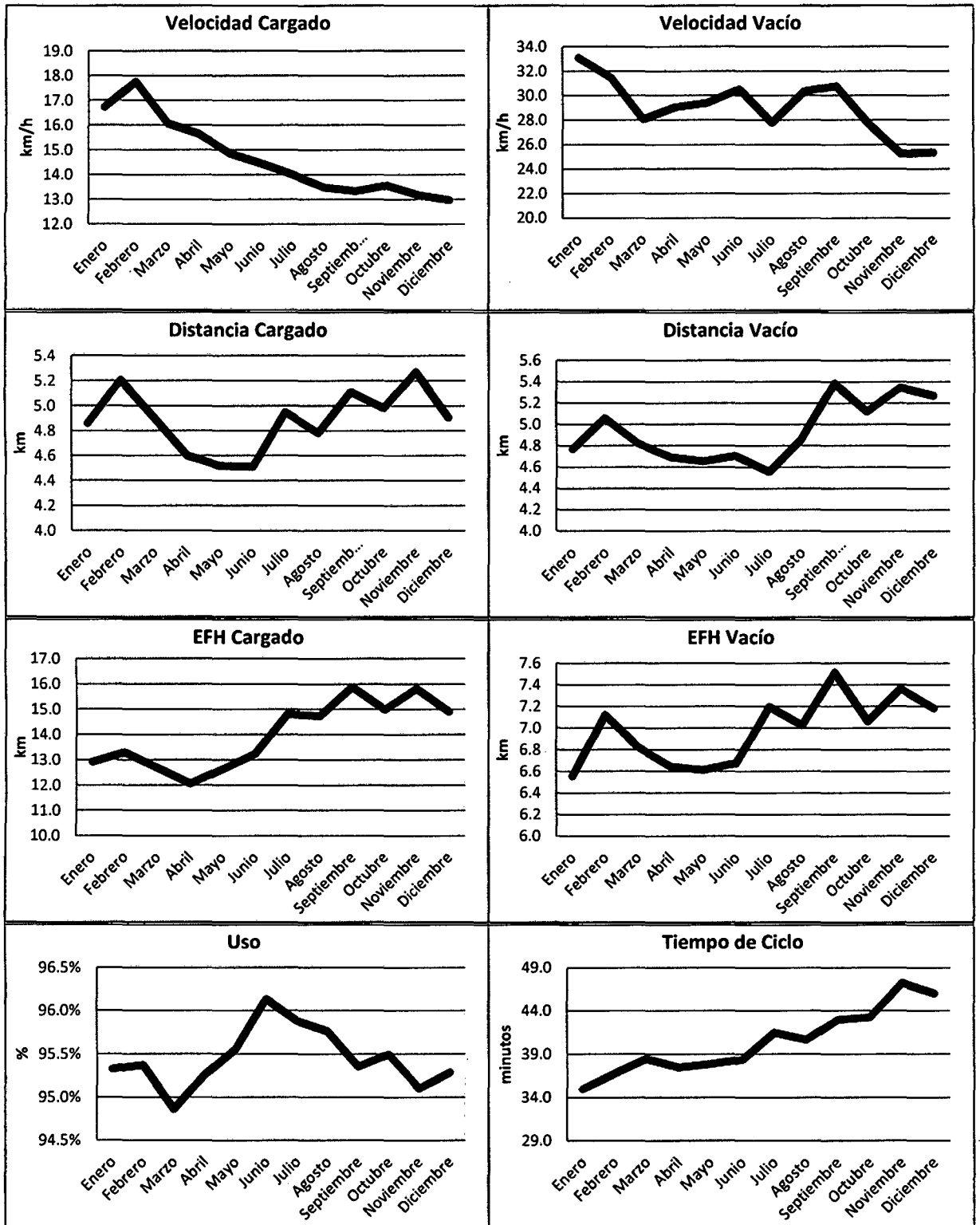
*Vista de la operación en el Tajo Tapado Oeste.*

## ANEXO 2. Gráficas de variación de parámetros mensuales por año

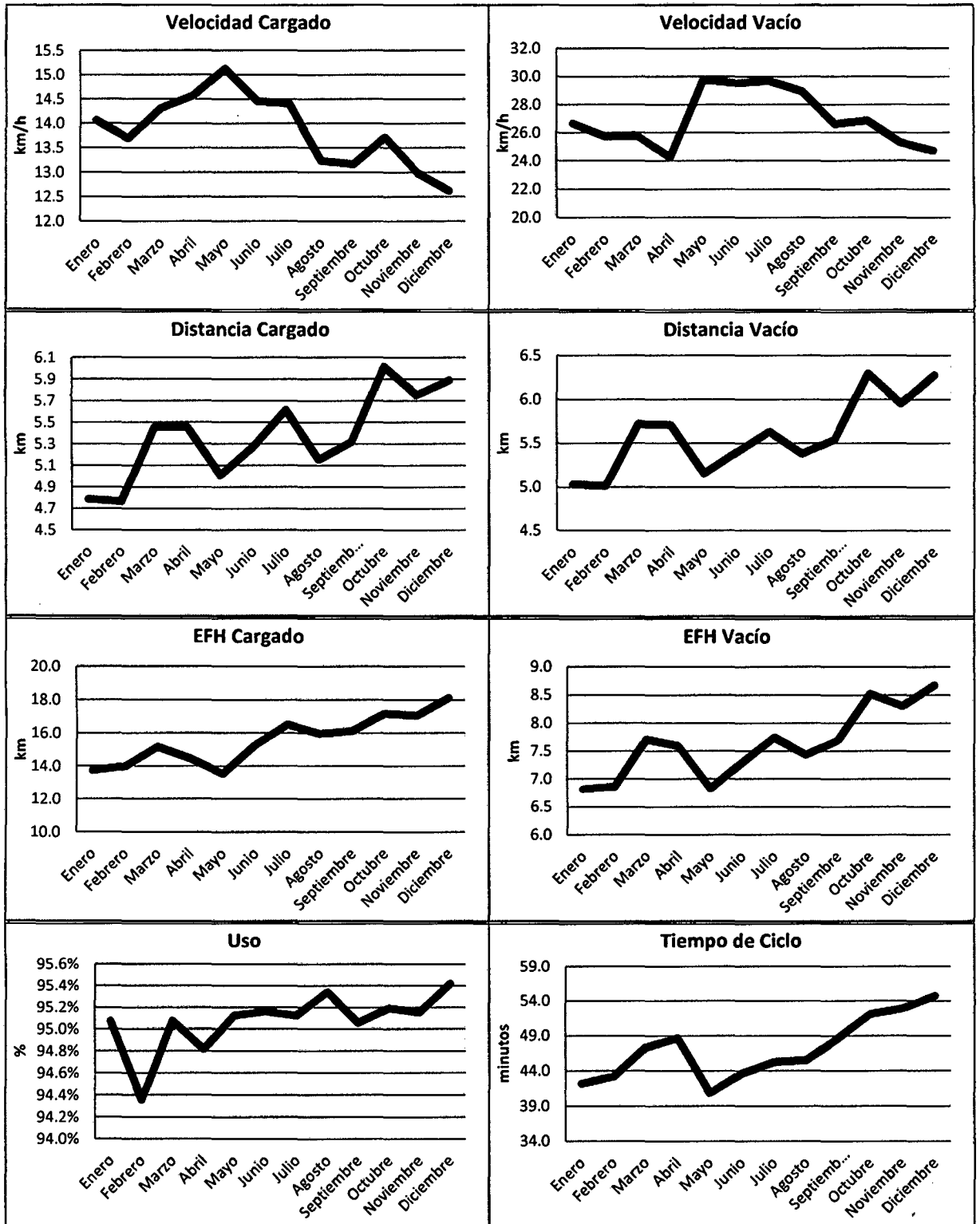
### VARIACION DE PARAMETROS MENSUALES AÑO 2009



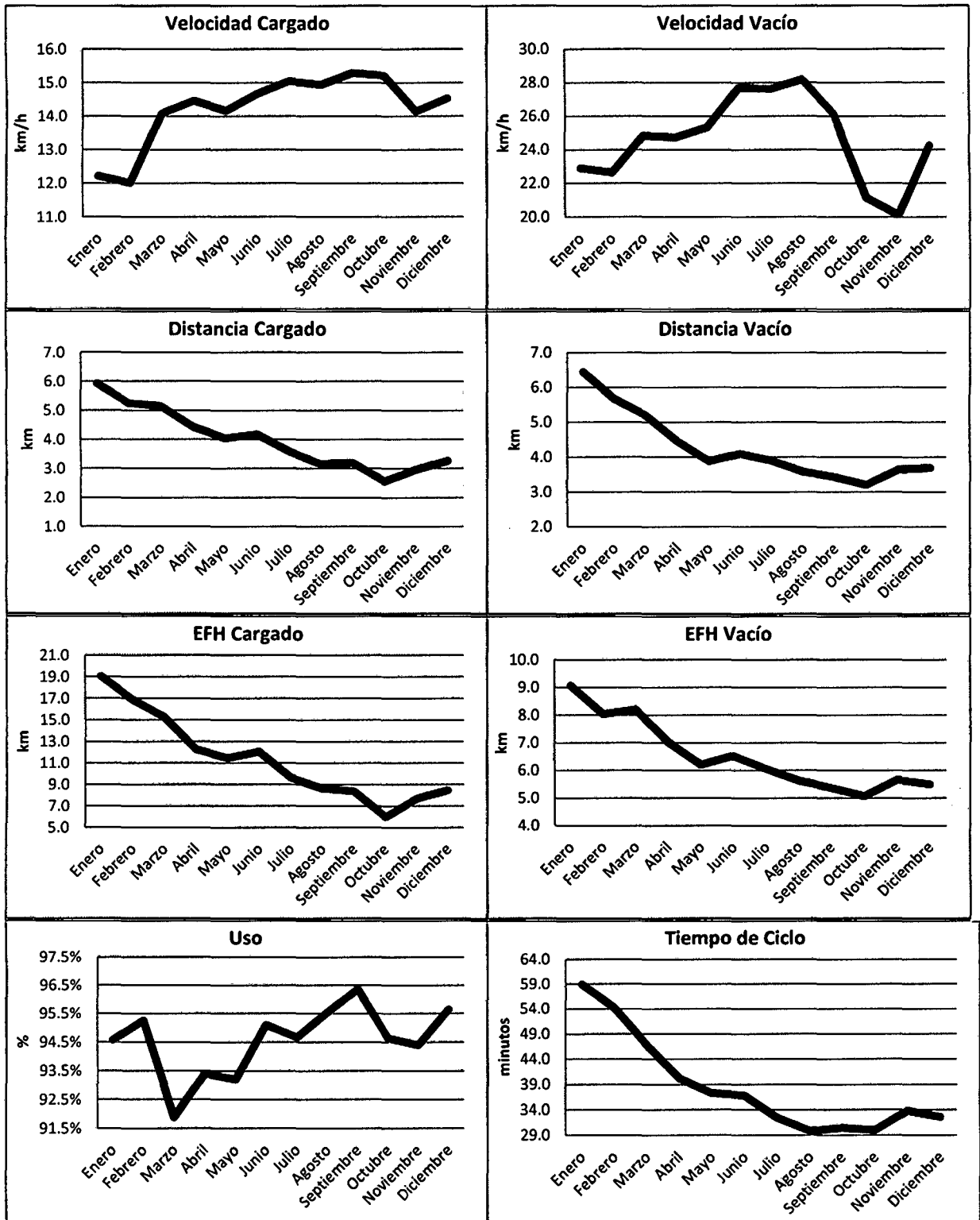
## VARIACION DE PARAMETROS MENSUALES AÑO 2010



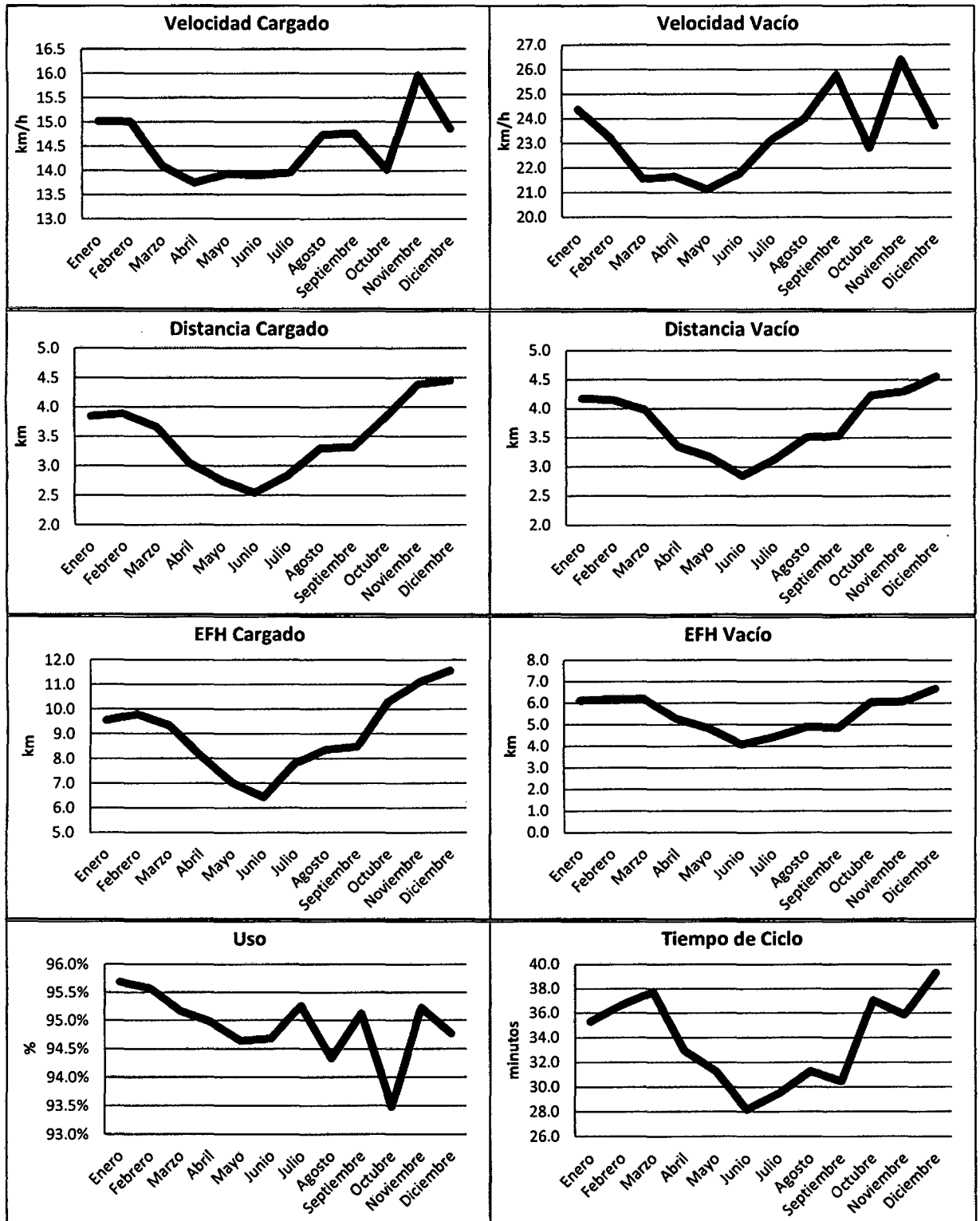
## VARIACION DE PARAMETROS MENSUALES AÑO 2011



## VARIACION DE PARAMETROS MENSUALES AÑO 2012



## VARIACION DE PARAMETROS MENSUALES AÑO 2013



## VARIACION DE PARAMETROS MENSUALES AÑO 2014

