



**INFORME FINAL**  
**“ANALISIS DE RENDIMIENTOS REALES DE MANO DE OBRA Y**  
**EQUIPOS EN UNA OBRA VIAL”**

PRESENTADO POR:  
**MAGALLY ASTRID BRAVO SCALANTE**

DIRECTOR:  
**INGENIERO. ALDEMAR JOSE GONZALEZ**

**POPAYÁN, MARZO DE 2006**



## TABLA DE CONTENIDO

Página

<b>1.</b>	<b>INTRODUCCIÓN:</b> .....	<b>3</b>
<b>2.</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>4</b>
<b>2.1</b>	OBJETIVO GENERAL.....	4
<b>2.2</b>	OBJETIVOS ESPECIFICOS .....	4
<b>3.</b>	<b>DESARROLLO DEL PROYECTO</b> .....	<b>6</b>
<b>3.1</b>	PRIMERA FASE DEL PROYECTO .....	<b>6</b>
3.1.1	LOCALIZACION DEL PROYECTO DE DONDE SE EXTRAERA LA INFORMACION.....	7
3.1.2	PERFIL LONGITUDINAL DE LA CARRETERA .....	9
3.1.3	ORGANIZACIÓN DE LAS COOPERATIVAS.....	10
3.1.4	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL PROYECTO .....	12
3.1.5	INFORMACION DE LA EMPRESA RECEPTORA.....	12
<b>3.2</b>	SEGUNDA FASE DEL PROYECTO .....	14
<b>3.3.</b>	TERCERA FASE DEL PROYECTO .....	16
3.3.1	DESCRIPCION DE LOS ITEM A ESTUDIAR .....	16
<b>4.0</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>19</b>
<b>5.0</b>	<b>EQUIPO DEL CONTRATISTA</b> .....	<b>22</b>
<b>6.0</b>	<b>RENDIMIENTOS OBTENIDOS EN EL CAMPO</b> .....	<b>23</b>
<b>7.0</b>	<b>ANALISIS ESTADISTICO</b> .....	<b>24</b>
7.1	INTRODUCCION .....	24
7.2	ESTADISTICA DESCRIPTIVA.....	25
7.3	BASE GRANULAR .....	29
7.3.1	PRIMERA CAPA DE BASE GRANULAR .....	29
7.3.2.	SEGUNDA CAPA DE BASE GRANULAR.....	35
7.4	PAVIMENTO ASFALTICO RECICLADO EN FRIO .....	41
7.5	CUNETAS EN CONCRETO CLAS F .....	46
7.6	MEZCLA DENSA EN CALIENTE .....	52
7.7	RELLENO ESTRUCTURAL .....	57
7.8	RESUMEN DE MEDIDAS ESTADISTICAS.....	65
<b>8.0</b>	<b>COMPARACION DE RENDIMIENTOS REALES - TEORICOS</b> .....	<b>67</b>
8.1	RENDIMIENTOS REALES PROMEDIO.....	68
8.2	RENDIMIENTOS TEORICOS .....	69
8.3	CUADRO COMPARATIVO DE RENDIMIENTOS .....	70
<b>9.0</b>	<b>REGISTRO FOTOGRAFICO</b> .....	<b>73</b>
10.0	PROPUESTA DE TRABAJO .....	104
11.0	OBSERVACIONES .....	105
12.0	CONCLUSIONES .....	107
13.0	RECOMENDACIONES.....	111
14.0	BIBLIOGRAFIA .....	113

PASANTIA

“ANÁLISIS DE RENDIMIENTOS REALES DE MANO DE OBRA Y EQUIPOS EN UNA OBRA VIAL”

MAGALLY ASTRID BRAVO SCALANTE



## **1. INTRODUCCION**

Conocer los rendimientos de la mano de obra y equipos es una de las necesidades primordiales para determinar el costo y la duración total de una obra durante su ejecución. Aunque ya existen tablas de rendimientos basadas en la experiencia personal de ingenieros de obra, estas no han sido el resultado de un estudio detallado, basado en un análisis estadístico e histórico que permita generalizarlas para su aplicación; además de ser rendimientos tomados hace mucho tiempo y se ven afectados por la evolución y uso de nuevas tecnologías.

Con el ánimo de obtener un presupuesto en general y una programación mas cercana a la realidad, que permita estimar costo total de la obra y tiempo de ejecución, tanto para la elaboración de las propuestas como para la ejecución de las mismas; se pretende realizar un trabajo, que comprende una recolección de datos, paralela al desarrollo del MEJORAMIENTO Y MANTENIMIENTO INTEGRAL DE LA RUTA MOJARRAS - POPAYÁN DEL CORREDOR VIAL DE OCCIDENTE (INCLUIDO EL MANTENIMIENTO RUTINARIO, LA SEÑALIZACIÓN, EL MONITOREO Y VIGILANCIA Y LOS CONTEOS DE TRANSITO) RUTA 25 TRAMO 2503, INCLUYE LA VARIANTE DE POPAYAN 25CCB, que posteriormente serán analizados para la materialización de un documento que contenga la información de rendimientos reales que tendrá la mano de obra y equipos en las diversas actividades de un proyecto.



---

---

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Elaborar un documento sobre rendimientos reales de mano de obra y equipos, basados en el contrato No 1930 de 2004, Ingeniería Estudios Control INESCO S.A. que realiza la interventoría técnica y administrativa para el Instituto Nacional de Vías “INVIAS”, cuyo objeto es el MEJORAMIENTO Y MANTENIMIENTO INTEGRAL DE LA RUTA MOJARRAS - POPAYÁN DEL CORREDOR VIAL DE OCCIDENTE (INCLUIDO EL MANTENIMIENTO RUTINARIO, LA SEÑALIZACIÓN, EL MONITOREO Y VIGILANCIA Y LOS CONTEOS DE TRANSITO) RUTA 25 TRAMO 2503, INCLUYE LA VARIANTE DE POPAYAN 25CCB, con el propósito de proporcionar una herramienta guía para la elaboración de propuestas, evaluación de las mismas, programación y control de proyectos de índole vial.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Vivenciar los procesos constructivos mediante la observación y toma de datos de las actividades ejecutadas durante el avance de la obra.
  
- Hacer un registro detallado de los recursos necesarios para cada actividad referente al número de trabajadores, equipos y tiempo que requiere cada actividad durante el proceso de construcción.



- Analizar los rendimientos reales de mano de obra y equipos, para la realización de cada una de las actividades de mantenimiento, conservación, rehabilitación y construcción de vías, con base en observaciones de campo.
  
- Presentar los resultados de rendimientos de mano de obra y equipos reales para cada una de las actividades constructivas que se estén ejecutando durante el periodo de esta pasantía, según el formato del INVIAS, especificando las condiciones de la obra en cada caso.
  
- Identificar cómo es afectado el rendimiento de la mano de obra y equipos por causa del estado del tiempo y demás condiciones del entorno.
  
- Comparar los rendimientos de mano de obra obtenidos en este estudio con los presentados por el contratista en su propuesta y con los ofrecidos en tablas.
  
- Recopilar la información y procesarla de tal forma que contribuya a la estandarización de los costos directos de mano de obra y equipos para evitar especulaciones y contribuir con esta información una base para un estudio más amplio en un futuro.



### **3. DESARROLLO DEL PROYECTO**

Este proyecto se ha venido desarrollando con un carácter tanto práctico como investigativo, y adicionalmente ha enriqueciendo, tanto en experiencia como en los nuevos conocimientos del área de las vías terrestres, según lo planteado en el plan de trabajo, en las actividades relacionadas con la construcción, mantenimiento y conservación vial.

#### **3.1 PRIMERA FASE DEL PROYECTO**

Dentro de la Primera fase del proyecto, se obtuvo información sobre el contrato No 1930 de 2004, Ingeniería Estudios Control INESCO S.A. que realiza la interventoría técnica y administrativa para el Instituto Nacional de Vías “INVIAS”, cuyo objeto es el MEJORAMIENTO Y MANTENIMIENTO INTEGRAL DE LA RUTA MOJARRAS - POPAYÁN DEL CORREDOR VIAL DE OCCIDENTE (INCLUIDO EL MANTENIMIENTO RUTINARIO, LA SEÑALIZACIÓN, EL MONITOREO Y VIGILANCIA Y LOS CONTEOS DE TRANSITO) RUTA 25 TRAMO 2503, INCLUYE LA VARIANTE DE POPAYAN 25CCB, el cual ha servido de apoyo para extraer la información que se necesitó para cumplir con el objeto de esta pasantía.



### **3.1.1. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO DE DONDE SE EXTRAERA LA INFORMACION**

El proyecto se localiza al Sur Occidente del Departamento del Cauca (sur de Popayán) entre las abscisas PR 0+000 (Mojarras) y PR 121+000 (Popayán), que corresponde a la Ruta 25 Tramo 2503, con una longitud de 121 Km, forma parte del Corredor Vial de Occidente, y sirve de comunicación entre los departamentos de Cauca y Nariño. Las principales poblaciones que se encuentran a lo largo del Corredor Vial son: Mojarras, Galíndez, El Estrecho, Patía, La Lupa, El Bordo, Piedrasentada, Párraga, Rosas, Timbio y Popayán. Predomina un terreno montañoso en un 46% (56 Km) a ondulado de 32% (39 Km) y un sector plano de 26 Km.. Adicionalmente se incluye la Variante de Popayán Ruta 25 CCB, que forma parte del Corredor Vial, con una longitud de 16.3 Km, y se construyó con el fin de aliviar el tránsito vehicular por la ciudad de Popayán. Toda la vía se encuentra pavimentada.

La carretera Mojarras – Popayán se desarrolla por sectores planos, ondulados y montañosos. Del PR 0 Mojarras (707 msnm) hasta el PR 31 Patía (655 msnm) el terreno es plano. Del PR31 al PR 41 El Bordo (1000 msnm) el terreno es montañoso. Del PR 41 al PR 54 Piedrasentada (1120 msnm) el terreno vuelve a ser plano. Del PR 54 al PR 62 El Peaje de El Bordo (1131 msnm) el terreno es ondulado. Del PR 62 al PR 103 Las Cruces (2030 msnm) el terreno es montañoso y del PR 103 al PR 121 Popayán (1793 msnm) el terreno es ondulado.

La Variante de Popayán se desarrolla toda por terreno ondulado, con una cota promedio de 1720 msnm.



## **LOCALIZACION DEL PROYECTO**

---

**PASANTIA**  
**“ANALISIS DE RENDIMIENTOS REALES DE MANO DE OBRA Y EQUIPOS EN UNA OBRA VIAL”**

MAGALLY ASTRID BRAVO SCALANTE





### **3.1.2. PERFIL LONGITUDINAL DE LA CARRETERA**



### **3.1.3. ORGANIZACIÓN DE LAS COOPERATIVAS**



Dentro del alcance de este contrato de mantenimiento integral se debe desarrollar el mantenimiento rutinario mediante Cooperativas de Trabajo Asociado que para este corredor vial son cuatro con un total de cuarenta socios, quienes realizan labores de rocería, limpieza de cunetas, limpieza de alcantarillas (Incluyendo encoles y descoles), limpieza de señales, remoción de derrumbes (Hasta de 30 m<sup>3</sup>), poda de árboles y retiro de obstáculos de la calzada.

Cada actividad de las cooperativas se califica mensualmente utilizando indicadores de mantenimiento, por ejemplo para la rocería, se especifica que debe permanecer con una altura menor a 30 centímetros.

Para el Corredor Vial Mojarras – Popayán y variante de Popayán las cooperativas se encuentran distribuidas como se muestra en el siguiente esquema:



### **3.1.4. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL PROYECTO**

Este Corredor Vial tiene una longitud de 121 Km entre Mojarras y Popayán. El PR 0+000 se encuentra en Mojarras y el PR 121+000 se encuentra en la entrada a Popayán, en el inicio de La Variante. Cuenta con 2 carriles, cada uno con un ancho de 3.65 metros y bermas que varían desde 0.20 metros en el sector PR 35 - PR 43 a 1.70 metros en el sector PR 108 al PR 121. No existe berma entre PR 54 – PR108.

La Variante de Popayán tiene una longitud de 16.3 Km

### **3.1.5. INFORMACION DE LA EMPRESA RECEPTORA INGENIERIA ESTUDIOS CONTROL “ INESCO S.A.”**

De la misma manera pudo conocer el funcionamiento interno de la Firma, su misión, visión, sus políticas de calidad, además de sus fases operativas dentro de la Territorial Cauca del Instituto Nacional de Vías, su conformación tanto en la parte técnica como administrativa, que ha permitido estar al tanto de los proyectos en ejecución y los respectivos ingenieros que están a cargo; además con ellos realizar las pertinentes visitas de obra programadas, donde se conoció la ruta Mojarras – Popayan y las obras que se están realizando en ella.

INESCO S.A. fundada en Abril 3 de 1970, se ha consolidado como una de las más importantes empresas consultoras de Colombia en el campo de la ingeniería, interventoría, diseños, asesorías, supervisión y asistencia técnica relacionadas principalmente con proyectos de Vías de comunicación, transportes, obras hidráulicas, energía eléctrica, estructuras comerciales,



ingeniería sanitaria, instalaciones industriales, proyectos ambientales, entre otros.

Realiza planeamiento estudios y diseños Fase I, II y III además de asesoría técnica e interventoría administrativa contable y financiera, gerencia de proyectos y obras:

- Estudios de Factibilidad Técnica y Económica Fases I y II.
- Proyectos de Nuevas Carreteras Fase III.
- Proyectos de Mejoramiento y Rehabilitación
- Proyectos de Mantenimiento Rutinario y Mantenimiento Periódico
- Estudios de Tránsito
- Señalización
- Puentes y otras Estructuras.
- Diseño Geométrico
- Túneles
- Estudios de Suelos
- Pavimentos
- Valorización
- Prediación
- Estudios Económicos y Financieros
- Concesiones.



### **3.2. SEGUNDA FASE DEL PROYECTO**

Igualmente y dentro de la Segunda Fase, se han elaborado unos formatos tanto para rendimiento de obra, como de equipo, los cuales se les ha entregado a los diferentes contratistas, interventores y administradores viales, con el fin de recolectar la mayor información posible que permita realizar un buen análisis. Adicionalmente se han realizado visitas con los ingenieros por parte de la interventoría de INESCO S.A., para recolectar información en el terreno y poder ver el avance de las actividades que se han venido realizando.

Dentro de las visitas se han vivenciado el desarrollo de las siguientes actividades:

- ❖ Se hicieron recorridos permanentes para supervisar el estado del Corredor Vial
- ❖ Se inspeccionó el trabajo de las cooperativas en cuanto a rocería, limpieza de cunetas, alcantarillas, defensas metálicas, señales verticales y poda de árboles para mejorar visibilidad en curvas.
- ❖ Seguimiento e inspección de los fallos en los PRs 92+0550, 99+0000 y 120+0250 para evitar una emergencia mayor.
- ❖ Se hizo seguimiento al material de derrumbe colocado en el botadero ubicado en el PR98+0700.
- ❖ Se hicieron recorridos del Corredor Vial para conocer el estado y avance de las actividades por parte del Director de Obra y el Ingeniero Residente de la Interventoría.
- ❖ Se realizaron visitas a las plantas trituradoras y asfálticas en Galíndez



- ❖ Asistencia y supervisión de las capacitaciones a las Microempresas.
- ❖ Recorridos permanentes en los frentes de obra para verificar el cumplimiento de los programas de Seguridad Industrial y Ambiental.
- ❖ Chequeo de los puntos de control topográfico en el monitoreo del comportamiento de los fallos y/o emergencias presentadas en el PR90+0000, PR90+0450 y PR92+0550
- ❖ Control de cérico de los materiales de reciclado, base granular y pavimento asfáltico.
- ❖ Supervisión, inspección y control de colocación de los materiales de reciclado y base granular y carpeta asfáltica.
- ❖ Supervisión y control del parcheo de emergencia en todo el corredor vial.
  
- ❖ Recorridos a los sectores afectados por las lluvias que ocasionan derrumbes para evaluar la magnitud de las emergencias.
- ❖ Supervisión y control de retiro y despeje de derrumbes para dar paso vehicular.
- ❖ Reporte y supervisión de los derrumbes en los PR 8+0150 y 8+0300, asentamiento en el PR92+0550 y en el talud inferior PR 120+0250
- ❖ Supervisión del parcheo en la variante de Popayán.



### **3.3. TERCERA FASE DEL PROYECTO**

En la medida que se alcanzó un volumen aceptable de información, se inició la tercera fase, la cual consiste en el procesamiento y sistematización de la información recolectada en el desarrollo de la primera y segunda fase, además del posterior análisis que se ha propuesto como objetivo principal y general en este proyecto.

#### **3.3.1. DESCRIPCION DE LOS ITEM A ESTUDIAR**

- Según especificaciones generales de construcción del Instituto Nacional De Vías:

##### **330.1 BASE GRANULAR**

###### DESCRIPCION

Este trabajo consiste en el suministro, transporte, colocación y compactación de material de base granular aprobado sobre una subbase, afirmado o subrasante, en una o varias capas, conforme con las dimensiones, alineamientos y pendientes señalados en los planos del proyecto u ordenados por el Interventor.





#### **461.1 RECICLADO EN FRIO DE PAVIMENTO ASFALTICO**

##### DESCRIPCION

Este trabajo consiste en la disgregación de las capas asfálticas y parte de la base granular de un pavimento existente, de acuerdo con las profundidades de corte señaladas en los documentos del proyecto o indicadas por el Interventor; la eventual adición de nuevos materiales pétreos y agua; la incorporación de emulsión asfáltica; y la mezcla, extensión y compactación de los materiales tratados de acuerdo con los planos del proyecto y las instrucciones del Interventor.

#### **671.1 CUNETAS REVESTIDAS EN CONCRETO**

##### DESCRIPCION

Este trabajo consiste en el acondicionamiento y el recubrimiento con concreto de las cunetas del proyecto de acuerdo con las formas y dimensiones y en los sitios señalados en los planos o determinados por el Interventor.

#### **450.1 MEZCLA DENSA EN CALIENTE (CONCRETO ASFALTICO)**

##### DESCRIPCION

Este trabajo consiste en la elaboración, transporte, colocación y compactación, de una o más capas de mezcla asfáltica de tipo denso, preparada en caliente, de acuerdo con esta especificación y de conformidad con los alineamientos, cotas, secciones y espesores indicados en los planos o determinados por el Interventor.



### **610.1 RELLENOS PARA ESTRUCTURAS**

Este trabajo consiste en la colocación en capas, humedecimiento o secamiento, conformación y compactación de los materiales adecuados provenientes de la misma excavación, de los cortes o de otras fuentes, para rellenos a lo largo de estructuras de concreto y alcantarillas, previa la ejecución de las obras de drenaje y subdrenaje contempladas en el proyecto o autorizadas por el Interventor.

Incluye, además, la construcción de capas filtrantes por detrás de los estribos, muros de contención y otras obras de arte, en los sitios y con las dimensiones señalados en los planos del proyecto o indicados por el Interventor, en aquellos casos en los cuales dichas operaciones no formen parte de otra actividad.



## 4. METODOLOGIA

Para la recolección de información se utilizó un formato donde se alistan los datos necesarios de un ítem específico, se registraron los diferentes equipos involucrados, la respectiva mano de obra, además de la cantidad y horas que duraron cada uno operando para la realización total de la actividad, en el que finalmente se obtenía un rendimiento diario de cada ítem; para el caso de este estudio, los ítem a evaluar, eran los que se estaban realizando durante el periodo en que se ejecutó esta pasantía, dichos ítem se describieron anteriormente según especificaciones del Instituto Nacional de Vías:

330.1 BASE GRANULAR

461.1 RECICLADO EN FRIO DE PAVIMENTO ASFALTICO

671. CUNETAS REVESTIDAS EN CONCRETO

454.3 MEZCLA DENSA EN CALIENTE (CONCRETO ASFALTICO)

610.1 RELLENOS PARA ESTRUCTURAS

La razón por la cual se decidió tomar la información de esta manera ( $m^3$  de ítem ejecutado por día), es porque el pago al contratista se hace por ítem realizado, y en el ítem están especificados todos los procedimientos a seguir para su ejecución, por lo tanto en el caso de llegar a hacer alguna comparación se facilitará más de esta manera.

Para el caso de comparar, con los rendimientos adoptados por el contratista, los cuales vienen divididos por equipo y mano de obra por



hora, se pueden obtener también dividiendo el rendimiento diario por el número de horas ejecutadas en el día por cada equipo o mano de obra correspondiente y así se obtiene el rendimiento  $m^3/hora$ .

La otra razón, por la que se tomaron los rendimientos por ítem ejecutado, es porque, en el momento de hacer una comparación se facilitara más de esta manera, ya que los rendimientos que se tomaran como base para la comparación, se encuentran en un formato similar, estos rendimientos son los utilizados por el Instituto Nacional de Vías INVIAS, para quien se está realizando el contrato en el que se llevo a cabo esta pasantía.

No se harán comparaciones con los rendimientos teóricos que se encuentran en catálogos de los equipos y maquinaria pesada, ya que estos rendimientos no tiene en cuenta, las condiciones reales de trabajo.

Para la toma de información, en el caso de los equipos se tuvo en cuenta el tiempo que duraba el equipo en movimiento, y para el caso de la mano de obra se tuvo en cuenta el tiempo que duraban el personal en obra; ya que para cuestión de pagos al personal se le paga por jornada.

El volumen de obra registrado en  $m^3$ , se midió el por el interventor, la longitud del tramo ejecutado en el día, por su ancho y su espesor para obtener el volumen en  $m^3$  de ítem ejecutado.



También se registro en el formato el tipo de terreno, el clima, la altura en (m) sobre el nivel del mar y tipo de equipo utilizado, ya que estos son factores que influyen notablemente en el rendimiento, para este caso solo se tiene información de un solo tipo de clima (seco), un solo tipo de terreno (plano) y equipos de buena capacidad, por lo anterior no es posible hacer una comparación con otro tipo de condiciones, por lo cual se recomienda para investigaciones futuras, la toma de rendimientos en otro tipo de contexto y así poder sacar mejores resultados, debido a que los rendimientos obtenidos son notablemente altos y se pueden deber al buen clima, ya que por condiciones de lluvia en muy pocas ocasiones se vio afectado el buen rendimiento de la actividad, además de tener un terreno plano que facilitaba aun mas las condiciones de obra y sin olvidar la alta capacidad de los equipos utilizados, los cuales en muy pocas ocasiones tuvieron fallas mecánicas.



## 5. EQUIPO DEL CONTRATISTA

TIPO	MARCA	MODELO	CAPACIDAD
Camión	Dodge	300	
Campero	Samurai	93	
Camioneta	Toyota	96	1 Ton
<b>Equipo en Plantas</b>			
Volquetas	Internacional	94	10 m3
Volquetas	Dina	95	12 m3
Volquetas	Brigadier	93	14 m3
Volquetas	Volvo		12 m3
Cargador	Komatsu	WA 180	1.5 m3.
Cargador	VOLVO	190-B	1.5 m3.
Retroexcavadora	Komatsu	PC 200	1 m3
Retroexcavadora	Caterpillar	318-C	
Retroexcavadora	Caterpillar	CA 320	0.9 m3
Bulldozer	Caterpillar	D6C	
Soldador	Lincon	SA-250	
Trit Primaria	Chyl-meang	2005	80 m <sup>3</sup> /h
Trit Secundaria	Allis Chalmers	2004	80 m <sup>3</sup> /h
Trit Terciaria	Norderberg	VBO 806	60 m <sup>3</sup> /h
Tanque Asfalto		2005	8000 galones
Planta electricas	Onda y Olimpam		6 y 17 kw
Planta asfaltica	ing. Becomp	BC110-2003	110 Ton/h
<b>Equipo en Obras</b>			
Pavimentadora	BARBER GRENN	BG-240	5.8 M3 Tolva
Recicladora	Caterpillar	RR-250	335 HP
Vibrocompactador	Dynapac	CA-151-AD	8.6 Ton
Comp Neumatico	INGRAM	Sep-00	12 Ton
Carrotanque	Internacional	1982	2700 gal
Irrigador de asfalto	Internacional	1994	2500 gal
Fresadora	Wirtgen	W-1000	202 HP
Motoniveladora	Caterpillar	140-G	140 HP
Vibrocompactador	Dynapac	CA-15 o CA-151	
volquetas	Doble troque		10
<b>Equipo Externo</b>			
Rana	Briggs & Stratton	13 HOHV	

PASANTIA

“ANÁLISIS DE RENDIMIENTOS REALES DE MANO DE OBRA Y EQUIPOS EN UNA OBRA VIAL”

MAGALLY ASTRID BRAVO SCALANTE



## **6. RENDIMIENTOS OBTENIDOS EN EL CAMPO**

---

PASANTIA

“ANÁLISIS DE RENDIMIENTOS REALES DE MANO DE OBRA Y EQUIPOS EN UNA OBRA VIAL”

MAGALLY ASTRID BRAVO SCALANTE



## 7. ANALISIS ESTADISTICO

### 7.1. INTRODUCCION

La necesidad del estudio de tiempos directo- muestreo intensivo, es un procedimiento en el cual los resultados de una tarea se observan directa y continuamente durante un periodo de tiempo limitado.

Se registran datos relativos al tiempo de trabajo y a la cantidad de trabajo asociado.

Se requiere que la unidad en la cual se va a medir la actividad, el método y las condiciones de trabajo, estén en la capacidad de ser registradas de tal forma que puedan ser reproducidas y examinadas en cualquier momento.

El análisis de diferentes condiciones es de importancia para el contratista, quien las deberá tener en cuenta para establecer sus precios, obtener la adjudicación del contrato y posteriormente, realizar las contrataciones de personal, equipos y compra de materiales.

En esta práctica se trataron los ítem que se estaban realizando por el contratista en el periodo en que se desarrollo esta pasantía, que detallan su código, nombre y descripción, unidad de medida según especificación del INVIAS y rendimiento dado en m<sup>3</sup> realizado en un día de trabajo, teniendo en cuenta los factores que afectaban dicho rendimiento.

El análisis de información para este estudio se apoya en la estadística descriptiva que consiste en la toma y presentación de una serie de datos en forma de tablas y graficas.

La estadística descriptiva comprende cualquier actividad relacionada con los datos y esta diseñada para resumir o describir los mismos sin factores

---

PASANTIA  
“ANALISIS DE RENDIMIENTOS REALES DE MANO DE OBRA Y EQUIPOS EN UNA OBRA VIAL”





pertinentes adicionales; esto es, sin intentar inferir nada que vaya mas allá de los datos, como tales.

La estadística descriptiva por lo general se deriva de observaciones hechas sólo acerca de una parte de un conjunto numeroso de elementos.

La naturaleza de los datos estadísticos, son la materia prima de las investigaciones estadísticas y surgen siempre que se toman medidas o se registran observaciones.

El proceso de medición se llevo a cabo teniendo en cuenta las circunstancias y distintos factores que pudieron afectar la medición (por ejemplo, fallas mecánicas en los equipos).

## 7.2. ESTADISTICA DESCRIPTIVA

### 7.2.1 VARIABLE CUANTITATIVA CONTINUA “X

X = “rendimiento real de mano de obra y equipo de un ítem determinado en m<sup>3</sup>/día.”

### 7.2.2 TAMAÑO DE LA MUESTRA (n)

**n** = (número de datos, en este caso serán el numero de días en los que se tomaron los datos)

### 7.2.3. INTERVALOS DE CLASE (m)

Se utiliza cuando la mayoría de los datos son distintos.

El numero de intervalos de clase (**m**) se escoge a criterio dependiendo de que tan dispersos están los datos pero debe estar entre 1 y 8 intervalos.

Generalmente se empieza por determinar las observaciones extremas (mínima y máxima):



Dato máximo = X máx.:

Dato mínimo = X min.

Los datos mínimo y máximo lo que definen es el rango de los datos.

7.2.4. RANGO DE LOS DATOS (R):

$$R = X_{\text{máximo}} - X_{\text{mínimo}}$$

7.2.5. TAMAÑO DEL INTERVALO (C):

$$C = \text{rango de los datos (R)} / \text{número de intervalos (m)}$$

Para determinar los intervalos se toma el dato menor y se le resta 0.05 (conocido como un posible error de cálculo) y este será el valor inicial del intervalo (**L<sub>0</sub>**)

7.2.6. LIMITES DE LOS INTERVALOS DE CLASE:

$$L_0 = X \text{ min.} - 0.05$$

$$L_1 = L_0 + C$$

$$L_2 = L_1 + C$$

$$L_n = L_{n-1} + C$$

Después se construye un cuadro de frecuencias donde se registran los intervalos, mitad del intervalo (M<sub>c</sub>), frecuencia absoluta (n<sub>i</sub>), frecuencia relativa (h<sub>i</sub>) y por ultimo la frecuencia absoluta acumulada (N<sub>i</sub>), en una tabla , para el posterior análisis y grafica de los datos.

i	Li-1 - Li	M <sup>c</sup>	n <sub>i</sub>	h <sub>i</sub>	Hi (%)	N <sub>i</sub>
---	-----------	----------------	----------------	----------------	--------	----------------



7.2.7. MITAD DEL INTERVALO  $M^c$ :

$$M^c = (L_{i-1} + L_i) / 2$$

7.2.8. FRECUENCIA ABSOLUTA ( $n_i$ )

Numero de veces que cae un dato dentro de un intervalo

7.2.9. FRECUENCIA RELATIVA ( $h_i$ ):

$$h_i = n_i / n$$

7.2.10. FRECUENCIA RELATIVA ACUMULADA ( $N_i$ ):

$$N_i = n_1 + n_2 + n_3 + \dots + n_i$$

Después de organizada la información, y resumiéndola a través del cuadro de frecuencia y de la representación grafica, se procede al calculo de la media, que en forma muy directa puede indicar rasgos muy importantes de la muestra, lo que se denomina reducción de datos.

7.2.11. LA MEDIA ARITMETICA:

como los datos corresponden a una variable discreta que esta organizada en un cuadro de frecuencias, se puede calcular así:

$$\mathbf{X} = \sum (\mathbf{M}^c * \mathbf{h}_i)$$

7.2.12. INDICADORES DE DISPERSION:

Son una medida de confianza en los indicadores de centralidad y dependen del grado de homogeneidad de los datos.



### 7.2.12.1. LA VARIANZA ( $S^2$ )

Es la medida de dispersión mas usada en la estadística, si los datos están agrupados en intervalos de clase, se calcula así:

$$S^2 = \sum_{i=1}^n h_i * (M^c - \bar{X})^2$$

### 7.2.12.2. LA DESVIACION ESTANDAR (S):

Indica que tan alejados están los datos de la media y se puede observar que tan dispersos están los datos respecto a la media

$$S = \sqrt{\sum_{i=1}^n h_i * (M^c - \bar{X})^2}$$

### 7.2.12.3. EL COEFICIENTE DE VARIACION (C.V.):

Por la estructura de la varianza se sabe que cuando aumenta la dispersión el valor de la varianza aumenta, por esa razón es usado como indicador de dispersión, e igualmente ocurre con la desviación estándar, pero el valor alto depende de la magnitud de los datos, como en este caso que la magnitud de los datos es grande, se obtendrán valores altos, debido a lo anterior se utilizara un indicador de dispersión que involucre la magnitud de los datos, llamado coeficiente de variación:

$$C.V. = (S / \bar{X}) * 100$$



### 7.3. BASE GRANULAR

#### 7.3.1 PRIMERA CAPA DE BASE GRANULAR

- **VARIABLE CUANTITATIVA CONTINUA “X”**

X = “rendimiento real de mano de obra y equipo de la primera capa de base granular en m<sup>3</sup>/día.”

Rendimientos reales obtenidos en el campo de  
La primera capa de base granular.

169,00	367,00	403,00
170,00	369,00	437,00
190,00	369,00	451,00
225,00	394,00	451,00
241,00	395,00	474,00
346,00	403,00	576,00
346,00	403,00	733,00

- **TAMAÑO DE LA MUESTRA (n)**

**n** = (número de datos, en este caso serán el numero de días en los que se tomaron los datos)

$$n = 21$$

- **INTERVALOS DE CLASE (m)**

m = 5 intervalos

- **RANGO DE LOS DATOS (R):**

Dato mínimo: X<sub>min</sub> = 169

Dato máximo: X<sub>max</sub> = 733

$$R = X_{\text{máximo}} - X_{\text{mínimo}}$$



$$R = 733 - 169 = 564$$

- **TAMAÑO DEL INTERVALO (C):**

C = rango de los datos (R) / número de intervalos (m)

$$C = 564 / 5 = 112.8$$

Para determinar los intervalos se toma el dato menor y se le resta 0.05 (conocido como un posible error de cálculo) y este será el valor inicial del intervalo (**L<sub>0</sub>**)

- **LIMITES DE LOS INTERVALOS DE CLASE:**

L<sub>0</sub> = X min. -0.05 (posible error de calculo)

$$L_0 = 169 - 0.05 = 168.95$$

$$L_1 = L_0 + C$$

$$L_1 = 168.95 + 112.8 = 281.75$$

$$L_2 = 281.75 + 112.8 = 394.55$$

Así sucesivamente se calculan los intervalos restantes.

- **MITAD DEL INTERVALO M<sup>C</sup>:**

$$M^C = (L_{i-1} + L_i) / 2$$

$$M^C = (168.95 + 281.75) / 2 = 225.35$$

Así sucesivamente para los otros intervalos

- **FRECUENCIA ABSOLUTA (n<sub>i</sub>)**

Numero de veces que cae un dato dentro de un intervalo

Para el primer intervalo ( L<sub>0</sub> – L<sub>1</sub>) => n<sub>1</sub> = 5 datos que están dentro de este intervalo, para los demás intervalos se hace lo mismo.



- **FRECUENCIA RELATIVA ( $h_i$ ):**

$$h_i = n_i / n$$

$$h_i = 5/21 = 0.24$$

- **FRECUENCIA RELATIVA ACUMULADA ( $N_i$ ):**

$$N_i = n_1 + n_2 + n_3 + \dots + n_i$$

**CUADRO DE FRECUENCIAS DE LOS RENDIMIENTOS**

i	li-1	li	MC	ni	hi	hi(%)	Ni
1,00	168,95	281,75	225,35	5,00	0,24	23,81	5,00
2,00	281,75	394,55	338,15	6,00	0,29	28,57	11,00
3,00	394,55	507,35	450,95	5,00	0,24	23,81	16,00
4,00	507,35	620,15	563,75	4,00	0,19	19,05	20,00
5,00	620,15	732,95	676,55	1,00	0,05	4,76	21,00
				21,00	1,00	100,00	

Como se puede observar en la tabla, solo el 4.76% de los días, se encontraron rendimientos entre 620.15 y 732.95 m<sup>3</sup>/día, este porcentaje representa un día en el que el rendimiento se vio incrementado porque el avance de la obra no estaba cumpliendo con el cronograma de trabajo estimado y se hizo necesario aumentar el ritmo de trabajo, si vamos al dato de campo para ese día, se puede observar que ese día la motoniveladora y el vibrocompactador trabajaron mas horas que en un día normal de trabajo, pero sin embargo para los mismos equipos y mismo personal, el aumento de este rendimiento se debe principalmente a la exigencia de trabajo.

- **LA MEDIA ARITMETICA:**

como los datos corresponden a una variable discreta que esta organizada en un cuadro de frecuencias, se puede calcular así:



$$X = \sum (M^c * h_i)$$

$$X = 397.24$$

En promedio el rendimiento real de primera capa de base es de **397.24m<sup>3</sup>/día**.

- **INDICADORES DE DISPERSION:**

- **LA VARIANZA (S<sup>2</sup>)**

$$S^2 = \sum_{i=1}^n h_i * (M^c - \bar{X})^2$$

$$S^2 = 17715.28$$

- **LA DESVIACION ESTANDAR (S):**

Indica que tan alejados están los datos de la media y puedo observar que tan dispersos están los datos respecto a la media

$$S = \sqrt{\sum_{i=1}^n h_i * (M^c - \bar{X})^2}$$

$$S = 133.10$$

Entre menor sea la desviación estándar, mas confiabilidad se tiene acerca del promedio de rendimiento real obtenido, ya que indica que los datos no se encuentran tan dispersos, con respecto al centro de masa o media aritmética.

- **COEFICIENTE DE VARIACION (C.V):**

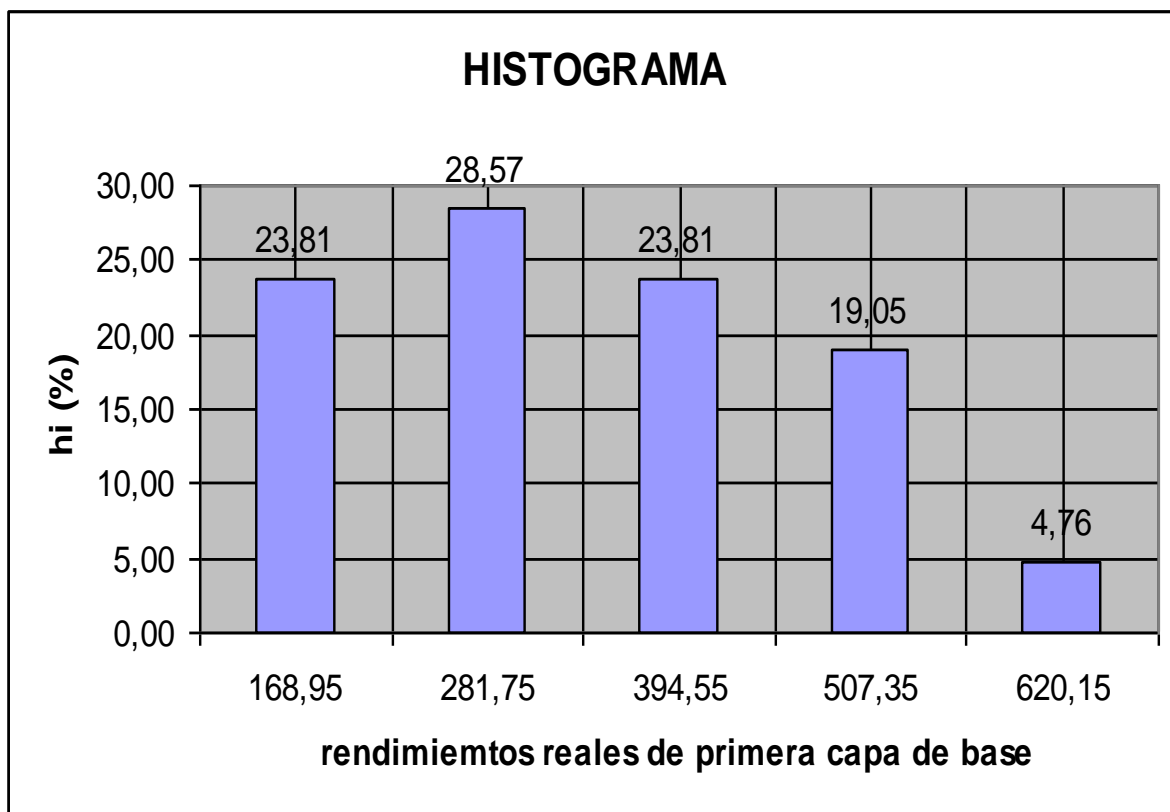
$$C.V. = (S / \bar{X}) * 100$$

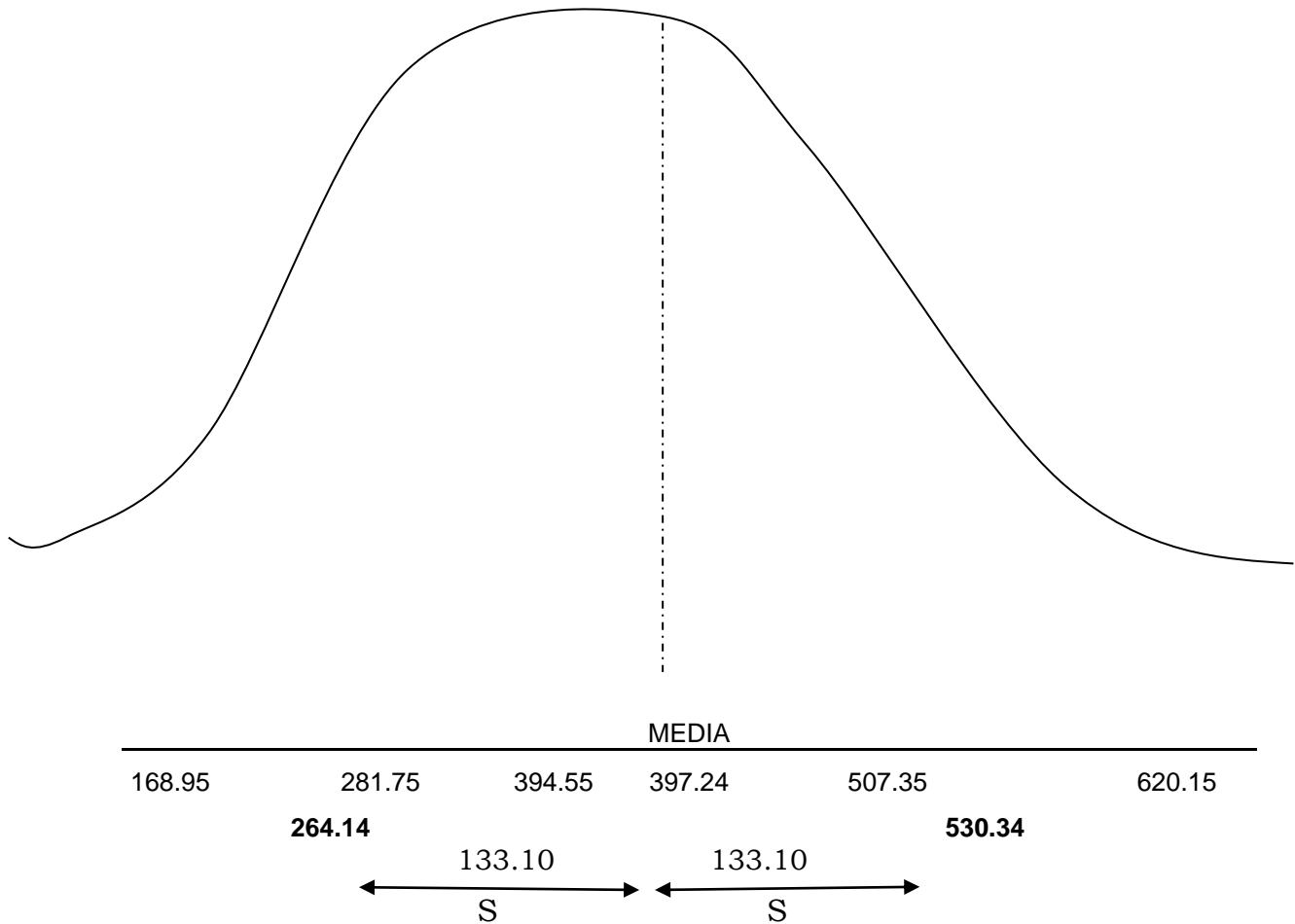
$$C.V = (133.10/397.24) * 100 = 33.5\%$$





Indica una dispersión del 33.5% de los datos, en este caso la dispersión no es tan alta y se puede tener confiabilidad del promedio de rendimiento real obtenido, ya que indica que los datos no se encuentran tan dispersos, con respecto al centro masa o media aritmética, además el histograma se asemeja a una curva de distribución de frecuencia normal con una asimetría leve o sesgo positiva.





La variabilidad de los datos, o los datos se encuentran dispersos a  $133.10 \text{ m}^3/\text{día}$  del centro de masa o media aritmética, por lo que se puede decir que los rendimientos reales del ítem están entre  $264.14$  y  $530.34 \text{ m}^3/\text{día}$ .



### 7.3.2 SEGUNDA CAPA DE BASE GRANULAR

- **VARIABLE CUANTITATIVA CONTINUA “X”**

X = “rendimiento real de mano de obra y equipo de la segunda capa de base granular en m<sup>3</sup>/día.”

Rendimientos reales obtenidos en el campo de  
La segunda capa de base granular.

173	249	322
187	250	324
187	250	324
200	275	326
212	288	346
225	288	367
225	300	369
225	300	395
225	300	395
226	300	426

- **TAMAÑO DE LA MUESTRA (n)**

**n** = (número de datos, en este caso serán el numero de días en los que se tomaron los datos)

$$n = 30$$

- **INTERVALOS DE CLASE (m)**

$$m = 5 \text{ intervalos}$$

- **RANGO DE LOS DATOS (R):**

$$\text{Dato mínimo: } X_{\min} = 426$$

$$\text{Dato máximo: } X_{\max} = 173$$

$$R = X_{\max} - X_{\min}$$



$$R = 426 - 173 = 253$$

- **TAMAÑO DEL INTERVALO (C):**

C = rango de los datos (R) / número de intervalos (m)

$$C = 253 / 5 = 50.6$$

Para determinar los intervalos se toma el dato menor y se le resta 0.05 (conocido como un posible error de cálculo) y este será el valor inicial del intervalo (**L<sub>0</sub>**)

- **LIMITES DE LOS INTERVALOS DE CLASE:**

L<sub>0</sub> = X min. -0.05 (posible error de calculo)

$$L_0 = 173 - 0.05 = 172.95$$

$$L_1 = L_0 + C$$

$$L_1 = 172.95 + 50.6 = 223.55$$

$$L_2 = 223.55 + 50.6 = 274.15$$

Así sucesivamente se calculan los intervalos restantes.

- **MITAD DEL INTERVALO M<sup>C</sup>:**

$$M^C = (L_{i-1} + L_i) / 2$$

$$M^C = (172.95 + 223.55) / 2 = 198.25$$

Así sucesivamente para los otros intervalos

- **FRECUENCIA ABSOLUTA (n<sub>i</sub>)**

Numero de veces que cae un dato dentro de un intervalo

Para el primer intervalo ( L<sub>0</sub> – L<sub>1</sub>) => n<sub>1</sub> = 5 datos que están dentro de este intervalo, para los demás intervalos se hace lo mismo.



- **FRECUENCIA RELATIVA ( $h_i$ ):**

$$h_i = n_i / n$$

$$h_i = 5/30 = 0.17$$

- **FRECUENCIA RELATIVA ACUMULADA ( $N_i$ ):**

$$N_i = n_1 + n_2 + n_3 + \dots + n_i$$

**CUADRO DE FRECUENCIAS DE LOS RENDIMIENTOS**

i	li-1 - li	MC	ni	hi	hi(%)	Ni
1	172.95 - 223.55	198.25	5	0.17	17	5
2	223.55 - 274.15	248.85	8	0.27	27	13
3	274.15 - 324.75	299.45	10	0.33	33	23
4	324.75 - 375.35	350.05	4	0.13	13	27
5	375.35 - 425.95	400.65	3	0.10	10	30
			30	1.00	100	

- Como se puede observar en la tabla, el 10% de los días, se encontraron rendimientos entre 375.35 y 425.95 m<sup>3</sup>/día, este porcentaje representa un tres días en los que los rendimientos se vieron incrementados, si vamos a los datos de campo se puede observar que en esos días la motoniveladora y el vibrocompactador trabajaron mas horas que en un día normal de trabajo, pero sin embargo para los mismos equipos y mismo número de obreros el aumento de este rendimiento se debe al equipo, por lo que se puede concluir que el rendimiento depende básicamente del equipo, o que la mayor influencia del rendimiento es del equipo, ya que para el mismo número de obreros y la misma cantidad de tiempo laborada por los obreros, el rendimiento se ve afectado principalmente es por la cantidad de tiempo que trabajo el equipo, por lo que se podría concluir que el rendimiento de la mano de obra depende del rendimiento del equipo y que la misma no tiene mayor incidencia en los rendimientos reales de la obra.



- Observando los rendimientos mas bajos, están alrededor del 17% que corresponden a rendimientos de 5 días, y en promedio están alrededor de 198.25 m<sup>3</sup>/día, en comparación con los rendimientos mas altos de los otros días, son rendimientos razonables porque si nos vamos a los datos de campo, los rendimientos que están entre 172.95 y 223.55 m<sup>3</sup>/día, son rendimientos obtenidos en tiempos menores en comparación con los otros rendimientos, (por ejemplo, el 30 de noviembre se obtuvo un rendimiento de 173 m<sup>3</sup>/día, pero se hizo prácticamente en la ½ del tiempo de los otros días)
- **LA MEDIA ARITMETICA:**

como los datos corresponden a una variable discreta que esta organizada en un cuadro de frecuencias, se puede calcular así:

$$X = \sum (M^c * h_i)$$

$$X = 285.96$$

En promedio el rendimiento real de primera capa de base es de **285.96 m<sup>3</sup>/día.**

- **INDICADORES DE DISPERSION:**
- **LA VARIANZA (S<sup>2</sup>)**

$$S^2 = \sum_{i=1}^n h_i * (M^c - \bar{X})^2$$

$$S^2 = 3573.12$$

- **LA DESVIACION ESTANDAR (S):**

Indica que tan alejados están los datos de la media y se puede observar que tan dispersos están los datos respecto a la media



$$S = \sqrt{\sum_{i=1}^n h_i * (M^c - \bar{X})^2}$$

$$S = 59.9$$

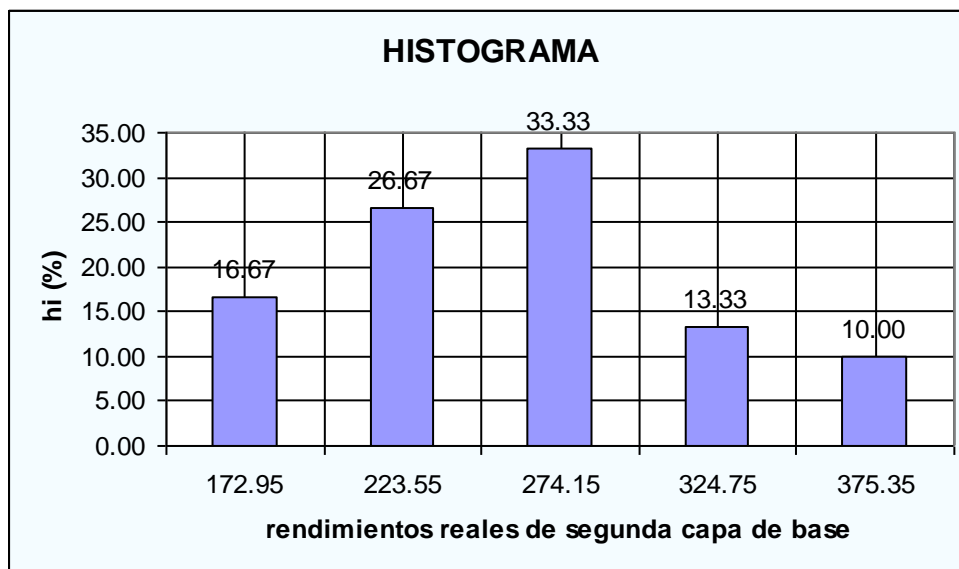
Entre menor sea la desviación estándar, mas confiabilidad se tiene acerca del promedio de rendimiento real obtenido, ya que indica que los datos no se encuentran tan dispersos, con respecto al centro de masa o media aritmética.

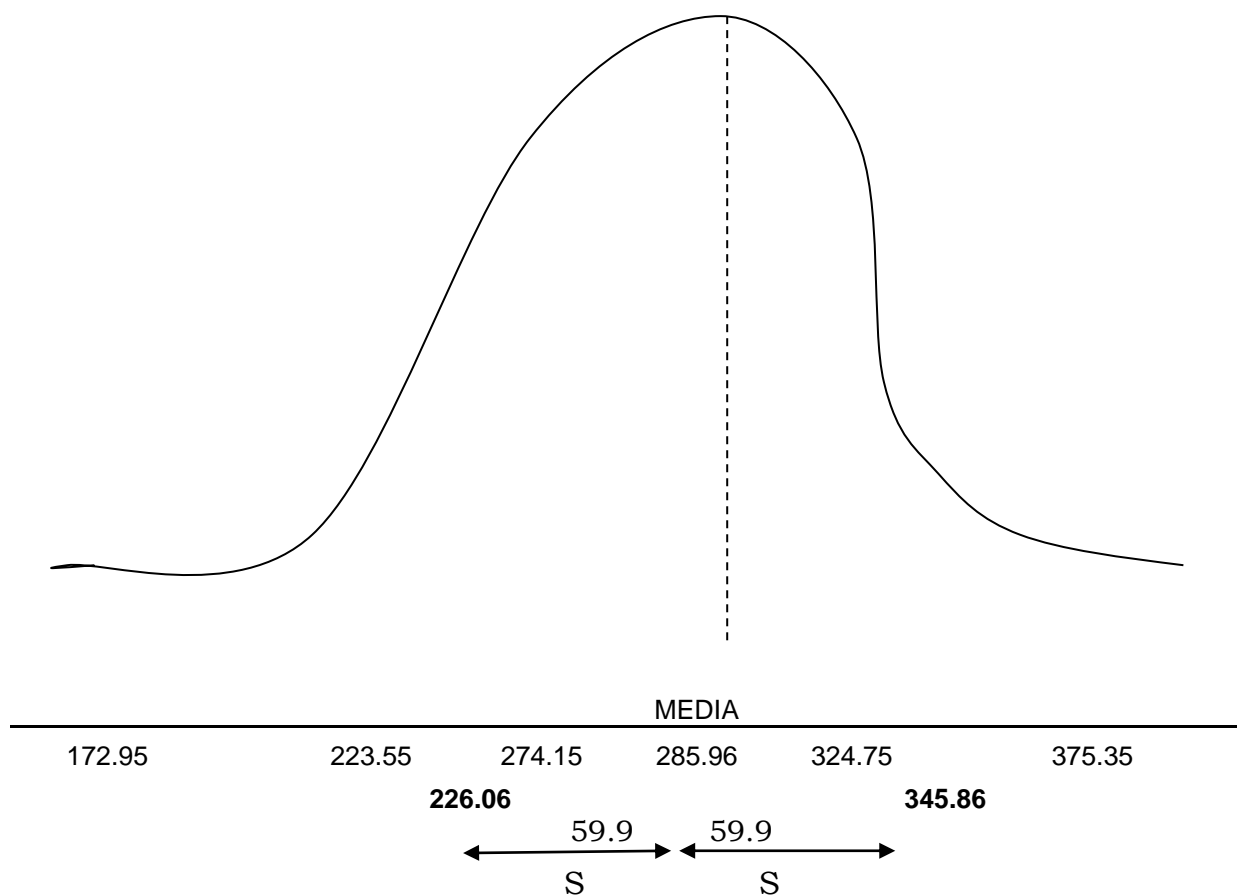
- **COEFICIENTE DE VARIACION (C.V):**

$$C.V. = (S / \bar{X}) * 100$$

$$C.V = (59.9/285.96) * 100 = 21\%$$

Indica una dispersión del 21% de los datos, lo que nos indica una dispersión relativamente pequeña y se puede tener confiabilidad del promedio de rendimiento real obtenido, ya que muestra que los datos no se encuentran tan dispersos, con respecto al centro de masa o media aritmética. El histograma se asemeja a una curva de distribución normal con una asimetría leve positiva.





La variabilidad de los datos, o los datos se encuentran dispersos a  $50.90 \text{ m}^3/\text{día}$  del centro de masa o media aritmética, por lo que se puede decir que los rendimientos reales del ítem están entre  $226.06$  y  $345.86 \text{ m}^3/\text{día}$ .





#### 7.4. PAVIMENTO ASFALTICO RECICLADO EN FRIO

- **VARIABLE CUANTITATIVA CONTINUA “X”**

X = “rendimiento real de mano de obra y equipo de pavimento asfaltito reciclado en frío sin emulsión asfáltica en m<sup>3</sup>/día.”

Rendimientos reales obtenidos en el campo de  
Pavimento asfáltico reciclado en frío.

252	378	403	454	504
252	378	404	454	504
252	378	404	454	504
252	378	404	454	504
252	378	404	454	504
267	378	404	454	515
353	378	429	504	529
378	378	429	504	530
378	378	429	504	555
378	378	454	504	555

- **TAMAÑO DE LA MUESTRA (n)**

**n** = (número de datos, en este caso serán el numero de días en los que se tomaron los datos)

$$n = 50$$

- **INTERVALOS DE CLASE (m)**

$$m = 4 \text{ intervalos}$$

- **RANGO DE LOS DATOS (R):**

$$\text{Dato mínimo: } X_{\min} = 252$$

$$\text{Dato máximo: } X_{\max} = 555$$



$$R = X_{\text{máximo}} - X_{\text{mínimo}}$$

$$R = 555 - 252 = 303$$

- **TAMAÑO DEL INTERVALO (C):**

C = rango de los datos (R) / número de intervalos (m)

$$C = 303 / 4 = 75.75$$

Para determinar los intervalos se toma el dato menor y se le resta 0.05 (conocido como un posible error de cálculo) y este será el valor inicial del intervalo (**L<sub>0</sub>**)

- **LIMITES DE LOS INTERVALOS DE CLASE:**

L<sub>0</sub> = X min. -0.05 (posible error de calculo)

$$L_0 = 252 - 0.05 = 251.95$$

$$L_1 = L_0 + C$$

$$L_1 = 251.95 + 75.75 = 327.7$$

Así sucesivamente se calculan los intervalos restantes.

- **MITAD DEL INTERVALO M<sup>C</sup>:**

$$M^C = (L_{i-1} + L_i) / 2$$

$$M^C = (251.95 + 327.7) / 2 = 289.825$$

Así sucesivamente para los otros intervalos

- **FRECUENCIA ABSOLUTA (n<sub>i</sub>)**

Numero de veces que cae un dato dentro de un intervalo

Para el primer intervalo (L<sub>0</sub> – L<sub>1</sub>) => n<sub>1</sub> = 6 datos que están dentro de este intervalo, para los demás intervalos se hace lo mismo.



- **FRECUENCIA RELATIVA (hi):**

$$h_i = n_i / n$$

$$h_i = 6/50 = 0.12$$

- **FRECUENCIA RELATIVA ACUMULADA (Ni):**

$$N_i = n_1 + n_2 + n_3 + \dots + n_i$$

**CUADRO DE FRECUENCIAS DE LOS RENDIMIENTOS**

i	li-1	li	MC	ni	hi	hi(%)	Ni
1	251.95	327.7	289.825	6	0.12	12	6
2	327.7	403.45	365.575	15	0.3	30	21
3	403.45	479.2	441.325	15	0.3	30	36
4	479.2	554.95	517.075	14	0.28	28	50
				50	1	100	

Como se puede observar en la tabla, tan solo el 12% de los días, se encontraron rendimientos entre 251.95 y 327.7 m<sup>3</sup>/día, este porcentaje representa 6 días en los que el rendimiento disminuyó, si observamos los datos de campo nos damos cuenta que los rendimientos se vieron afectados por fallas mecánicas con el vibrocompactador, donde incluso en algunos días se vieron suspendida las actividades, la otra razón por la cual bajaron los rendimientos es porque el tiempo de trabajo de los equipos se redujo en comparación con el tiempo normal de trabajo. (por ejemplo: 21 de junio y 9 de agosto 2005)

- **LA MEDIA ARITMETICA:**

como los datos corresponden a una variable discreta que esta organizada en un cuadro de frecuencias, se puede calcular así:

$$X = \sum (M^c * h_i)$$



$$X = 421.63$$

En promedio el rendimiento real de primera capa de base es de **421.63m<sup>3</sup>/día**.

- **INDICADORES DE DISPERSION:**

- **LA VARIANZA (S<sup>2</sup>)**

$$S^2 = \sum_{i=1}^n h_i * (M^C - \bar{X})^2$$

$$S^2 = 5694.45$$

- **LA DESVIACION ESTANDAR (S):**

Indica que tan alejados están los datos de la media y se puede observar que tan dispersos están los datos respecto a la media

$$S = \sqrt{\sum_{i=1}^n h_i * (M^C - \bar{X})^2}$$

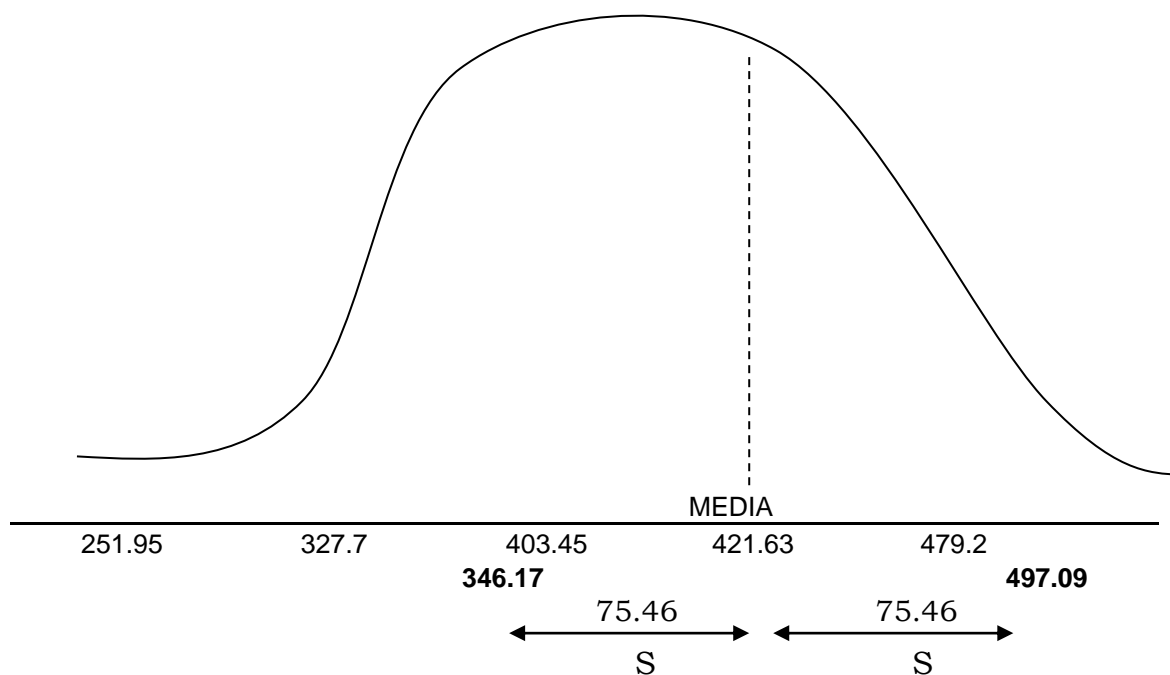
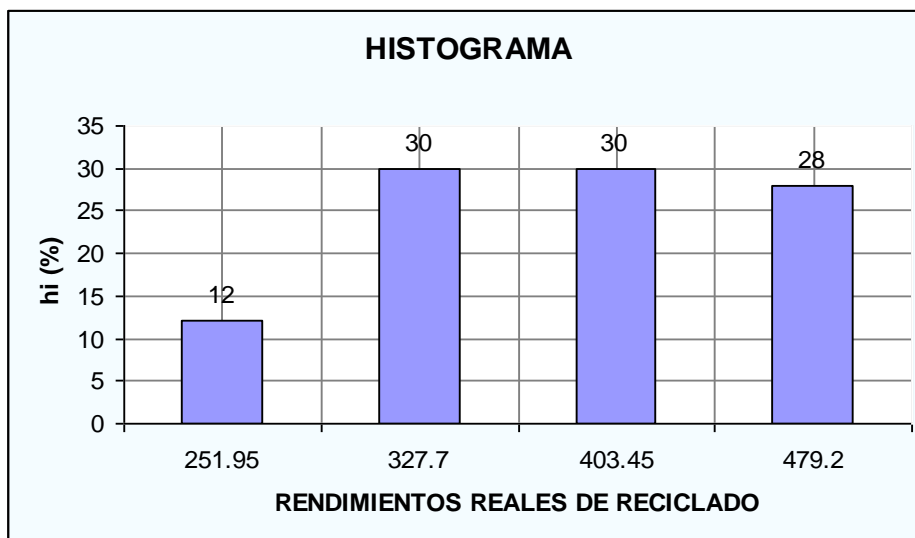
$$S = 75.46$$

- **COEFICIENTE DE VARIACION (C.V):**

$$C.V. = (S / \bar{X}) * 100$$

$$C.V = (75.46/421.63) * 100 = 17.8\%$$

Indica una dispersión relativamente pequeña y se puede tener confiabilidad del promedio de rendimiento real obtenido, ya que indica que los datos no se encuentran tan dispersos, con respecto al centro de masa o media aritmética.



los datos se encuentran dispersos a  $75.46 \text{ m}^3/\text{día}$  del centro de masa o media aritmética, por lo que se puede decir que los rendimientos reales del ítem están entre  $346.17$  y  $497.09 \text{ m}^3/\text{día}$ . El histograma se asemeja a una curva de distribución normal con un sesgo o asimetría negativa leve.



## 7.5. CUNETAS EN CONCRETO CLASE F

- **VARIABLE CUANTITATIVA CONTINUA “X”**

X = “rendimiento real de mano de obra y equipo de cunetas en concreto clase F, en m<sup>3</sup>/día.”

Rendimientos reales obtenidos en el campo de cunetas en concreto clase F

5	10	13	18
5	11	13	18
9	11	16	23
9	11	16	23
9	13	18	23

- **TAMAÑO DE LA MUESTRA (n)**

**n** = (número de datos, en este caso serán el numero de días en los que se tomaron los datos)

$$n = 20$$

- **INTERVALOS DE CLASE (m)**

$$m = 4 \text{ intervalos}$$

- **RANGO DE LOS DATOS (R):**

Dato mínimo:  $X_{\min} = 23$

Dato máximo:  $X_{\max} = 5$

$$R = X_{\max} - X_{\min}$$

$$R = 23 - 5 = 18$$



- **TAMAÑO DEL INTERVALO (C):**

$C = \text{rango de los datos (R)} / \text{número de intervalos (m)}$

$$C = 18 / 4 = 4.5$$

Para determinar los intervalos se toma el dato menor y se le resta 0.05 (conocido como un posible error de cálculo) y este será el valor inicial del intervalo (**L<sub>0</sub>**)

- **LIMITES DE LOS INTERVALOS DE CLASE:**

$L_0 = X \text{ min. } -0.05$  (posible error de calculo)

$$L_0 = 5 - 0.05 = 4.95$$

$$L_1 = L_0 + C$$

$$L_1 = 4.95 + 4.5 = 9.45$$

Así sucesivamente se calculan los intervalos restantes.

- **MITAD DEL INTERVALO M<sup>C</sup>:**

$$M^C = (L_{i-1} + L_i) / 2$$

$$M^C = (4.95 + 9.45) / 2 = 7.2$$

Así sucesivamente para los otros intervalos

- **FRECUENCIA ABSOLUTA (n<sub>i</sub>)**

Numero de veces que cae un dato dentro de un intervalo

Para el primer intervalo ( $L_0 - L_1$ )  $\Rightarrow n_1 = 5$  datos que están dentro de este intervalo, para los demás intervalos se hace lo mismo.

- **FRECUENCIA RELATIVA (h<sub>i</sub>):**

$$h_i = n_i / n$$



$$h_i = 5/20 = 0.25$$

- **FRECUENCIA RELATIVA ACUMULADA (Ni):**

$$N_i = n_1 + n_2 + n_3 + \dots + n_i$$

**CUADRO DE FRECUENCIAS DE LOS RENDIMIENTOS**

i	li-1 - li		MC	ni	hi	hi(%)	Ni
1	4.95	9.45	7.2	5	0.25	25	5
2	9.45	13.95	11.7	7	0.35	35	12
3	13.95	18.45	16.2	5	0.25	25	17
4	18.45	22.95	20.7	3	0.15	15	20
				20	1	100	

- Como se puede observar en la tabla, el 15% de los días, se encontraron rendimientos entre 18.45 y 22.95 m<sup>3</sup>/día, este porcentaje representa 3 días en los que los rendimientos aumentaron, si observamos los datos de campo nos damos cuenta que los rendimientos aumentaron ya que se trabajó prácticamente el doble de tiempo en comparación con los otros días. (Por ejemplo: 26 de septiembre, se trabajó durante 8 horas con un rendimiento de 23 m<sup>3</sup>/día y el 24 de septiembre se trabajó 5 horas con un rendimiento de 13 m<sup>3</sup>/ día.
- Cabe anotar que en el caso de cunetas donde los rendimientos dependen principalmente de la mano de obra, los rendimientos varían notoriamente en comparación con los rendimientos de los ítem donde el rendimiento depende del equipo principal de cada actividad como en el caso de base granular, mezcla densa en caliente y pavimento asfáltico reciclado en frío donde el rendimiento de la mano de obra se ve condicionado al rendimiento del equipo.





- **LA MEDIA ARITMETICA:**

como los datos corresponden a una variable discreta que esta organizada en un cuadro de frecuencias, se puede calcular así:

$$X = \sum (M^c * h_i)$$

$$X = 13.05$$

En promedio el rendimiento real de primera capa de base es de **13.05 m<sup>3</sup>/día**.

- **INDICADORES DE DISPERSION:**

- **LA VARIANZA (S<sup>2</sup>)**

$$S^2 = \sum_{i=1}^n h_i * (M^c - \bar{X})^2$$

$$S^2 = 20.45$$

- **LA DESVIACION ESTANDAR (S):**

Indica que tan alejados están los datos de la media y se puede observar que tan dispersos están los datos respecto a la media

$$S = \sqrt{\sum_{i=1}^n h_i * (M^c - \bar{X})^2}$$

$$S = 4.5$$

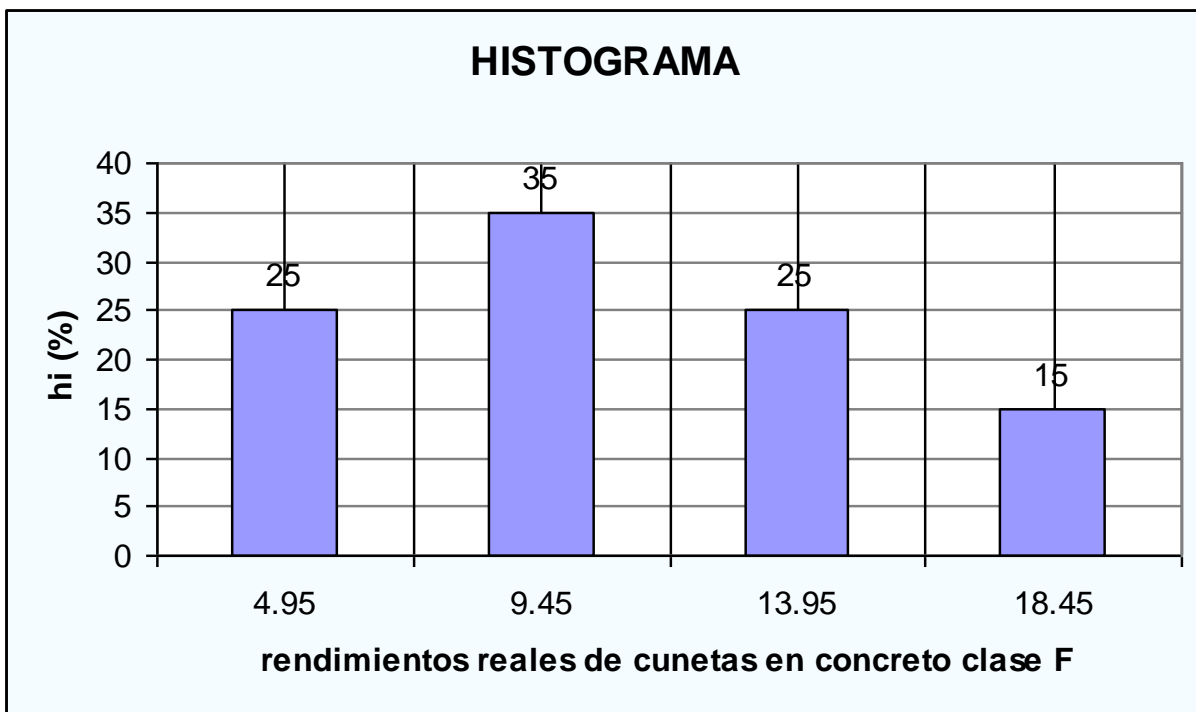
- **COEFICIENTE DE VARIACION (C.V):**

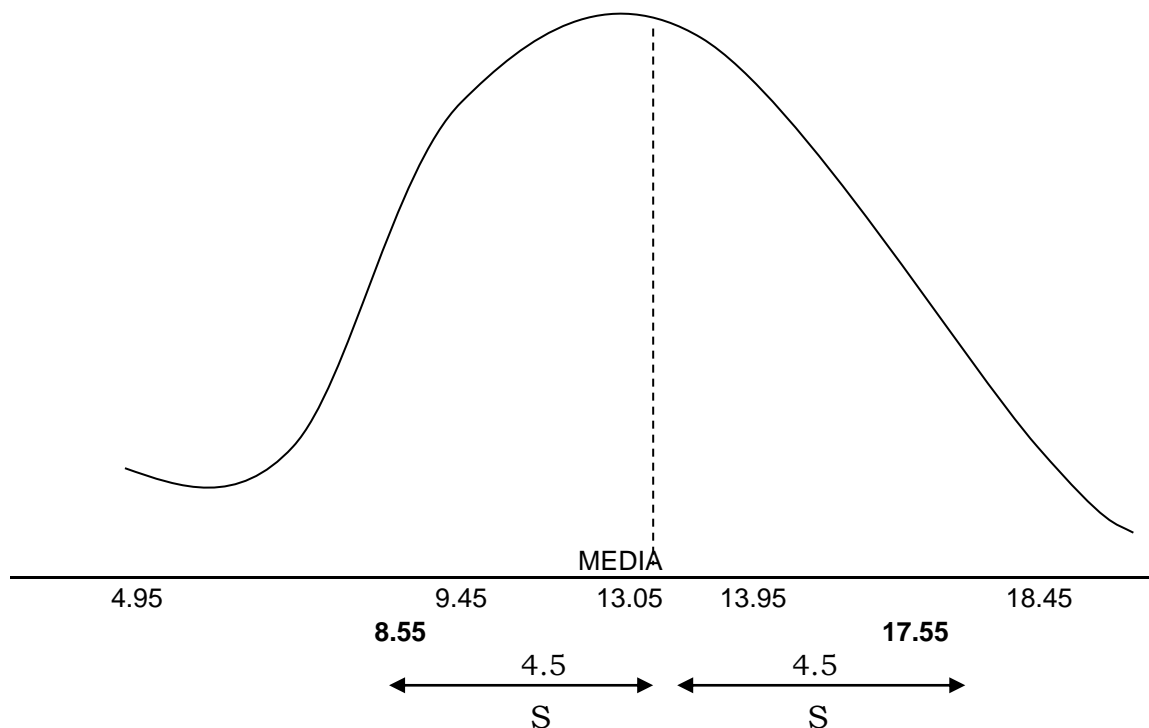
$$C.V. = (S / \bar{X}) * 100$$

$$C.V = (4.5 / 13.05) * 100 = 34.5\%$$



Indica una dispersión del 34.5% de los datos, lo que nos confirma que en el caso de ítem donde el rendimiento depende principalmente de la mano de obra hay mayor dispersión de los datos, en este caso la dispersión no es tan alta y se puede tener confiabilidad del promedio de rendimiento real obtenido, ya que indica que los datos no se encuentran tan dispersos, con respecto al centro de masa o media aritmética, además el histograma se asemeja a una curva de distribución de frecuencia normal con una asimetría o sesgo leve positivo.





los datos se encuentran dispersos a  $4.5 \text{ m}^3/\text{día}$  del centro de masa o media aritmética, por lo que se puede decir que los rendimientos reales del ítem están entre  $8.55$  Y  $17.5 \text{ m}^3/\text{día}$  y no están tan dispersos. El histograma se asemeja a una curva de distribución normal con un sesgo o asimetría positiva leve.



## 7.6. MEZCLA DENSA EN CALIENTE (MDC - 2)

- VARIABLE CUANTITATIVA CONTINUA “X”**

X = “rendimiento real de mano de obra y equipo de mezcla densa en caliente MDC - 2, en m<sup>3</sup>/día.”

Rendimientos reales obtenidos en el campo  
de mezcla densa en caliente MDC - 2

118.00	162.00	180.00	203.00	236.00
118.00	165.00	180.00	203.00	236.00
130.00	169.00	186.00	203.00	239.00
133.00	172.00	186.00	203.00	243.00
139.00	172.00	191.00	203.00	243.00
145.00	172.00	191.00	203.00	253.00
158.00	172.00	191.00	219.00	253.00
158.00	175.00	202.00	219.00	270.00
160.00	176.00	203.00	236.00	270.00
				276.00

5.00	tramo pendiente
39.00	se averió la planta
61.00	se averió la planta

Los datos anteriores, fueron eliminados del análisis, ya que fueron considerados como datos atípicos que podían distorsionar influyentemente los resultados, debido a que no fueron tomados en condiciones normales de trabajo, y se vieron afectados por condiciones obligadas de trabajo

- TAMAÑO DE LA MUESTRA (n)**

**n** = (número de datos, en este caso serán el numero de días en los que se tomaron los datos)

n = 46



- **INTERVALOS DE CLASE (m)**

m = 4 intervalos

- **RANGO DE LOS DATOS (R):**

Dato mínimo: Xmin = 276

Dato máximo: Xmax = 118

$$R = X_{\text{máximo}} - X_{\text{mínimo}}$$

$$R = 276 - 118 = 158$$

- **TAMAÑO DEL INTERVALO (C):**

C = rango de los datos (R) / número de intervalos (m)

$$C = 158 / 4 = 39.5$$

Para determinar los intervalos se toma el dato menor y se le resta 0.05 (conocido como un posible error de cálculo) y este será el valor inicial del intervalo (**L<sub>0</sub>**)

- **LIMITES DE LOS INTERVALOS DE CLASE:**

L<sub>0</sub> = X min. -0.05 (posible error de calculo)

$$L_0 = 118 - 0.05 = 117.95$$

$$L_1 = L_0 + C$$

$$L_1 = 117.95 + 39.5 = 157.45$$

Así sucesivamente se calculan los intervalos restantes.

- **MITAD DEL INTERVALO M<sup>C</sup>:**

$$M^C = (L_{i-1} + L_i) / 2$$

$$M^C = (117.95 + 157.45) / 2 = 137.7$$

---

PASANTIA

“ANÁLISIS DE RENDIMIENTOS REALES DE MANO DE OBRA Y EQUIPOS EN UNA OBRA VIAL”

MAGALLY ASTRID BRAVO SCALANTE



Así sucesivamente para los otros intervalos

- **FRECUENCIA ABSOLUTA (ni)**

Numero de veces que cae un dato dentro de un intervalo

Para el primer intervalo (  $L_0 - L_1$  )  $\Rightarrow n_1 = 6$  datos que están dentro de este intervalo, para los demás intervalos se hace lo mismo.

- **FRECUENCIA RELATIVA (hi):**

$$h_i = n_i / n$$

$$h_i = 6/46 = 0.25$$

- **FRECUENCIA RELATIVA ACUMULADA (Ni):**

$$N_i = n_1 + n_2 + n_3 + \dots + n_i$$

### CUADRO DE FRECUENCIAS DE LOS RENDIMIENTOS

i	li-1	li	MC	ni	hi	hi(%)	Ni
1.00	117.95	157.45	137.70	6.00	0.13	13.04	6.00
2.00	157.45	196.95	177.20	19.00	0.41	41.30	25.00
3.00	196.95	236.45	216.70	13.00	0.28	28.26	38.00
4.00	236.45	275.95	256.20	8.00	0.17	17.39	46.00
				46.00	1.00	100.00	

- Como se puede observar en la tabla, el 13% de los días, se encontraron rendimientos entre 117.95 Y 157.45 m<sup>3</sup>/día, este porcentaje representa 6 días en los que los rendimientos disminuyeron, si observamos los datos de campo nos damos cuenta que los rendimientos disminuyeron debido a que el tiempo de trabajo de los equipos y mano de obra era menor al de los otros días (por ejemplo: 20 de enero de 2006, la finisher trabajo tan solo 3 horas y los otros días trabajo de 6 a 8 horas; lo mismo ocurrió con la mano de obra que trabajo 6 horas y normalmente trabajan 8 horas)



- **LA MEDIA ARITMETICA:**

como los datos corresponden a una variable discreta que esta organizada en un cuadro de frecuencias, se puede calcular así:

$$X = \sum (M^c * h_i)$$

$$X = 196.95$$

En promedio el rendimiento real de primera capa de base es de **196.95 m<sup>3</sup>/día.**

- **INDICADORES DE DISPERSION:**

- **LA VARIANZA (S<sup>2</sup>)**

$$S^2 = \sum_{i=1}^n h_i * (M^c - \bar{X})^2$$

$$S^2 = 1339.78$$

- **LA DESVIACION ESTANDAR (S):**

Indica que tan alejados están los datos de la media y se puede observar que tan dispersos están los datos respecto a la media

$$S = \sqrt{\sum_{i=1}^n h_i * (M^c - \bar{X})^2}$$

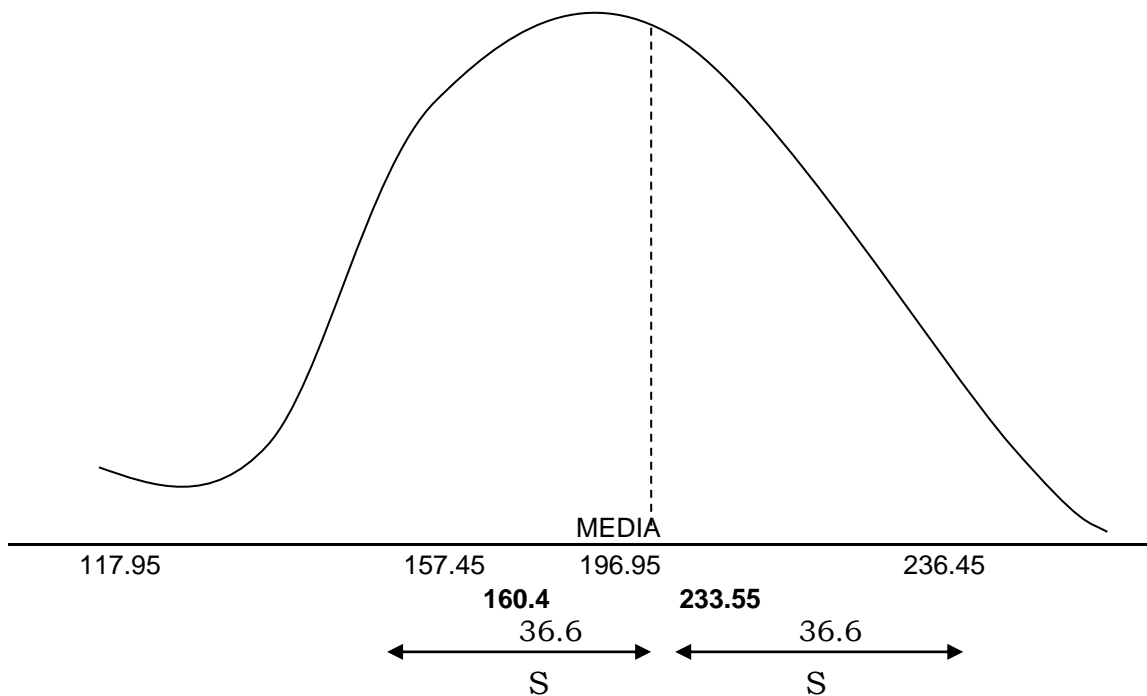
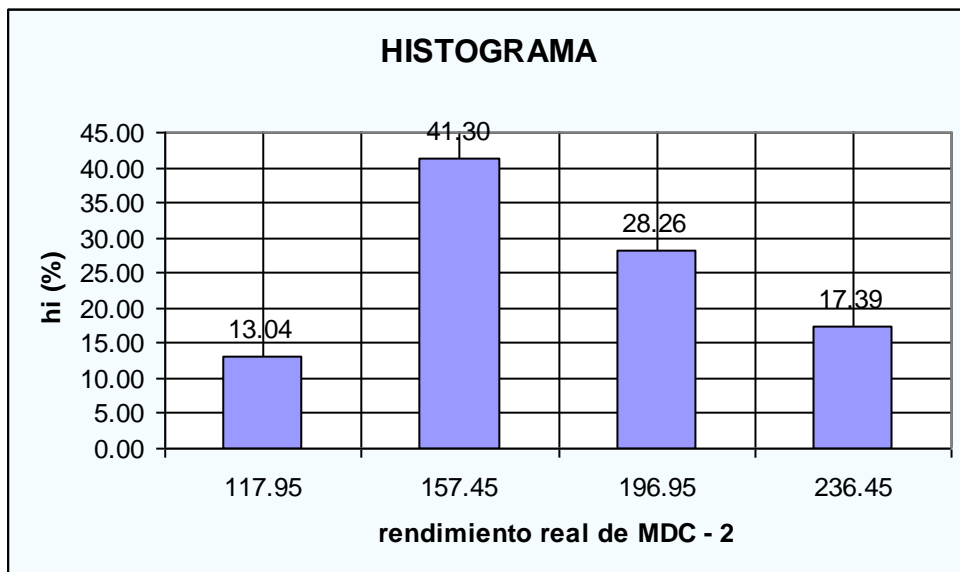
$$S = 36.6$$

- **COEFICIENTE DE VARIACION (C.V):**

$$C.V. = (S / \bar{X}) * 100$$

$$C.V = (36.6/196.95) * 100 = 18.6\%$$

Indica una dispersión del 18.6 % de los datos, Indica una dispersión relativamente pequeña y se puede tener confiabilidad del promedio de rendimiento real obtenido, ya que muestra que los datos no se encuentran tan dispersos, con respecto al centro de masa o media aritmética



los datos se encuentran dispersos a  $36.6 \text{ m}^3/\text{día}$  del centro de masa o media aritmética, por lo que se puede decir que los rendimientos reales del ítem están entre  $106.4$  y  $233.55 \text{ m}^3/\text{día}$ .

PASANTIA  
“ANÁLISIS DE RENDIMIENTOS REALES DE MANO DE OBRA Y EQUIPOS EN UNA OBRA VIAL”





## 7.7. RELLENO PARA ESTRUCTURAS

- **VARIABLE CUANTITATIVA CONTINUA “X”**

X = “rendimiento real de mano de obra y equipo de relleno para estructuras, en m<sup>3</sup>/día.”

Rendimientos reales obtenidos en el campo  
de relleno para estructuras ( m<sup>3</sup>/día)

129	80	45	35
125	80	40	34
109	75	40	32
104	75	40	31
99	70	39	30
94	70	36	30
90	62	36	30
90	50	35	30
90	50	35	30
80	47	35	

- **TAMAÑO DE LA MUESTRA (n)**

**n** = (número de datos, en este caso serán el numero de días en los que se tomaron los datos)

n = 39

- **INTERVALOS DE CLASE (m)**

m = 4 intervalos

- **RANGO DE LOS DATOS (R):**

Dato mínimo: X<sub>min</sub> = 30

Dato máximo: X<sub>max</sub> = 129



$$R = X_{\text{máximo}} - X_{\text{mínimo}}$$

$$R = 129 - 30 = 99$$

- **TAMAÑO DEL INTERVALO (C):**

C = rango de los datos (R) / número de intervalos (m)

$$C = 99 / 4 = 24.75$$

Para determinar los intervalos se toma el dato menor y se le resta 0.05 (conocido como un posible error de cálculo) y este será el valor inicial del intervalo (**L<sub>0</sub>**)

- **LIMITES DE LOS INTERVALOS DE CLASE:**

L<sub>0</sub> = X min. -0.05 (posible error de calculo)

$$L_0 = 30 - 0.05 = 29.95$$

$$L_1 = L_0 + C$$

$$L_1 = 29.95 + 24.75 = 54.7$$

Así sucesivamente se calculan los intervalos restantes.

- **MITAD DEL INTERVALO M<sup>C</sup>:**

$$M^C = (L_{i-1} + L_i) / 2$$

$$M^C = (29.95 + 54.7) / 2 = 42.33$$

Así sucesivamente para los otros intervalos

- **FRECUENCIA ABSOLUTA (n<sub>i</sub>)**

Numero de veces que cae un dato dentro de un intervalo



Para el primer intervalo (  $L_0 - L_1$  )  $\Rightarrow n_1 = 22$  datos que están dentro de este intervalo, para los demás intervalos se hace lo mismo.

- **FRECUENCIA RELATIVA ( $h_i$ ):**

$$h_i = n_i / n$$

$$h_i = 22/39 = 0.56$$

- **FRECUENCIA RELATIVA ACUMULADA ( $N_i$ ):**

$$N_i = n_1 + n_2 + n_3 + \dots + n_i$$

### CUADRO DE FRECUENCIAS DE LOS RENDIMIENTOS

i	$li-1$	$li$	MC	$n_i$	$h_i$	$h_i(\%)$	$N_i$
1.00	29.95	54.70	42.33	22	0.56	56.41	22
2.00	54.70	79.45	67.08	5	0.13	12.82	27
3.00	79.45	104.20	91.83	9	0.23	23.08	36
4.00	104.20	128.95	116.58	3	0.08	7.69	39
				39	1.00	100.00	

- **LA MEDIA ARITMETICA:**

$$X = \sum (M^c * h_i)$$

$$X = 62.63$$

En promedio el rendimiento real de primera capa de base es de **62.63 m<sup>3</sup>/día**.

- **INDICADORES DE DISPERSION:**

- **LA VARIANZA ( $S^2$ )**

$$S^2 = \sum_{i=1}^n h_i * (M^c - \bar{X})^2$$

$$S^2 = 655.66$$



- **LA DESVIACION ESTANDAR (S):**

Indica que tan alejados están los datos de la media y se puede observar que tan dispersos están los datos respecto a la media

$$S = \sqrt{\sum_{i=1}^n h_i * (M^C - \bar{X})^2}$$

$$S = 25.61$$

- **COEFICIENTE DE VARIACION (C.V):**

$$C.V. = (S / \bar{X}) * 100$$

$$C.V = (25.61/62.63) * 100 = 41\%$$

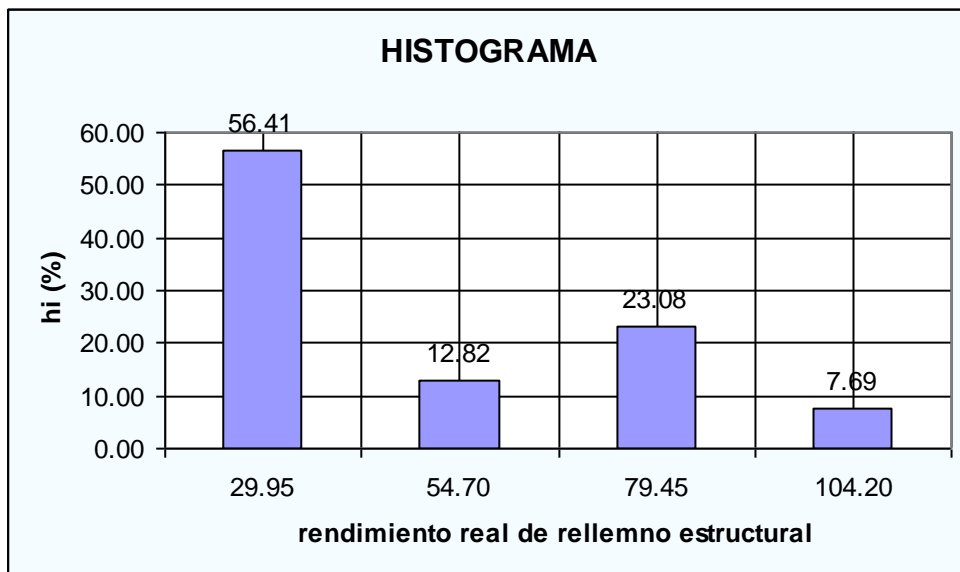
Indica una dispersión del 41% de los datos, lo que nos confirma que en el caso de ítem donde el rendimiento depende principalmente de la mano de obra hay mayor dispersión de los datos, en este caso la dispersión es alta y no puede tener confiabilidad del promedio de rendimiento real obtenido, ya que indica que los datos se encuentran muy dispersos, con respecto al centro de masa o media aritmética.

- Como se puede observar en la tabla de frecuencias, el 56% de los días, se encontraron rendimientos entre 29.95 y 54.7m<sup>3</sup>/día, este porcentaje representa 22 días que son aproximadamente la mitad de los días en que se tomaron los datos y en los que los rendimientos disminuyeron, si observamos los datos de campo nos damos cuenta que los rendimientos disminuyeron debido a que el tiempo de trabajo de los equipos en esos días se redujo prácticamente a la mitad y la mano de obra era menor a la de los otros días, además que se utilizó tan solo una rana para la compactación y



el tiempo que demoro la volqueta trayendo material fue la mitad de tiempo que en los otros días, (por ejemplo: 26 de enero de 2006, se utilizo tan solo una rana en la compactación, el acarreo de material para relleno lo realizo una volqueta y se utilizo una cuadrilla de trabajo, para un rendimiento de 30 m<sup>3</sup>/día, mientras que el 25 de enero de 2006, se utilizaron 2 ranas en la compactación, dos volquetas trayendo material de relleno y habían 2 cuadrillas de trabajo por lo tanto el rendimiento fue de 80 m<sup>3</sup>/día y, lo que nos comprueba que el rendimiento es prácticamente la mitad pero debido también a que el equipo y mano de obra también eran la mitad por lo tanto el rendimiento es aproximadamente el mismo.

- Ahora si vamos a los rendimientos tomados el 5 y 6 de septiembre donde se utilizo tan solo una rana y una volqueta, pero el 5 de septiembre la rana trabajo 8 horas, la volqueta 2 horas y el numero de obreros fue 15, para un rendimiento de 129 m<sup>3</sup>/día; y el 6 de septiembre la rana trabajo 4 horas, la volqueta 1 hora y el numero de obreros fue 8, para un rendimiento de 39 m<sup>3</sup>/día, podemos anotar que hay cierta proporcionalidad entre la cantidad de equipo y mano de obra , el numero de horas trabajadas por los mismos y los rendimientos obtenidos.
- Igualmente es importante resaltar que el rendimiento de un día cualquiera depende también de la cantidad de material que llegue a la obra, como en este caso, entre mas material de relleno llegue, mayor deberá ser el rendimiento de la actividad debido a la exigencia del ingeniero que este a cargo, y por el contrario si no llega suficiente material a la obra, los obreros pueden disminuir su ritmo de trabajo holgadamente.



Como se puede observar la distribución de los valores no es normal, debido a la dispersión tan alta de los datos por las condiciones anteriormente nombradas, se ha decidido dividir los rendimientos en los que se utilizaba el doble de personal y el doble de equipo entre dos para manejar todos los rendimientos alrededor de las mismas condiciones.

Rendimientos reales corregidos de  
relleno para estructuras ( m<sup>3</sup>/día)

30.0	35.0	40.0
30.0	35.0	40.0
30.00	36.4	45.00
30.00	36.4	45.00
30.00	37.5	45.0
31.2	37.5	45.00
31.2	39.0	46.80
33.80	40.0	49.5
35.00	40.00	50.0
35.0	40.00	62.4
35.0	40.00	64.0
35.00		



---

---

i	li-1 - li		MC	ni	hi	hi(%)	Ni
1.00	29.95	38.45	34.20	18.00	0.53	52.94	22.00
2.00	38.45	46.95	42.70	11.00	0.32	32.35	33.00
3.00	46.95	55.45	51.20	3.00	0.09	8.82	36.00
4.00	55.45	63.95	59.70	2.00	0.06	5.88	38.00
				34.00	1.00	100.00	

- **LA MEDIA ARITMETICA:**

como los datos corresponden a una variable discreta que esta organizada en un cuadro de frecuencias, se puede calcular así:

$$X = \sum (M^c * h_i)$$

$$X = 39.95$$

En promedio el rendimiento real de primera capa de base es de **39.95 m<sup>3</sup>/día**.

- **INDICADORES DE DISPERSION:**

- **LA VARIANZA (S<sup>2</sup>)**

$$S^2 = \sum_{i=1}^n h_i * (M^c - \bar{X})^2$$

$$S^2 = 54.06$$

- **LA DESVIACION ESTANDAR (S):**

Indica que tan alejados están los datos de la media y se puede observar que tan dispersos están los datos respecto a la media

$$S = \sqrt{\sum_{i=1}^n h_i * (M^c - \bar{X})^2}$$

$$S = 7.35$$



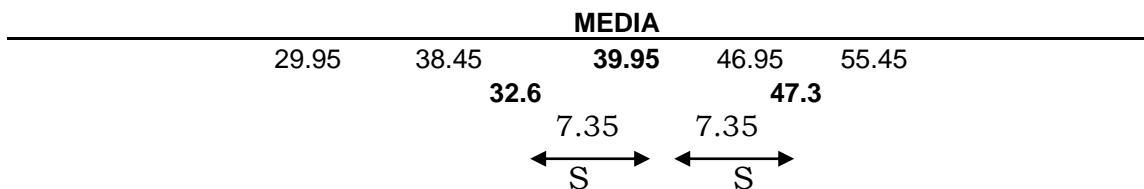
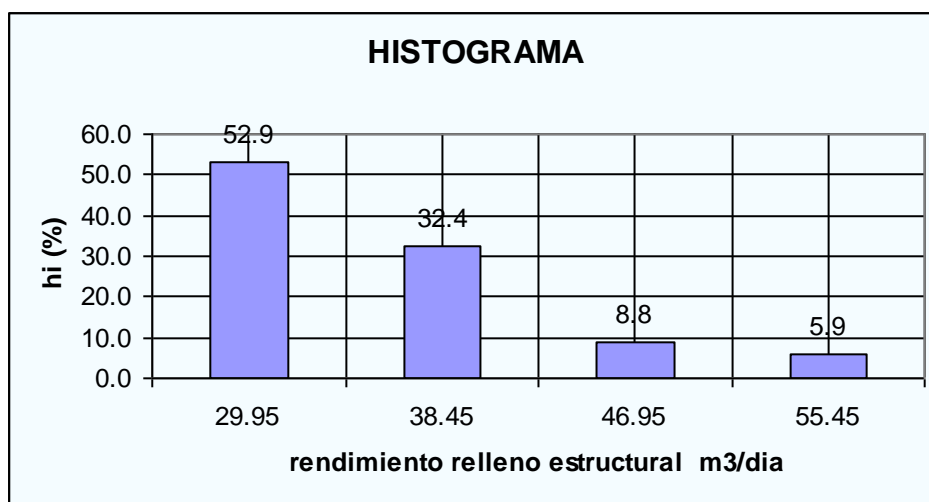
• **COEFICIENTE DE VARIACION (C.V):**

$$C.V. = (S / \bar{X}) * 100$$

$$C.V = (7.35/39.95) * 100 = 18.4 \%$$

Indica una dispersión relativamente pequeña y se puede tener confiabilidad del promedio de rendimiento real obtenido, ya que indica que los datos no se encuentran tan dispersos, con respecto al centro de masa o media aritmética.

Se puede observar una curva de frecuencia asimétrica positiva.



los datos se encuentran dispersos a  $7.35 \text{ m}^3/\text{día}$  del centro de masa o media aritmética, por lo que se puede decir que los rendimientos reales del ítem están entre  $32.6$  y  $47.3 \text{ m}^3/\text{día}$ .





## 7.8. RESUMEN DE LAS MEDIDAS ESTADISTICAS

Las siguientes medidas estadísticas se obtuvieron a partir de datos no agrupados con herramientas de Excel y como nos podemos dar cuenta los resultados son muy similares lo que nos indica que el análisis concuerda con la verificación.

	<b>Primera Capa BG</b>	<b>Segunda capa BG</b>	<b>Pav. Asfáltico Reciclado en frío</b>	<b>Cuneta en concreto clase F</b>	<b>MDC - 2</b>	<b>Relleno para Estructuras</b>
Media	376,8	282,6	418,0	13,7	193,8	59,8
Error típico	29,2	12,4	11,7	1,2		4,7
Mediana	394	288	404	13		47
Moda	403	225	378	9	203	30
<b>Percentil (85%)</b>	<b>225</b>	<b>217</b>	<b>378</b>	<b>9</b>	<b>158</b>	<b>32</b>
Desviación estándar	133,7	68,1	82,6	5,5	40,4	29,6
Varianza de la muestra	17888,5	4636,4	6829,0	30,5	1631,9	874,7
Curtosis	1,48	-0,74	-0,24	-0,69	-0,51	-0,59
Coefficiente de asimetría	0,57	0,30	-0,47	0,32	0,19	0,76
Rango	564	253	303	18	158	99
Mínimo	169	173	252	5	118	30
Máximo	733	426	555	23	276	129
Suma	7912	8479	20902	274	8915	2332
Cuenta	<b>21</b>	<b>30</b>	<b>50</b>	<b>20</b>	<b>46</b>	<b>39</b>
coeficiente de variación	35,5	24,1	19,8	40,3	20,8	49,5

- Al comparar los coeficientes de asimetría o sesgo se encuentra que los ítems dan asimetrías positivas o a la derecha, excepto para el ítem de pavimento asfáltico reciclado en frío, no obstante los valores de coeficientes de asimetría, son muy cercanos a cero lo que nos indica que para efectos de hacer inferencias o estimaciones la distribución de los rendimientos es de comportamiento normal.



- Al hacer la verificación con las muestra obtenidas y como podemos ver que los ítem base granular primera capa, cunetas en concreto clase F y relleno para estructuras, los tamaños de muestra que se obtengan para ampliaron o próximos análisis, se diseñe una muestra técnica con parámetros de estimación basados en los datos tomados para este análisis.
- En términos generales tenemos que los resultados obtenidos para los ítem base granular segunda capa, mezcla densa en caliente MDC -2 y pavimento asfáltico reciclado en frío, son resultados altamente significativos debido a un buen tamaño de muestra y baja dispersión relativa obtenida.
- Debido a que la dispersión es significativa en los datos obtenidos, el valor adoptado para las comparaciones con los rendimientos teóricos es el percentil del 85%, una herramienta muy utilizada en la ingeniería.



## **8. ANALISIS COMPARATIVO ENTRE LOS RENDIMIENTOS REALES Y LOS TEORICOS**

Después de la obtención de la información y procesamiento de la misma, mediante el análisis estadístico, se obtuvo una media aritmética del rendimiento real obtenido en el campo de cada ítem, excluyendo los rendimientos que se alejaban demasiado de los otros, (reconocidos estadísticamente como datos atípicos o datos outlet), que podían afectar el análisis significativamente, y cuyo valor atípico no se debía a condiciones normales de trabajo, sino debido a fallas en los equipos, problemas con la planta de producción entre otros ya que dichos valores podían afectar significativamente los resultados alejándose de las condiciones normales de trabajo.

Como anteriormente se dijo, se procuro en lo posible sacar unos rendimientos reales, pero para las condiciones de trabajo normales de cada actividad involucrada en el mejoramiento y mantenimiento integral de el contrato en el que se aplica esta pasantía, por ende no se puede generalizar en cuanto a los resultados, ya que las condiciones de la obra son especificas de un clima seco, terreno ondulado, un equipo en buenas condiciones etc. Por lo que se puede decir que se pueden tomar como base para unas condiciones similares.



### 8.1 RENDIMIENTOS REALES UTILIZANDO EL PERCENTIL DEL 85%

<b>RENDIMIENTOS REALES PROMEDIO</b>					
<b>ITEM</b>	<b>COMPONENTES</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>HORAS</b>	<b>RENDIMIENTO M3/día</b>
<b>330.1 Base granular</b>	EQUIPO	motoniveladora	1	7	Primera capa de base  225
		vibrocompactador	1	5	
		carrotanque	1	4	
		Camperos	1	2	
MANO DE OBRA	comisión topografía	obreros	3	8	Segunda capa de base 217
			8	8	
<b>461.1 pavimento asfáltico reciclado en frío</b>	EQUIPO	Fresadora	1	5	378
		Motoniveladora	1	6	
		Irrigador de asfalto	1	2	
		compactador	1	4	
	MANO DE OBRA	Obreros	6	8	
<b>671. revestimiento de cunetas en concreto</b>	EQUIPO	Mezcladora	1	4	9
	MATERIAL		Concreto clase F	1	
	MANO DE OBRA	oficial	1	5	
		obrero	6	5	
<b>454.3 Mezcla densa en caliente MDC - 2</b>	EQUIPO	Finisher	1	8	158
		Compactador-rodillo	1	5	
		Compactador llantas	1	5	
		Carrotanque	1	2	
	MANO DE OBRA	Inspector	1	8	
		Obreros	9	8	
<b>610.1 Relleno para estructuras</b>	EQUIPO	Rana	1	4	32
	MANO DE OBRA	Obreros	3	8	

PASANTIA

“ANÁLISIS DE RENDIMIENTOS REALES DE MANO DE OBRA Y EQUIPOS EN UNA OBRA VIAL”

MAGALLY ASTRID BRAVO SCALANTE



## 8.2 RENDIMIENTOS TEORICOS

<b>RENDIMIENTOS TEORICOS TOMADOS DE UN LISTADO DE RENDIMIENTOS DEL INVIAS</b>				
<b>ITEM</b>	<b>COMPONENTES</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>RENDIMIENTO M3/día</b>
<b>330.1 Base granular</b>	EQUIPO	motoniveladora vibrocompactador carrotanque Camperos	1 1 1 1	320
	MATERIAL	Base granular	1.3	
	MANO DE OBRA	comisión topografía obreros		
<b>461.1 pavimento asfáltico reciclado en frío</b>	EQUIPO	Fresadora Motoniveladora Irrigador de asfalto compactador	1 1 1 1	260
	MATERIAL	Emulsión (LT)	15	
	MANO DE OBRA	Obreros	3	
<b>671. revestimiento de cunetas en concreto</b>	EQUIPO	Herramienta (10% de M.O)		8
	MATERIAL	Concreto clase F	1.0	
	MANO DE OBRA	oficial obrero	1 8	
<b>454.3 Mezcla densa en caliente MDC - 2</b>	EQUIPO	Finisher Compactador-rodillo Compactador llantas Carrotanque	1 1 1 1	200
	MATERIAL	Concreto asfáltico	1.3	
	MANO DE OBRA	Inspector Obreros	1 8	
<b>610.1 Relleno para estructuras</b>	EQUIPO	Compactador manual (10% M.O)		16
	MATERIAL	Material de relleno	1.3	
	MANO DE OBRA	obreros	4	

**PASANTIA**

**“ANÁLISIS DE RENDIMIENTOS REALES DE MANO DE OBRA Y EQUIPOS EN UNA OBRA VIAL”**

MAGALLY ASTRID BRAVO SCALANTE



A continuación se muestra un cuadro comparativo entre los rendimientos reales obtenidos en el campo, los rendimientos teóricos y los adoptados por el contratista para su análisis de precios, y como se puede ver los rendimientos difieren notablemente los unos con los otros, lo que nos lleva a pensar que este tema requiere de más investigación debido a que en la mayoría de los casos se está tomando como base para el análisis de precios, unos rendimientos que no son los reales, o de la peor manera, los están ajustando al precio que se tiene como base, como en el caso de los rendimientos dados por el contratista.

Es importante destacar que los rendimientos teóricos con los que se están comparando los reales obtenidos, son rendimientos que no especifican las condiciones externas que pueden afectar dicho rendimiento, por lo que es muy difícil hacer una comparación confiable, ya que los rendimientos obtenidos tienen condiciones específicas de clima, terreno, equipo y número de obreros.

### 8.3 CUADRO COMPARATIVO DE RENDIMIENTOS

CUADRO COMPARATIVO				
ITEM	EQUIPO Y M. O	RENDIMIENTO TEORICO (m <sup>3</sup> /h)	RENDIMIENTOS DEL CONTRATISTA (m <sup>3</sup> /h)	RENDIMIENTOS REALES (m <sup>3</sup> /h)
<b>461.1 pavimento asfáltico reciclado en frío sin emulsión</b>	Recicladora Motoniveladora Vibrocompactador Carrotanque	260	8 9 18 16	378
	Comisión topografía Obreros (m <sup>3</sup> /h- hombre)		16	
<b>454.3 Mezcla densa en caliente MDC - 2</b>	Finisher Compactador-rodillo Compactador llantas Carrotanque	200	6 8 8 18	158
	Cadeneros Obreros (m <sup>3</sup> /h- hombre)		16	

PASANTIA

“ANÁLISIS DE RENDIMIENTOS REALES DE MANO DE OBRA Y EQUIPOS EN UNA OBRA VIAL”



<b>671. cunetas en concreto clase F.</b>	Mezcladora	8	1.3	9
	maestro oficial obrero (m <sup>3</sup> /h- hombre)		1.3	
<b>330.1 Base granular</b>	motoniveladora vibrocompactador carrotanque	320	9 12 16	225
	comisión topografía Obreros (m <sup>3</sup> /h- hombre)			
<b>610.1 Relleno para estructuras</b>	Rana	16	6	32
	maestro oficial obrero		6	

- Como nos pudimos dar cuenta, los rendimientos reales en el caso de pavimento asfáltico reciclado en frío, dio mucho mayor que el teórico, la razón que se cree es porque los rendimientos teóricos al parecer fueron tomados en tiempos corridos y no se tuvo en cuenta el tiempo real que demora cada equipo en hacer su respectiva actividad, además que como se pudo ver en el campo la recicladora es un equipo nuevo de alta capacidad y con un rendimiento muy alto que se veía condicionada a bajar su rendimiento debido al menor rendimiento de los demás equipos del tren de trabajo, pero sin embargo esto contribuyó bastante a que los rendimientos en ese ítem fueran bastante altos. Además no conocemos la capacidad, ni las condiciones del entorno de los equipos en los que fueron tomados los rendimientos teóricos para poder hacer una buena comparación, ya que el



manual de donde se extrajo esta información no se especifican estas condiciones que influyen notablemente en el rendimiento de una obra.

- Para mezcla densa en caliente, como era de esperarse los rendimientos teóricos dieron un poco mayores que los rendimientos reales, sin embargo como los rendimientos son similares se puede pensar que el equipo considerado para la toma de los rendimientos teóricos presenta condiciones similares a las del contratista en este proceso.
- El ítem de cunetas en concreto clase F presenta en general rendimientos similares, por lo que se trata de rendimientos que dependen principalmente de la mano de obra y aunque las condiciones humanas son muy difíciles de generalizar, para estos casos no afectan tan significativamente como en el caso de tener dos equipos de diferentes características.
- Aunque es importante anotar que para las mismas condiciones y el mismo equipo, los rendimientos que dependen básicamente del equipo (por ejemplo: MDC – 2, base granular, pavimento asfáltico reciclado en frío), no están tan dispersos los unos de los otros en comparación de los rendimientos que dependen de la mano de obra, como en el caso de cunetas en concreto clase F y relleno estructural que presenta n dispersiones alrededor del 40%.





## **9. REGISTRO FOTOGRAFICO**

---

**PASANTIA**  
**“ANALISIS DE RENDIMIENTOS REALES DE MANO DE OBRA Y EQUIPOS EN UNA OBRA VIAL”**

MAGALLY ASTRID BRAVO SCALANTE





Trabajos con Fresadora para ejecución de Parcheo



Cargue y Transporte del Material Fresado

---

PASANTIA  
“ANÁLISIS DE RENDIMIENTOS REALES DE MANO DE OBRA Y EQUIPOS EN UNA OBRA VIAL”

MAGALLY ASTRID BRAVO SCALANTE



Compactación del Material De Base En Zona De Bacheo



Toma de Medidas de Baches

---

PASANTIA  
“ANÁLISIS DE RENDIMIENTOS REALES DE MANO DE OBRA Y EQUIPOS EN UNA OBRA VIAL”

MAGALLY ASTRID BRAVO SCALANTE



Regado de mezcla con moto niveladora



Compactación de Mezcla

---

**PASANTIA**  
**“ANÁLISIS DE RENDIMIENTOS REALES DE MANO DE OBRA Y EQUIPOS EN UNA OBRA VIAL”**

MAGALLY ASTRID BRAVO SCALANTE



Trabajos con Recicladora en Tramo 1PR 0 al PR 1+1000



Colocación de Material de Base en PR 0 al PR 1+1000

PASANTIA  
“ANÁLISIS DE RENDIMIENTOS REALES DE MANO DE OBRA Y EQUIPOS EN UNA OBRA VIAL”

MAGALLY ASTRID BRAVO SCALANTE



Labores de parcheo en el PR – 95



Reciclado en el tramo 1, sector 2, PR 2 – PR 3



Compactación de base tramo 1, sector 2, PR 2 – PR 3



Colocación de carpeta de rodadura tramo 1, sector 2, PR 2 – PR 3

---

PASANTIA

“ANÁLISIS DE RENDIMIENTOS REALES DE MANO DE OBRA Y EQUIPOS EN UNA OBRA VIAL”

MAGALLY ASTRID BRAVO SCALANTE





Avance de Trabajos con Resicladora en PR 7



Trabajos de Colocación de Base en Tramo 1

---

PASANTIA  
“ANÁLISIS DE RENDIMIENTOS REALES DE MANO DE OBRA Y EQUIPOS EN UNA OBRA VIAL”

MAGALLY ASTRID BRAVO SCALANTE



Colocación de Carpeta Asfáltica del PR 2al PR 4



Colocación de Segunda capa de MDC-2 en Tramo 1

---

PASANTIA  
“ANÁLISIS DE RENDIMIENTOS REALES DE MANO DE OBRA Y EQUIPOS EN UNA OBRA VIAL”

MAGALLY ASTRID BRAVO SCALANTE



Se observa la colocación de Geotextil y relleno estructural con material de filtro. Muro PR 90+0450.



Continuación de Labores de Parcheo en el Peaje del Mango

PASANTIA  
“ANÁLISIS DE RENDIMIENTOS REALES DE MANO DE OBRA Y EQUIPOS EN UNA OBRA VIAL”

MAGALLY ASTRID BRAVO SCALANTE



Avance de Trabajos Imprimación y Colocación de Carpeta Asfáltica en el PR 6



Avance de Trabajos de Compactación de Carpeta asfáltica PR 6

---

PASANTIA  
“ANÁLISIS DE RENDIMIENTOS REALES DE MANO DE OBRA Y EQUIPOS EN UNA OBRA VIAL”

MAGALLY ASTRID BRAVO SCALANTE



Visita de especialistas al fallo en el PR 90 + 0450



---

PASANTIA  
“ANÁLISIS DE RENDIMIENTOS REALES DE MANO DE OBRA Y EQUIPOS EN UNA OBRA VIAL”

MAGALLY ASTRID BRAVO SCALANTE



Seguimiento a Emergencia en PR 90+0450



Amarre de Acero de Refuerzo en Muro 2 PR 90+0450



Colación de Concreto Premezclado en Muro 2 PR 90+0450



Amarre de Acero de Refuerzo en Muro 3 PR 90+0450



Visita de Funcionarios de Control Ambiental y Social del INVIAS a Trabajos de Emergencia en PR 90+0450

PASANTIA

“ANÁLISIS DE RENDIMIENTOS REALES DE MANO DE OBRA Y EQUIPOS EN UNA OBRA VIAL”

MAGALLY ASTRID BRAVO SCALANTE





Toma de Muestra a Concreto Premezclado en Muro 2 PR 90+0450



Inspección de Acero Instalado en Muro 2 PR 90+0450



Se observa el muro terminado en la emergencia del PR 90+0450



Fundición de Berma cunetas en PR 0+0400



Visita de Especialistas a instalaciones de la planta de trituración y asfalto en Galíndez.



Avance en las actividades de explotación de material y montaje de las plantas de trituración en Galindez

PASANTIA  
“ANÁLISIS DE RENDIMIENTOS REALES DE MANO DE OBRA Y EQUIPOS EN UNA OBRA VIAL”

MAGALLY ASTRID BRAVO SCALANTE



Visita de Funcionarios de Control Ambiental y Social del INVIAS a Planta ubicada en El Pilón Galíndez



Visita de Funcionarios de Control Interno del INVIAS a Planta ubicada en El Pilón Galíndez

---

**PASANTIA**

**“ANÁLISIS DE RENDIMIENTOS REALES DE MANO DE OBRA Y EQUIPOS EN UNA OBRA VIAL”**

MAGALLY ASTRID BRAVO SCALANTE



Imágenes de la planta trituradora en funcionamiento



Instalación de la planta para producción de mezcla asfáltica



Recibo de Asfalto en Planta El Pilón Galíndez





Inspección de Planta Productora de Mezcla Asfáltica por Profesionales Ambientales de la Constructora e Interventoría



Trabajos de Mantenimiento Preventivo en Planta Trituradora Ubicada en Galindez

---

**PASANTIA**  
**“ANÁLISIS DE RENDIMIENTOS REALES DE MANO DE OBRA Y EQUIPOS EN UNA OBRA VIAL”**

MAGALLY ASTRID BRAVO SCALANTE



Se observa derrumbes que taparon la vía debido a la fuerte temporada invernal



Despeje de derrumbes con maquinaria para dar paso a la vía

---

PASANTIA  
“ANÁLISIS DE RENDIMIENTOS REALES DE MANO DE OBRA Y EQUIPOS EN UNA OBRA VIAL”

MAGALLY ASTRID BRAVO SCALANTE



Despeje de derrumbes con maquinaria para dar paso a la vía



Disposición de material procedente de derrumbes en el Botadero



Señalización de derrumbes en el corredor vial



Presencia de deslizamientos de rocas en la vía



Utilización de Maquinaria para Limpieza de Pontón en PR 24



Trabajos de construcción de muro y realce de cunetas PR 4



Labores de Retiro de Derrumbes en el Corredor Vial

---

PASANTIA  
“ANÁLISIS DE RENDIMIENTOS REALES DE MANO DE OBRA Y EQUIPOS EN UNA OBRA VIAL”

MAGALLY ASTRID BRAVO SCALANTE



Demarcación de zonas de parcheo en la Variante de Popayán



Inicio de labores de Parcheo en la Variante de Popayán Utilizando Fresadora

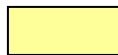


## 10. PROPUESTA DE TRABAJO

ACTIVIDADES DE LA METODOLOGIA	PERIODO MENSUAL					
	1	2	3	4		
Investigación bibliográfica						
Inducción en INESCO S.A.						
Exploración y captura de información						
Procesamiento de la información						
Presentación del informe final						



PROPUESTA DE TRABAJO



PROPUESTA DE TRABAJO EJECUTADA





## **11. OBSERVACIONES**

- Cabe anotar que durante la recolección de la información, el estado del clima fue normalmente seco, en terreno plano y en general para las condiciones menos críticas.
- Los equipos con los que se trabajó la capa de base granular, reciclado y colocación de carpeta asfáltica, presentan buen estado (al inicio del contrato se compraron nuevos) y alta capacidad permitiendo que los rendimientos reales sean mayores.
- Para lograr un análisis comparativo, se considera que el periodo de recolección de información debe ser más amplio, que se tome en diferentes condiciones del entorno ( las mas criticas)
- En las actividades de construcción de la estructura del pavimento se observó en muchas ocasiones que aunque el número de integrantes de la cuadrilla se incrementaba, el rendimiento de la actividad se mantenía debido a que con cierto número de integrantes y cantidad de equipo, el rendimiento es óptimo, por lo tanto al aumentar el número de integrantes y no aumentar la cantidad de equipos, el rendimiento será el mismo y lo único que se logra es que los obreros trabajen cómodamente; por lo tanto el número recomendado de integrante de la cuadrilla está en la tabla de rendimientos reales promedio de cada ítem.



- En la construcción de las capas del pavimento, el coeficiente de variación Indica una dispersión relativamente pequeña (19% y 35%) y se puede tener confiabilidad del promedio de rendimiento real obtenido, ya que indica que los datos no se encuentran tan dispersos, con respecto al centro de masa o media aritmética, mientras que en los datos obtenidos de construcción de cunetas y relleno estructural, el coeficiente de variación aumento notablemente (40% y 49%) lo que nos indica que los datos se encontraban mas dispersos .



## **12. CONCLUSIONES**

- Los rendimientos reales mostrados en el cuadro comparativo, permiten a la entidad contratante, para este tipo de obras, hacer un ajuste a los análisis de precios unitarios.
- Para lograr un mejor análisis de precios unitarios ajustados a la realidad, los contratistas y entidades contratantes, deben establecer el número mínimo de integrantes de cuadrilla, que permita obtener en cada actividad un rendimiento óptimo.
- De acuerdo con la tabla comparativa, se evidencia que los rendimientos reales difieren notablemente con los del contratista y en algunos ítem con los teóricos, lo que nos indica que hace falta más investigación sobre el tema, principalmente bajo diferentes condiciones del entorno.
- Se puede concluir que en el caso de las obras viales, donde el proceso constructivo depende básicamente de maquinaria o equipos, los rendimientos se ven afectados principalmente por el rendimiento de dichos equipos, ya que el rendimiento de la mano de obra depende del rendimiento del equipo, por esta razón los rendimientos que dependían principalmente del equipo (construcción de capas de pavimento) no estaban tan dispersos los unos de los otros, mientras que los rendimientos que dependían de la mano de obra (cunetas y relleno estructural), se encontraban mas dispersos los unos de los otros, ya que



es mas difícil controlar el factor humano en comparación con el de un equipo.

- los rendimientos por ítem en una obra vial, tienen como fin, lograr un rango lógico del mismo, para que en cada caso particular el usuario de los datos, los investigue en forma exhaustiva, consistente y estadística para integrar sus propios rendimientos, producto de su experiencia, sus políticas de empresa, su estudio de tiempos, calidad de equipos disponibles, etc.
- Aunque la mayoría de los rendimientos de los equipos y maquinaria pesada se encuentran en los catálogos, se debe tener en cuenta que estos rendimientos no se encuentran afectados por las condiciones reales de trabajo, tales como: equipos usados, sin mantenimiento, en mal estado, condiciones climáticas, experiencia y destreza del operador, motor y capacidad, etc; lo cual afecta y disminuye el rendimiento de estos.
- Esta practica además de servir de experiencia propia, permitirá una mejor visualización de algunas actividades que conllevan una obra vial, ampliara los conocimientos del estudiante y facilitara la toma de decisiones e investigación por parte del contratista responsable de la valoración de los costos de inversión en mano de obra y equipos.
- Los rendimientos dependen directamente de las cantidades de obra por actividad y son inversamente proporcionales a la cantidad de equipos, personal y cantidad de tiempo que gasten en realizar una actividad.



- Los rendimientos que se desarrollaron en las diferentes actividades, no siempre son los mismos; ya que estos se encuentran limitados por las diversas variables que se mencionaron en el trabajo y condiciones ambientales, se advierte que los rendimientos tomados en esta práctica, se registraron bajo buenas condiciones de trabajo, clima seco, terreno favorable y buena capacidad de equipos.
- Los resultados estadísticos obtenidos, se pueden considerar aceptables puesto que presentan un coeficientes de variación relativamente bajos alrededor del 20%, a excepción de construcción de cunetas y base granular primera capa con un coeficiente de variación del 35% que también se puede considerar aceptable.
- El ítem de relleno estructural, presento inicialmente un coeficiente de variación del 41% debido a que en algunas ocasiones los rendimientos aumentaron por el aumento en el doble de personal, equipo, tiempo trabajado y aumento de material en la obra, por lo que se ajustaron estos rendimientos a los demás y se realizo nuevamente el análisis obteniendo un coeficiente de variación del 18%, relativamente pequeño de confiabilidad.
- Se tuvo la oportunidad de conocer el manejo técnico, administrativo y financiero de un contrato de obra publica, con la intervención de una entidad como el INVIAS, una firma interventora como INESCO S.A. y la firma constructora UNION TEMPORAL CORREDORES VIALES 2.



- Se aplicaron los conceptos aprendidos en el transcurso de la carrera, con la asesoría y el apoyo de la Universidad del Cauca, el Instituto Nacional de Vías INVIAS y la firma interventora INESCO S.A. quienes siempre estuvieron dispuestos a colaborar con dudas que se presentaban y de esta manera se tuvo la opción de correlacionar la teoría con la práctica y su importancia para la aplicación en la vida profesional.
- Todo es experiencia y tener la oportunidad de terminar la universidad con conocimientos técnicos aplicados, dirección de personal, control de una obra y manejo de situaciones de emergencia presentadas por la alta temporada de invierno durante el transcurso de la pasantía, son escenarios que enriquecen de experiencia para poder actuar en un futuro.



### **13. RECOMENDACIONES**

- se recomienda realizar una actualización periódica y complementación de los rendimientos de mano de obra y equipos para los ítem estudiados y los restantes en obras viales similares y en condiciones diferentes para poder hacer un buen análisis comparativo.
- En el caso de ampliación de este análisis, se recomienda que la toma de los datos se haga después de un diseño técnico de la muestra basado en los datos de campo tomados en este análisis para poder establecer el nivel de confiabilidad de los resultados.
- Se hace necesario estar analizando las diferentes condiciones que se pueden presentar en obra, valorando por comparación estos datos, para no aceptar ideas sin analizar, ni métodos sin comprobar. Debemos formarnos un criterio propio en el que se tenga seguridad absoluta; que jamás sea recital de lo leído, sino futuro de lo observado y meditado.
- Realizar los ajustes, modificaciones, ampliaciones o correcciones que sean necesarios para mejorar este trabajo; aportando de esta manera mayor veracidad y funcionalidad en su utilización y aplicación.
- En la actualidad, no se tiene confianza de los rendimientos encontrados en tablas, ya que no especifica condiciones claras del entorno, o si las especifican no se ajustan a nuestras condiciones



porque difieren notablemente cuando se comparan con la realidad, por lo tanto algunos contratistas están sacando sus propios rendimientos para condiciones particulares de su obra; debido a esto es de gran importancia continuar con esta labor ya que los rendimientos que existen actualmente son muy generales y no brindan mayor seguridad, por lo tanto es conveniente continuar con un análisis confiable para diferentes condiciones y posteriormente documentar la variación de los rendimientos según las condiciones de cada obra.





## **14. BIBLIOGRAFIA**

- FREUND, Jhon E y SIMON, Gary A. Estadística elemental. Prentice Hall Hispanoamericana, S.A. 1992
- Republica De Colombia Ministerio De Transporte Instituto Nacional De Vias (INVIAS), Lista de actividades y rendimientos de mantenimiento Vial.
- Secretaria General Técnica, Oficina De Investigación y Desarrollo Tecnológico – Instituto Nacional De Vías, Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras.
- BITACORA, Ingenieria Estudios Control INESCO S.A.
- BEHAR G. Roberto y YEPES A. Mario, Estadística – un enfoque descriptivo.