

**CARACTERIZACIÓN GEOMÉTRICA Y DE TRANSITABILIDAD DE LA VÍA DE
LA CALLE 71 Y SUS ZONAS DE INFLUENCIAS EN BARRANCABERMEJA,
SANTANDER**

**CESAR AUGUSTO BARROS TORRES
PAUL ALEXANDER ARGOTE VALENCIA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO MECANICAS
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
BUCARAMANGA**

2015

**CARACTERIZACIÓN GEOMÉTRICA Y DE TRANSITABILIDAD DE LA VÍA DE
LA CALLE 71 Y SUS ZONAS DE INFLUENCIAS EN BARRANCABERMEJA,
SANTANDER**

**CESAR AUGUSTO BARROS TORRES
PAUL ALEXANDER ARGOTE VALENCIA**

Proyecto de grado para optar al título de Ingeniero Civil

**DIRECTOR
LUIS DAVID AREVALO DURAN
Ingeniero Civil**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO MECANICAS
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
BUCARAMANGA**

2015

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	12
1. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	14
2. CARACTERIZACIÓN GEOMÉTRICA	16
3. VOLÚMENES DE TRANSITO	20
3.1 VARIACIÓN DEL VOLUMEN DE TRÁNSITO EN LA HORA DE MÁXIMA DEMANDA.	23
4. CAPACIDAD VIAL Y NIVELES DE SERVICIO	27
4.1 NIVEL DE SERVICIO.	31
5. CLASIFICACIÓN DE LA VÍA	33
5.1 CLASIFICACIÓN DE TRANSITABILIDAD	33
5.2 CLASIFICACIÓN TÉCNICA OFICIAL	34
5.3 PLAN MAESTRO DE MOVILIDAD Y DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE BARRANCABERMEJA.	35
6. VELOCIDADES DE OPERACIÓN	38

7. COSTOS DE VIAJE	45
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	49
BIBLIOGRAFIA	51

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Perfil tipo I, dimensiones en metros	17
Figura 2. Perfil tipo II, dimensiones en metros	17
Figura 3. Distribución de los perfiles tipo I y tipo II en el corredor vial.	18
Figura 4. Evidencia fotográfica del estado actual de la vía, calle 71 con carrera 19	18
Figura 5. Evidencia fotográfica del estado actual de la vía, calle 71 con carrera 24	19
Figura 6. Evidencia fotográfica del estado actual de la vía, calle 71 con carrera 21	19
Figura 7. Ubicación de los punto de la toma de datos en el tramo vial	21
Figura 8. Grafica de flujo de la hora de máxima demanda, cada 15 minutos	24
Figura 9. Curvas velocidad-flujo y niveles de servicio en segmentos básicos de autopistas	32
Figura 10. Grafica distribución de velocidades y percentiles	41
Figura 11. Grafica distribución de velocidades y percentiles	44

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Volúmenes de transito diarios	21
Tabla 2. Composición del tránsito vehicular	22
Tabla 3. Composición porcentual del flujo vehicular	30
Tabla 4. Clases de arteria de acuerdo con su función y categoría de proyecto	33
Tabla 5. Clasificación de carreteras de acuerdo al TPDA	34
Tabla 6. Secciones transversales de carreteras	34
Tabla 7. Secciones mínimas para vías primarias	36
Tabla 8. Secciones mínimas para vías secundarias	36
Tabla 9. Numero de intervalos de clase por tamaño de muestras	39
Tabla 10. Distribución de frecuencia de velocidades de punto en condición ideal	40
Tabla 11. Numero de intervalos de clase por tamaño de muestras	42
Tabla 12. Distribución de frecuencia de velocidades de punto en condición crítica	43
Tabla 13. Número de viajes según tipo de vehículo al año	45
Tabla 14. Usuarios que transitan la vía según tipo de vehículo al año.	46
Tabla 15. Ahorro por tiempos de viaje, tiempos de viaje optimo	46
Tabla 16. Ahorro por tiempos de viaje, tiempo de viaje critico	47
Tabla 17. Coeficiente de rendimientos según tipo de vehículo	47
Tabla 18. Ahorro por combustible, tiempos de viaje optimo	48
Tabla 19. Ahorro por combustible, tiempo de viaje critico	48

RESUMEN

TITULO: CARACTERIZACIÓN GEOMÉTRICA Y DE TRANSITABILIDAD DE LA VÍA DE LA CALLE 71 Y SUS ZONAS DE INFLUENCIAS EN BARRANCABERMEJA, SANTANDER*

AUTORES: CESAR AUGUSTO BARROS TORRES
PAUL ALEXANDER ARGOTE VALENCIA**

PALABRAS CLAVES: Malla vial, proyecciones, parque automotor, densidad vehicular, flujo vehicular

A lo largo de la historia, las vías de transporte terrestre han sido un factor muy importante en el desarrollo de las sociedades, ya que influyen de manera directa en la economía de una ciudad o un país, además, una malla vial mal diseñada para una población puede generar problemas de contaminación, de congestión y caos vehicular y se puede notar que el desarrollo de las vías en una ciudad involucra a su vez que tan desarrollada se encuentra esa sociedad.

Cada ciudad tiene diferentes necesidades al movilizarse y de acuerdo a las condiciones comerciales, económicas y poblacionales de esta, las vías han ido evolucionando a través de estudios basados en proyecciones, de manera que estas puedan comportarse de manera óptima ante los requerimientos del usuario.

Enfocándonos en el caso de la ciudad de Barrancabermeja, se ha evidenciado en las últimas dos décadas un gran aumento en la actividad industrial y sumado a esto el crecimiento acelerado del parque automotor, lo que ha evidenciado una alta densidad vehicular y gran congestión en las horas pico que genera tanto pérdidas de tiempo como mayor uso de combustible.

Es en este punto donde se busca analizar si las vías cuentan con las características necesarias para funcionar de manera óptima ante las condiciones actuales o si existe algún otro factor que afecte al flujo continuo de tránsito que no se haya tenido en cuenta al momento de proyectar una vía en particular.

* Proyecto de grado

** Facultad de Ingenierías fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director Luis David Arevalo Duran

ABSTRACT

TITLE: GEOMETRIC CHARACTERIZATION OF TRAFFIC AND STREET ROUTE 71 AND ITS INFLUENCE IN AREAS BARRANCABERMEJA, SANTANDER *

AUTHORS: CESAR AUGUSTO BARROS TORRES
PAUL ALEXANDER ARGOTE VALENCIA**

KEYWORDS: road network, projections, fleet, vehicle density, traffic flow.

Throughout history, land transport routes has been very important factor in the development of societies as a direct bearing on the economy of a city or a country, moreover, a poor road network designed for a society can lead to problems of pollution, congestion and traffic chaos, and it can be noted that the development of roads in a city involves how that society is developed.

Each city has different needs to mobilize and according to the commercial, economic and population of this condition, the roads have evolved through projections based on studies, so that they can behave optimally to user requirements.

Focusing in the case of the city of Barrancabermeja, it has been evident in the past two decades a large increase on industrial activity and added to this the rapid growth of the fleet, which has shown a high traffic density and heavy congestion in rush hour this generating much loss of time and increased fuel use.

It is at this point that attempts to analyze if the roads counts with the necessary conditions to function optimally or if there is some other factor affecting the continuous flow of traffic that has not been taken into account when projecting a particular pathway.

* Project of grade

** Faculty of physico-mechanical engineering. School of Civil Engineering. Director Luis David Arevalo Duran

INTRODUCCIÓN

‘la infraestructura del Sistema vial es uno de los patrimonios más valiosos con el que cuenta cualquier país, por lo que su magnitud y calidad representa uno de los indicadores del grado de desarrollo del mismo’¹.

El municipio de Barrancabermeja, ubicado en el departamento de Santander; se encuentra situado en una planicie sobre la margen derecha del Río Magdalena, en la región del Magdalena Medio, de la cual es la ciudad más importante y segunda en todo el departamento. Es sede de la refinería de petróleo más grande del país y es la capital de la provincia de Mares. Ubicada a 136 Km. de la ciudad de Bucaramanga. De acuerdo a estas características, este municipio a lo largo de la historia ha sido un ente importante en el desarrollo del comercio y la economía de esta región, de este modo la red vial de Barrancabermeja se convierte en un factor fundamental en este tema y por lo cual cobra gran importancia la realización de análisis operacionales mucho más detallados de los sistemas viales y estructurar planes adecuados, prácticos y bien proyectados para mejorar la seguridad y la movilidad de los flujos vehiculares.

En los últimos años, con el aumento cada vez mayor del parque automotor el cual es mayor al 10% anual y la expansión de zonas industriales, la circulación en las calles y carreteras se ha tornado más compleja, evidenciándose así, zonas críticas donde se presenta gran congestión vehicular.

Actualmente la red vial urbana de Barrancabermeja cuenta con ‘393 kilómetros lineales de vía; de los cuales 19,9 kilómetros pertenecen a vías principales, 115.4

¹ CAL Rafael y MAYOR R y CÁRDENAS G. James Ingeniera de tránsito, fundamentos y aplicaciones. 8va edición.

a vías secundarias, 64.43 a vías colectoras y 193.28 a vías locales. Estas atraviesan la ciudad de oriente a occidente y de norte a sur facilitando el transporte, las actividades laborales, económicas y comerciales'²; sin embargo existen tramos viales en los cuales se presenta focos de altas densidades vehiculares, congestión vehicular y bajos niveles de servicio.

² Barrancabermeja – estudio de movilidad (disponible en: <http://barrancabermeja-santander.gov.co/ciudadsegura/documents/EJE%20MOVILIDAD.pdf>)

1. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Los problemas de congestión que se presentan en el tramo vial de la calle 71 y sus Zonas de influencias en Barrancabermeja, Santander, contribuyen a la generación de un caos vehicular que es preciso resolver.

La vía a estudiar es un tramo homogéneo compuesto por la calle 71 y sus zonas de influencia, dicha zona comprende los tramos de las carreras 30, 31 y 32 los cuales hacen parte longitudinalmente de la zona estudiada.

Esta situación plantea y hace necesario realizar un estudio de caracterización y análisis de transitabilidad de esta vía, para que de esta manera se puedan determinar los diferentes indicadores de movilidad y niveles de servicio, que puedan dar pautas para el mejoramiento de su transitabilidad, por parte de la alcaldía de Barrancabermeja.

También este estudio servirá para examinar la seguridad, confiabilidad, economía y buen servicio de la vía. La toma de datos y muestras aportan información específica acerca de la forma en la que esta se comporta ante las necesidades de movilidad en una comunidad.

Los datos recopilados ayudarán a estudiar y conocer el origen de los principales problemas que impiden el óptimo funcionamiento de la vía. Igualmente permite reconocer detalladamente las características y la funcionabilidad de la misma, para hacer un comparativo entre las condiciones reales o prevalecientes de la vía y las condiciones recomendadas por el POT para Barrancabermeja, con miras a diagnosticar pérdidas económicas de los usuarios, debido a los congestionamientos y embotellamientos que presenta la vía, por sus condiciones

geométricas y de transitabilidad. La caracterización de la vía es un proceso investigativo que fija pautas para el mejoramiento geométrico, mediante la comparación entre los dos tipos de condiciones anotadas.

2. CARACTERIZACIÓN GEOMÉTRICA

Es de vital importancia en un sistema vial que este cuente con todos los parámetros físicos y geométricos necesarios para el óptimo funcionamiento ante los requerimientos de los usuarios.

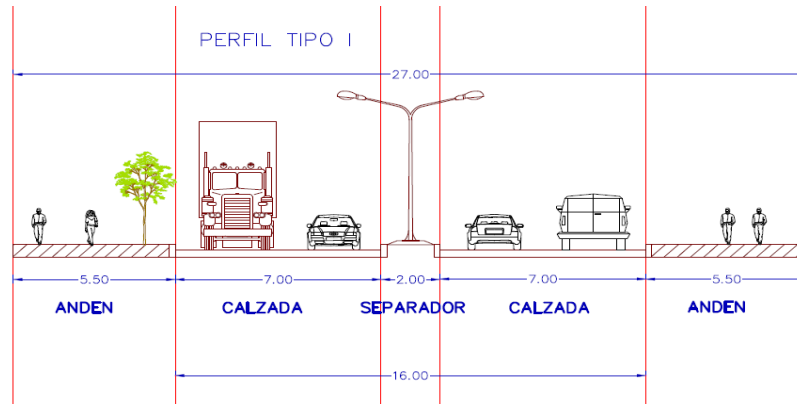
Como lo menciona el manual Diseño Geométrico de Carreteras de James Cárdenas Grisales, 'la geometría de la vía tendrá como premisa básica la de ser segura a través de un diseño simple y uniforme.' De este modo, se efectúa una medición de parámetros básicos a lo largo del tramo vial, como son longitudes, secciones, calzadas, carriles y demás elementos; esto con el fin de conocer las condiciones geométricas actuales del mismo.

La vía a estudiar es un tramo homogéneo compuesto por la calle 71 y sus zonas de influencia, dicha zonas comprenden a los tramos de las carreras 30, 31 y 32 los cuales hacen parte longitudinalmente de la zona estudiada y presenta las siguientes características geométricas:

- Longitud del tramo: 1,341 km
- Número de calzadas: 2
- Número de carriles por calzada: 2
- Perfiles tipo:
- **PERFIL TIPO I:** esta sección (figura1) contempla un poco más del tramo de la calle 71, lo que equivale a aproximadamente 1 km de vía.

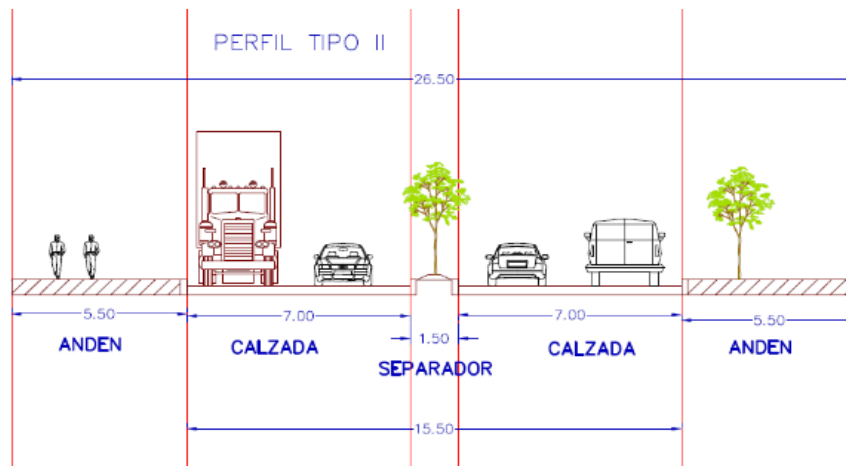
Este tramo está construido en pavimento rígido, cuyas lozas tienen dimensiones de 3,5 x 3,5 m.

Figura 1. Perfil tipo I, dimensiones en metros



- **PERFIL TIPO II:** Este perfil (figura 2) contempla el tramo restante del sector estudiado a lo que equivale un poco más de 300 m y este está construido en pavimento flexible (capa asfáltica).

Figura 2. Perfil tipo II, dimensiones en metros



La ubicación de los perfiles viales contempla la siguiente ubicación en el ramo vial.

Figura 3. Distribución de los perfiles tipo I y tipo II en el corredor vial.



Cabe resaltar el avanzado deterioro de la vía, esto por el paso continuo de tráfico pesado, zonas de descargas de material industrial pesado y la falta de mantenimiento; ya que esto afecta de forma directa a otros factores relacionados al funcionamiento adecuado de la vía como velocidades de operación, el comportamiento del flujo vehicular, la seguridad y comodidad del usuario y hasta los costos operacionales de viaje.

Algunas imágenes que evidencian el actual estado de la vía:

Figura 4. Evidencia fotográfica del estado actual de la vía, calle 71 con carrera 19



Figura 5. Evidencia fotográfica del estado actual de la vía, calle 71 con carrera 24



Figura 6. Evidencia fotográfica del estado actual de la vía, calle 71 con carrera 21



3. VOLÚMENES DE TRANSITO

Un estudio sobre volúmenes de transito es realizado con el fin de obtener datos e información relacionados con el movimiento de vehículos sobre puntos o secciones específicas dentro de un tramo o sistema vial. Estos datos son expresados en relación a un tiempo específico ya sean minutos, horas, días, semanas, meses o hasta años.

El conocimiento y la buena interpretación de estos datos hace posible el desarrollo de estimativos razonables de la calidad del servicio prestado a los usuarios.

Para el estudio de la vía analizada se utilizó uno de los criterios de medición básica más importante que es el conteo o aforo y se seleccionaron dos puntos estratégicos para el desarrollo de este, el primero sobre la calle 71 con carrera 23 y el segundo sobre la calle 71 con carrera 27 de manera que el conteo del volumen de transito reflejara asertivamente la demanda vehicular de la vía en cualquier tiempo y que este no se fuese a ver afectado por limitaciones de capacidad y/o presencia de intersecciones a lo largo del flujo vehicular.

Figura 7. Ubicación de los punto de la toma de datos en el tramo vial



Los datos recopilados se tomaron cada hora durante una semana, en horarios de 5 am a 7 pm además se analizaron las horas picos y para estas se identificaron lapsos de 15 minutos en máxima demanda vehicular y arrojaron los siguientes datos:

Tabla 1. Volúmenes de transito diarios

transito diario (vehículos mixtos)	
lunes	15897
Martes	16158
miércoles	16343
Jueves	16335
Viernes	16999
Sábado	14170
Domingo	8331

En la vía se registraron en total 104233 vehículos mixtos lo que en primera instancia permite hacer una idea de las grandes cargas y requerimientos que tiene este tramo vial, la composición del tránsito vehicular y las horas críticas del día.

Tabla 2. Composición del tránsito vehicular

composición del tránsito vehicular		
TIPO	CANTIDAD	PORCENTAJE
Motos	47742	45,80%
Carros	37371	35,85%
buses	10071	9,66%
Camiones	9049	8,68%

Volumen de transito total

Número total de vehículos que paso durante la semana (sumatoria total del aforo realizado)

Transito semanal (TS)=104233

Volumen de transito promedio diario

Transito promedio diario semanal.

$$TPDS = \frac{TS}{7}$$

Fórmula 1. Transito promedio diario semanal, RAFAEL CAL, MAYOR R Y JAMES CARDENAS, INGENIERIA DEL TRANSITO, FUNDAMENTO Y APLICACIONES, Volúmenes de transito

$$TPDS = 14891.$$

Es importante mencionar que los datos acerca volúmenes de tránsito son una herramienta muy importante en la ingeniería del tránsito y sus áreas afines, utilizados ampliamente e campos como: planeación de proyectos, seguridad, investigación, usos comerciales y demás.

3.1 VARIACIÓN DEL VOLUMEN DE TRÁNSITO EN LA HORA DE MÁXIMA DEMANDA.

Para el estudio de transitabilidad de este tramo se aforaron datos cada hora como ya se había mencionado, pero es de vital importancia conocer también la variación de flujo en estos lapsos de tiempo, sobre todo en las horas de máxima demanda vehicular y cuantificar la duración de estos flujos, para así realizar proyecciones acertadas al comportamiento real del tránsito en esta zona y planear los respectivos controles del tránsito para estos periodos críticos.

En resumen, existen periodos cortos dentro de la hora con tasas de flujo mucho mayores a las de la hora misma, así, surge un término conocido como *factor de la hora de máxima demanda FHMD*, y es la relación entre el volumen horario de máxima demanda VHMD y el volumen máximo Qmax.

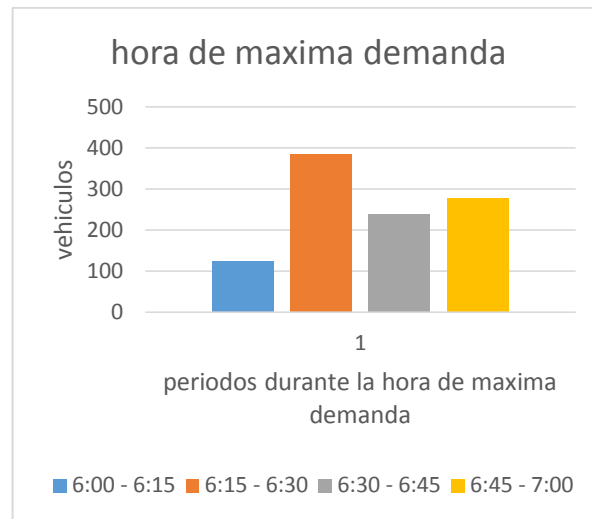
$$FHMD = \frac{VHMD}{N(Qmax)}$$

Fórmula 2. Factor horario de máxima demanda, RAFAEL CAL, MAYOR R Y JAMES CARDENAS, INGENIERIA DEL TRANSITO, FUNDAMENTO Y APLICACIONES, Volúmenes de tránsito.

N= número de periodos durante la hora de máxima demanda.

Para el caso estudiado la hora de máxima demanda ocurrió en el quinto día del aforo y se presentó de 6:00 am a 7:00 am con un volumen de tránsito de 1021 vehículos y se distribuyó de la siguiente manera:

Figura 8. Grafica de flujo de la hora de máxima demanda, cada 15 minutos



El periodo con el volumen máximo es de 383 vehículos, de este modo el factor horario de máxima demanda es:

$$FHMD = \frac{1021}{4(383)}$$

$$FHMD = 0,66$$

Transito promedio diario anual (TPDA)

Este valor es calculado con el fin de estimar un tránsito promedio basándose en un año de flujo con miras a tener un parámetro el cual servirá de referente para la clasificación propuesta en el presente proyecto.

$$TPDA = TPDS \pm A \quad ; \quad TPDS = \frac{TS}{7}$$

$$A = K * E$$

$$E = \bar{Y} = \frac{S}{\sqrt{n}} * \sqrt{\frac{N-n}{N-1}}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (TDi - TPDS)^2}{6}}$$

Fórmula 3. Expresiones para el cálculo del tránsito promedio diario anual, RAFAEL CAL, MAYOR R Y JAMES CARDENAS, INGENIERIA DEL TRANSITO, FUNDAMENTO Y APLICACIONES, Volúmenes de tránsito.

De este modo calculamos los valores propuestos, en donde, según RAFAEL CAL Y MAYOR R corresponden a los valores,

N=días anuales

n= días semanales

K= constante de confiabilidad

95% 1,94

90% 1,64

N=	365
n=	7
K=	1,94

S=	2765,185949
----	-------------

E=	1036,49245
----	------------

A= 2010,795353

TPDA=	15498
-------	-------

4. CAPACIDAD VIAL Y NIVELES DE SERVICIO

De acuerdo con el libro de Rafael Cal y mayor R. y James Cárdenas, ingeniería de tránsito, fundamentos y aplicaciones, la capacidad vial se define como la tasa máxima de flujo que puede soportar una carretera o calle, de esta forma la capacidad de una infraestructura vial es el máximo número de vehículos que razonablemente pueden pasar por un punto o sección uniforme de un carril o calzada durante un intervalo de tiempo dado, bajo las condiciones prevalecientes de la infraestructura vial, del tránsito y de los dispositivos de control.

El desarrollo del proyecto enfatiza en conocer las características del flujo vehicular que actualmente soporta la vía con el fin de identificar los parámetros que esta debería tener para contar con la capacidad vial que requiere dicho flujo vehicular.

De acuerdo al comportamiento y características del flujo vehicular, la vía se analiza como un segmento básico de autopista, ya que a pesar de no tener control total de los accesos, el flujo vehicular es uniforme en la mayoría del tramo es decir que los vehículos que entran a circular en la vía son en su mayoría los mismos durante todo el trayecto. Además este cuenta con secciones de dos carriles por sentido, como lo es característico de un segmento de autopista.

Teniendo en cuenta la definición de la tasa de flujo (V_p) que relaciona los siguientes factores:

- Volumen horario por sentido (vehículos mixtos/h), (V)
- Factor de la hora de máxima demanda (FHMD)
- Número de carriles por sentido (N)
- Factor de ajuste por presencia de vehículos pesados (F_{hv})
- Factor de ajuste por tipo de conductores (F_p)

$$V_p = \frac{V}{(FHMD)(N)(Fhv)(Fp)}$$

Fórmula 4. Tasa de flujo vehicular, RAFAEL CAL, MAYOR R Y JAMES CARDENAS, INGENIERIA DEL TRANSITO, FUNDAMENTO Y APLICACIONES, capacidad vial.

Con esta fórmula, se hace un chequeo acerca del número de carriles que debería tener la vía para contar con la capacidad vial de soportar las cargas vehiculares a las que actualmente se solicita la vía.

$$N = \frac{V}{(FHMD)(V_p)(Fhv)(Fp)}$$

Los datos que corresponde al caso en estudio son los siguientes:

Tasa de flujo (Vp)

De acuerdo la análisis se toma la tasa de flujo como el mismo volumen máximo de vehículos.

$$V_p = 383$$

Volumen horario por sentido (V)

Se toma la hora de máxima demanda en todo el aforo, la cual corresponde a 1021 vehículos.

$$V = 1021$$

Factor horario de máxima demanda (FHMD)

Ya se había calculado anteriormente y corresponde a 0,66

FHMD=0,66

Factor de ajuste por tipo de conductores (Fp)

Este factor hace referencia a condiciones de remuneración, jornadas laborales, comodidad y seguridad del conductor, ese valor oscila entre 0,7 y 1, para este caso usaremos un factor de 0,9.

Fp=0,9

Factor de ajuste por presencia de vehículos pesados

Este factor se calcula con la siguiente expresión:

$$F_{hv} = \frac{100}{100 + P_t(E_t - 1) + P_b(E_b - 1) + P_r(E_r - 1)}$$

Fórmula 5. Factor de ajuste por presencia de vehículos pesados, RAFAEL CAL, MAYOR R Y JAMES CARDENAS, INGENIERIA DEL TRANSITO, FUNDAMENTO Y APLICACIONES, capacidad vial.

En donde:

P_t= porcentaje de camiones de la corriente vehicular

P_b=porcentaje de autobuses en la corriente vehicular

P_r=porcentaje de vehículos recreativos en la corriente vehicular

E_t=automóviles equivalentes a un camión

Eb=automóviles equivalentes a un autobús

Er=automóviles equivalentes a un vehículo recreativo.

Los valores Pr y Er son irrelevantes ya que los vehículos recreativos son escasos en la corriente vehicular de Barrancabermeja.

Teniendo en cuenta la composición porcentual del tránsito:

Tabla 3. Composición porcentual del flujo vehicular

FLUJO VEHICULAR				
		factor	subtotal	Porcentaje (%)
Motos	47742	0,7	33420	78,7345
Carros	37371	1	37371	
buses	10071	1	10071	11,2011
camiones	9049	1	9049	10,0644
		total	89911	100

Las equivalencias Et y Eb son iguales a 1,5 de acuerdo al HCM (highway capacity manual, 2000), de esta forma podemos calcular el factor de ajuste por presencia de vehículos pesados.

$$F_{hv} = \frac{100}{100 + 10,06(1,5 - 1) + 11,20(1,5 - 1)}$$

$$F_{hv} = 0,9039$$

Se verifica entonces, el número de carriles

$$N = \frac{1021}{(0,66)(383)(0,9)(0,9039)}$$

$$N = 4,85$$

El análisis arroja un resultado de casi 5 carriles por sentido, lo que permite ver que efectivamente la vía de la calle 71 y sus zonas de influencia no tiene la capacidad vial para responder ante los requerimientos de los usuarios, al menos en los periodos de máxima demanda.

4.1 NIVEL DE SERVICIO.

En las mismas condiciones y basándose nuevamente en la tasa de flujo V_p se calcula el nivel de servicio, el cual se calcula de acuerdo a la metodología que propone Rafael Cal y mayor R y James Cárdenas, en relación con la densidad vehicular, utilizando la siguiente ecuación:

$$D = \frac{V_p}{S}$$

Donde:

D = densidad

V_p =tasa de flujo equivalente

S =velocidad media de los automóviles

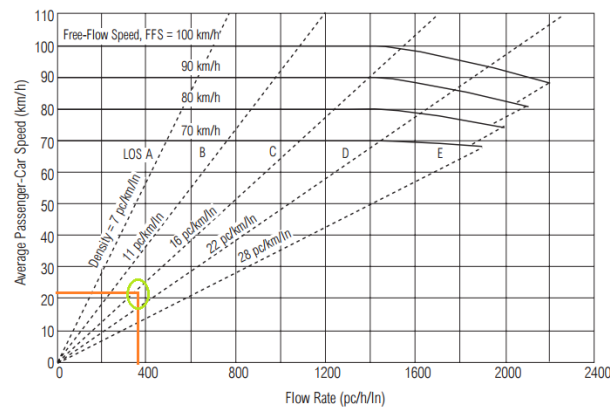
$$D = \frac{383}{23,88}$$

Fórmula 6. Densidad vehicular, RAFAEL CAL, MAYOR R Y JAMES CARDENAS, INGENIERIA DEL TRANSITO, FUNDAMENTO Y APLICACIONES, niveles de servicio.

$$D = 16,1 \frac{\text{vehiculos}}{\text{km/carril}}$$

Conocida la densidad vehicular podemos calcular el nivel de servicio actual de la vía:

Figura 9. Curvas velocidad-flujo y niveles de servicio en segmentos básicos de autopistas



Fuente: (Highway capacity manual. HCM 2000)

La grafica arroja un nivel de servicio D, lo que es acorde al comportamiento del flujo vehicular.

Nivel de servicio D

Representa una circulación de densidad elevada, aunque estable. La velocidad y libertad de maniobra quedan seriamente restringidas, y el usuario experimenta un nivel general de comodidad y conveniencia bajo. Pequeños incrementos en el flujo generalmente ocasionan problemas de funcionamiento, incluso con formación de colas.

5. CLASIFICACIÓN DE LA VÍA

Existen diferentes parámetros para clasificar una vía, entre los cuales uno de los más importante es la funcionalidad de la vía, tomaremos como referente los libros 'ingeniería de tránsito, fundamentos y aplicaciones' de Rafael Cal y Mayor R. James Cárdenas G. y el 'Highway Capacity Manual HCM 2000; de acuerdo a las características mencionadas en esta literatura la vía se comporta como una **arteria principal**, la cual según el HCM 200 es tipo tres.

Tabla 4. Clases de arteria de acuerdo con su función y categoría de proyecto

CLASES DE ARTERIA DE ACUERDO CON SU FUNCION Y CATEGORIA DE PROYECTO		
	CATEGORIA FUNCIONAL	
	ARTERIA PRINCIPAL	ARTERIA SECUNDARIA
Proyecto y control suburbano típico	I	II
Proyecto intermedio	II	III
Proyecto urbano típico	III	III

Fuente: Highway Capacity Manual HCM 2000

5.1 CLASIFICACIÓN DE TRANSITABILIDAD

Carretera pavimentada con superficie de rodamiento en asfalto y pavimento.

5.2 CLASIFICACIÓN TÉCNICA OFICIAL

Esta clasificación permite distinguir la categoría física de la carretera; tomando en cuenta los volúmenes de tránsito y especificaciones geométricas clasificando las carreteras de acuerdo a su tránsito promedio diario anual (TPDA):

Tabla 5. Clasificación de carreteras de acuerdo al TPDA

Tipo A4:	para un TPDA de 5000 a 20000 vehículos
Tipo A2:	para un TPDA de 3000 a 5000 vehículos
Tipo B:	para un TPDA de 1500 a 3000 vehículos
Tipo C:	para un TPDA de 500 a 1500 vehículos
Tipo D:	para un TPDA de 100 a 500 vehículos
Tipo E:	para un TPDA hasta de 100 vehículos

Fuente: ingeniería de tránsito, Rafael Cal y Mayor R. James Cárdenas G.

De este modo se puede clasificar la vía técnicamente como una vía tipo **A4**, así mismo la SCT (Normas de Servicios técnicos, proyecto geométrico carreteras, 1984) ha definido unas características mínimas de sección transversal, en relación a la anterior clasificación, características las cuales es pertinente chequear y comparar con las que presenta la vía actualmente en sus secciones.

Tabla 6. Secciones transversales de carreteras

Secciones transversales de carreteras				
tipo de carretera	Anchos de			
	corona (m)	calzada(m)	Acotamientos(m)	faja separadora central(m)
E	4.00	4.00	-	-
D	6.00	6.00	-	-
C	7.00	6.00	0.50	-

Secciones transversales de carreteras						
tipo de carretera	Anchos de					faja separadora central(m)
	corona (m)	calzada(m)	Acotamientos(m)			
B	9.00	7.00	1.00		-	
A	A2	12.00	7.00	2.50		-
	A4	22.00 min.	2x7.00	ext.	int.	1.00 min.
				3.00	0.50	
A4S	2x11.00	2x7.00	3.00	1.00	8.00 min.	

Fuente: CAL, Rafael MAYOR R Y CÁRDENAS, James Ingeniería del tránsito, fundamento y aplicaciones, clasificación vial).

Siguiendo las recomendaciones de la SCT se hace un comparativo con las dimensiones en las secciones de la vía actualmente y se puede observar que no difieren por grandes diferencias, esto permite descartar o desviar un poco la atención de las características geométricas hacia lo que tiene que ver con flujo vehicular y volúmenes de tránsito, pues el problema que se presenta en la vía puede surgir de este aspecto.

5.3 PLAN MAESTRO DE MOVILIDAD Y DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE BARRANCABERMEJA.

Actualmente el municipio de Barrancabermeja cuenta con estudios de movilidad que desde un punto vista técnico, son inconclusos, ya que arroja en su mayoría lineamientos generales para el sistema vial del municipio.

Sin embargo el POT recomienda una serie de parámetros y condiciones mínimas para vías y carreteras, de acuerdo a la clasificación de las mismas, condiciones

que se deben chequear y comparar con los datos recopilados y calculados en el actual proyecto.

Tabla 7. Secciones mínimas para vías primarias

Para las vías primarias	dimensión (m)	
calzada mínima	6.00	
cuneta-berma o andén (según el caso)	2.00	
sección pública mínima	10.00	
retiro mínimo	15.00	
Pendiente transversal	superficie afirmada	3%
	superficie asfaltada	1%

Fuente: Plan de ordenamiento territorial para Barrancabermeja, 2002

Tabla 8. Secciones mínimas para vías secundarias

Para las vías secundarias	dimensión (m)
calzada mínima	4.00
cuneta-berma o andén (según el caso)	1.50
sección pública mínima	7.00
retiro mínimo	3.50

Fuente: Plan de ordenamiento territorial para Barrancabermeja, 2002

De este modo se puede comparar y concluir que de acuerdo a dimensiones físicas la vía estudiada cumple con las condiciones mínimas estipuladas por el POT.

Cabe resaltar que además, existe un plan maestro de movilidad el cual también hace parte del departamento de planeación de Barrancabermeja, el cual manifiesta algunos parámetros de clasificación en inventarios del sistema vial en general del municipio, así, la vía y algunos sectores de influencia es clasificada como vía colectora, dato que no concuerda con la situación actual de movilidad y flujos de tránsito de la vía; siendo esto un posible indicio de causa en cuanto a la

problemática que se vive hoy en día, sobre todo en las horas críticas de alta congestión vehicular.

6. VELOCIDADES DE OPERACIÓN

La velocidad se define como la relación entre el espacio recorrido y el tiempo que se tarda en recorrerlo. Es decir, para un vehículo representa su relación de movimiento, usualmente expresada en kilómetros por hora (km/h)

Para el proyecto se tuvo en cuenta en un espacio de 50 metros una muestra de 100 vehículos para los cálculos de las velocidades de operación y la velocidad media del tramo; para el primer paso en el análisis de los datos estos se agruparon en una tabla de frecuencias teniendo en cuenta en el número de intervalos a utilizar (tabla de número de intervalos de clase por tamaño de muestras) y el ancho de intervalo de clase.

Se tuvo en cuenta para el análisis de las velocidades de operación dos situaciones que se presentan en el tramo:

- 1- Velocidades de operación óptimas.
- 2- Velocidades de operación críticas

El análisis para las velocidades de operación óptimas se realizó de la siguiente manera:

Se calculó su ancho de intervalo de clase que como lo muestra la siguiente tabla debido al tamaño de la muestra es 8.

Tabla 9. Numero de intervalos de clase por tamaño de muestras

T. de muestra(n)	N. intervalos(N)
50-100	7 a 8
100-1000	10 a 11
1000-10000	14 a 15
10000-100000	17 18
>100000	$1+3.3\log_{10}(n)$

Fuente: Ingeniería de tránsito, aplicaciones y fundamentos, Rafael Cal y Mayor R, James Cárdenas

Luego se calculó su amplitud total la cual se define como la diferencia algebraica entre la medición más grande y la más pequeña de velocidades de la muestra.

Velocidad 40,27
máxima= km/h
Velocidad 12,85
mínima = Km/h

(Ver anexo A-2)

$$Amplitud\ total = 40,26 - 12,84 = 27,42$$

Luego se calculó el ancho de intervalo de clase el cual es calculado por la siguiente formula:

$$anchode\ inetevalo\ de\ clase = \frac{amplitud\ total}{N} = 3,42 \approx 4$$

Fórmula 7. Ancho de intervalo de clase, RAFAEL CAL, MAYOR R Y JAMES CARDENAS, INGENIERIA DEL TRANSITO, FUNDAMENTO Y APLICACIONES, velocidades.

Debido a que el resultado es un número decimal aproximamos al número entero siguiente el cual es 4.

Se realiza con los siguientes datos la tabla de distribuciones de frecuencia de velocidad de punto.

Tabla 10. Distribución de frecuencia de velocidades de punto en condición ideal

Intervalo de clase Grupos de velocidad	Punto medio	Frecuencia observada abs- rel		Frecuencia acumulada abs. Rel.		(col2) ²	col3*col2	col3*col6
(km/h)	Vi (km/h)	Fi	(Fi/n)100 (%)	Fia	(Fia/n)100 (%)	Vi ²	FIVi	Fi*Vi ²
10-13.99	12	5	5	5	5	144	60	720
14-17.99	16	14	14	19	19	256	224	3584
18-21.99	20	31	31	50	50	400	620	12400
22-25.99	24	15	15	65	65	576	360	8640
26-29.99	28	13	13	78	78	784	364	10192
30-33.99	32	10	10	88	88	1024	320	10240
34-37.99	36	10	10	98	98	1296	360	12960
38-41.99	40	2	2	100	100	1600	80	3200
TOTALES		100	100				2388	61936

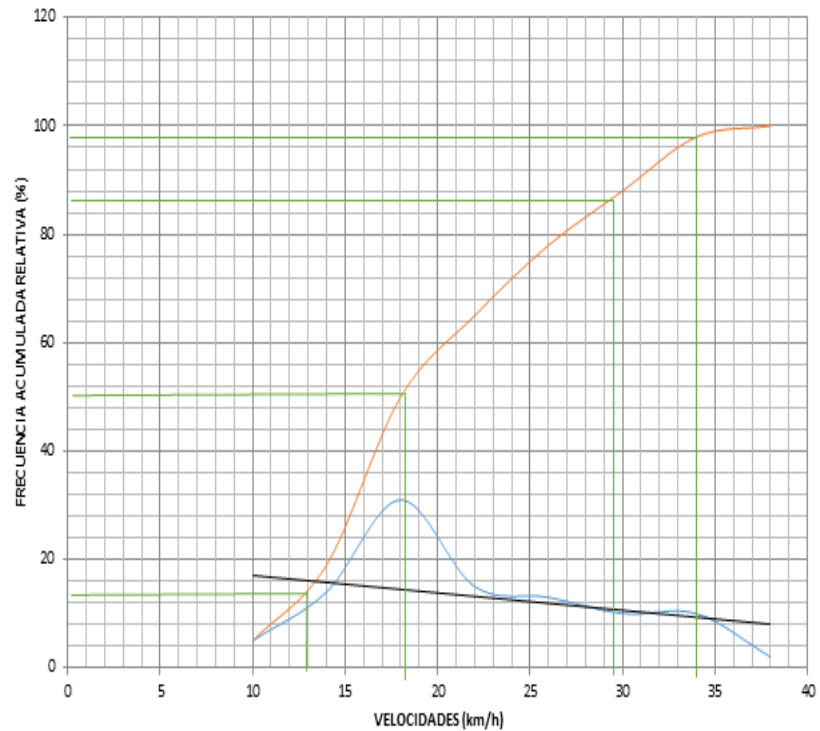
Se halló la velocidad media de punto del tramo de la vía de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$V = \frac{\sum_{i=1}^8(\text{columna7})}{n} = 23,88 \text{ km/h}$$

Fórmula 8. Velocidad media, RAFAEL CAL, MAYOR R Y JAMES CARDENAS, INGENIERIA DEL TRANSITO, FUNDAMENTO Y APLICACIONES, velocidades.

Luego de acuerdo a la siguiente grafica se hallaron los percentiles: P15, P50, P85, P98 que de acuerdo a nuestra frecuencia acumulada relativa y las velocidades son los que se presentan en el tramo de la vía.

Figura 10. Grafica distribución de velocidades y percentiles



PERCENTILES

P15	12.9	km/h
P50	18.2	km/h
P85	29.2	km/h
P98	33.9	km/h

El análisis para las velocidades de operación críticas se realizó de la siguiente manera:

Se calculó su ancho de intervalo de clase que como lo muestra la siguiente tabla debido al tamaño de la muestra es 8.

Tabla 11. Numero de intervalos de clase por tamaño de muestras

T. de muestra(n)	N. intervalos(N)
50-100	7 a 8
100-1000	10 a 11
1000-10000	14 a 15
10000-100000	17 18
>100000	$1+3.3\log_{10}(n)$

Luego se calculó su amplitud total la cual se define como la diferencia algebraica entre la medición más grande y la más pequeña de velocidades de la muestra.

Velocidad
máxima= 19,18km/h
Velocidad =6,12
mínima Km/h

(Ver anexo A-3)

$$Amplitud\ total = 19,18 - 6,12 = 13,02$$

Luego se calculó el ancho de intervalo de clase el cual es calculado por la siguiente formula:

$$anchode\ intevalo\ de\ clase = \frac{amplitud\ total}{N} = 1,6321 \approx 2$$

Fórmula 9. Ancho de intervalo de clase, RAFAEL CAL, MAYOR R Y JAMES CARDENAS, INGENIERIA DEL TRANSITO, FUNDAMENTO Y APLICACIONES, velocidades.

Debido a que el resultado es un número decimal aproximamos al número entero siguiente el cual es 2.

Se realiza con los siguientes datos la tabla de distribuciones de frecuencia de velocidad de punto.

Tabla 12. Distribución de frecuencia de velocidades de punto en condición crítica

Intervalo de clase Grupos de velocidad (km/h)	Punto medio Vi (km/h)	Frecuencia observada abs-rel		Frecuencia acumulada abs. Rel.		(col2)*2	col3*col2	col3*col6
		Fi	(Fi/n)100 (%)	Fia	(Fia/n)100 (%)			
5-6.99	6	8	8	5	5	36	48	288
7-8.99	8	18	18	23	23	64	144	1152
9-10.99	10	31	31	54	54	100	310	3100
11-12.99	12	12	12	66	66	144	144	1728
13-14.99	14	14	14	80	80	196	196	2744
15-16.99	16	10	10	90	90	256	160	2560
17-18.99	18	5	5	95	95	324	90	1620
19-20.99	20	2	2	97	97	400	40	800
TOTALES		100	100				1132	13992

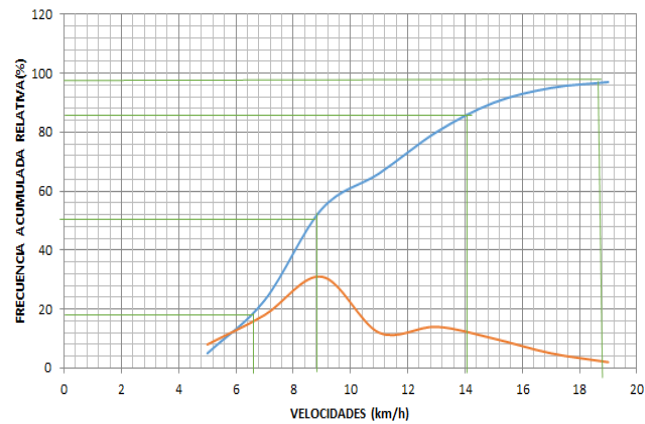
Se halló la velocidad media de punto del tramo de la vía de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$V = \frac{\sum_{i=1}^8 (\text{columna7})}{n} = 11,32 \text{ km/h}$$

Fórmula 10. Velocidad media, RAFAEL CAL, MAYOR R Y JAMES CARDENAS, INGENIERIA DEL TRANSITO, FUNDAMENTO Y APLICACIONES, velocidades.

Luego de acuerdo a la siguiente grafica hallamos los percentiles: P15, P50, P85, P98 que de acuerdo a nuestra frecuencia acumulada relativa y las velocidades son los que se presentan en el tramo de la vía.

Figura 11. Grafica distribución de velocidades y percentiles



PERCENTILES

P15	6,5	km/h
P50	8,7	km/h
P85	14,1	km/h
P98	18,8	km/h

Los usos de los percentiles son los siguientes:

La velocidad correspondiente al percentil 50, P50, es utilizada como una medida de la calidad del flujo vehicular y es aproximadamente igual a la velocidad media. El percentil 85, P85, se refiere a la velocidad crítica a la cual debe establecerse el límite máximo de velocidad en conexión con los dispositivos del control de tránsito que la deben restringir. El percentil 15, P15, se refiere al límite inferior de la velocidad y el percentil 98, P98, se utiliza para establecer la velocidad de proyecto.

7. COSTOS DE VIAJE

Se realizó un análisis de costos teniendo en cuenta la situación en la que se encuentra la vía en estos momentos y la situación en la cual debería estar para un funcionamiento a flujo libre y con un nivel de servicio óptimo.

Se tiene en cuenta el porcentaje de vehículos que transcurren en este tramo al año:

Tabla 13. Número de viajes según tipo de vehículo al año

TPDA	15382	(%)	Número de viajes al año
	Autos	41,56	6393
	Buses	11,20	1723
	Camiones	10,06	1548
	Motos	37,17	5717
	TOTAL	100,00	15382

Se tendrán en cuenta dos factores para el ahorro, los cuales son:

- Tiempos de viaje: el cual según un estudio por cada minuto se calcula que es \$50 pesos.
- Combustible: el cual tiene en cuenta el precio aproximado del acpm y de la gasolina para el año 2015.

VALOR ACPM \$7594,5.

VALOR GASOLINA \$7856,9.

También se tendrá en cuenta el número de usuarios esperado de acuerdo al tipo de vehículo:

Tabla 14. Usuarios que transitan la vía según tipo de vehículo al año.

Tipo de vehículo	Usuarios	Usuarios al año
Autos	1,5	9590
Buses	12	20675
Motos	1	1548
Camiones	1	5717
Total		37531

Ya con los valores antes descritos se realizó las siguientes tablas que nos permitieron calcular los valores para ver el ahorro que se obtendría al año por los dos factores antes dichos.

Tabla 15. Ahorro por tiempos de viaje, tiempos de viaje optimo

AHORRO POR TIEMPOS DE VIAJE		
TIEMPO DE VIAJE OPTIMO		
TIPO DE TRANSPORTE	TIEMPO PROMEDIO DE VIAJE (Horas)	TIEMPO PONDERADO DE VIAJE (Minutos)
Autos	0,023	1,4
Buses	0,006	0,377
Camiones	0,006	0,339
Motos	0,021	1,252
TOTAL DE TIEMPO DE VIAJE PONDERADO		3,369

Tabla 16. Ahorro por tiempos de viaje, tiempo de viaje critico

TIEMPO DE VIAJE CRITICO		
TIPO DE TRANSPORTE	TIEMPO PROMEDIO DE VIAJE (Horas)	TIEMPO PONDERADO DE VIAJE (Minutos)
Autos	0,049	2,954
Buses	0,013	0,796
Camiones	0,012	0,715
Motos	0,044	2,642
TOTAL DE TIEMPO DE VIAJE PONDERADO		7,108

De esta manera el ahorro por tiempos de viaje anual seria el siguiente:

AHORRO:

$$= (7,108 - 3,369) * \$50 * 37.531 * 365$$

$$= \$2.560.614.455$$

Número de usuarios al año= 37.531,2

AHORRO POR COMBUSTIBLE

Tabla 17. Coeficiente de rendimientos según tipo de vehículo

TIPO DE VEHICULO	RENDIMIENTOS(km/Gl)
Autos	45
Buses	6
Camiones	20
Motos	80

Fuente: Departamento nacional de planeación, Manual de cálculo de tarifa del sistema estratégico de transporte. 2008.

Tabla 18. Ahorro por combustible, tiempos de viaje optimo

AHORRO POR COMBUSTIBLE	
TIEMPO DE VIAJE OPTIMO	
TIPO DE TRANSPORTE	VALOR TOTAL
Autos	\$ 1.446.938,75
Buses	\$ 2.924.490,37
Camiones	\$ 788.312,96
Motos	\$ 727.852,45
TOTAL POR COMBUSTIBLE	\$ 5.887.594,52

Tabla 19. Ahorro por combustible, tiempo de viaje critico

TIEMPO DE VIAJE CRITICO	
TIPO DE TRANSPORTE	VALOR TOTAL
Autos	\$ 2.740.898,66
Buses	\$ 2.924.490,37
Camiones	\$ 2.627.709,86
Motos	\$ 727.852,45
TOTAL POR COMBUSTIBLE	\$ 9.020.951,33

De esta manera el ahorro por combustible seria el siguiente:

AHORRO:

$$= (9.020.951-5.887.594)*365=\$1.143.675.232,69$$

Siendo el ahorro total la suma del ahorro dado por los dos factores.

AHORRO TOTAL

$$=1.143.675.232,69+2.560.614.455$$

$$=\$3.704.289.687, 70$$

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Actualmente la transitabilidad de la vía de la calle 71 presenta un flujo relativamente normal de los vehículos dentro de ella, y bajo el análisis geométrico se puede destacar un mínimo margen de error de las medidas estándar que se deben tener para este tipo de vías. Sin embargo el análisis de capacidad en horas pico, manifiesta una congestión vehicular que afecta el buen estado y servicio de la vía.

La seguridad de la vía está determinada por el flujo y capacidad vehicular que se presenta, es debido a esto que se concluye no que la vía no cuenta con la seguridad vial ideal, aún más si se tiene en cuenta que está situada en un área industrial de crecimiento vehicular constante.

Los análisis y estudios realizados en la vía, permiten concluir que existe déficit en la funcionalidad correcta de esta, más aun si se estima desde el análisis de capacidad, que indica que con el flujo vehicular que se tiene, deberían existir 5 carriles para obtener el comportamiento ideal.

Según los cálculos realizados se pudo ver el cambio significativo en los valores de velocidad en los que la vía debería estar funcionando y en los que realmente se encuentra debido a la disminución de la velocidad en el estado actual de la vía se generan embotellamientos sobre toda su extensión.

Según los análisis realizados sobre los dos factores que afectan en el ahorro que podría tener la vía de acuerdo a el ahorro por combustible y el ahorro por tiempos de viaje teniendo un estimativo de \$50 pesos de acuerdo al minuto por usuario y teniendo en cuenta el valor actual del acpm y de la gasolina se puede ver un

ahorro total anual en los costos de operación de \$3.704.289.687, 70 con esto se concluye que se deben buscar posibles soluciones para mejorar el nivel de servicio de la vía y evitar los trancones que generan sobrecostos operacionales en la misma.

La ubicación de la vía está delimitada por predios residenciales e industriales, lo que aumentaría de manera desmesurada el capital para satisfacer el ideal de construir carriles aledaños, para dar soluciones alternas, a dicha problemática, se pueden tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

Estudiar la posibilidad de disminuir el flujo vehicular en horas pico, con la recomendación de utilización de vías alternas, dando prioridad a vehículos de carga pesada, debido a la zona industrial en la que se encuentra ubicada la vía, de esta manera se reduce el congestionamiento de la vía en las horas más significativas.

Elaborar un plan enfocado en discriminar la composición del flujo vehicular en horas pico, en el que se priorice los vehículos industriales.

Establecer controles en los horarios de cargas y descargas de los vehículos industriales, de tal modo que se estipulen tiempos prudenciales que permitan disminuir el tránsito de estos vehículos en las horas más significativas de día.

BIBLIOGRAFIA

BARRANCABERMEJA-SANTANDER Estudio de movilidad [en línea] disponible en: <http://barrancabermeja-santander.gov.co/ciudadsegura/documents/EJE%20MOVILIDAD.pdf>

CAL Rafael, MAYOR R., CARDENAS G. James Ingeniería de tránsito, fundamentos y aplicaciones. Octava edición. México, enero 2007.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACION. Manual de cálculo de tarifa del sistema estratégico de transporte. 2008.

INFLACION Precio Gasolina[en línea] disponible en: <http://inflacion.com.co/precio-gasolina.html>

NATIONAL RESEARCH COUNCIL, Highway capacity manual, 2000.

PLANEACION MUNICIPAL DE BARRANCABERMEJA, plan de ordenamiento territorial, Barrancabermeja, 2002

PLANEACION MUNICIPAL DE BARRANCABERMEJA, plan maestro de movilidad, Barrancabermeja, 2002.

SCT. Normas de Servicios Técnicos, Proyecto Geométrico Carreteras. México, 1984

WEBIDU Metodología Para el cálculo de la capacidad y del nivel de servicio para segmentos básicos de autopista [en línea] disponible en: <http://webidu.idu.gov.co:9090/jspui/bitstream/123456789/39039/6/60001444-02.pdf>)

ANEXOS

Anexo A. Aforo flujo vehicular semanal

- Sentido oriente-occidente

fecha	lunes 10 de agosto 2015			
sentido	oriente-occidente			
hora	motos	carros	buses	camiones
5:00 am - 6:00 am	252	188	87	32
6:00 am - 7:00 am	550	294	91	39
7:00 am - 8:00 am	305	200	44	62
8:00 am - 9:00 am	173	162	27	95
9:00 am - 10:00 am	164	201	30	94
10:00 am - 11:00 am	150	171	67	86
11:00 am - 12:00 m	211	184	54	58
12:00 m - 1:00 pm	205	192	65	23
1:00 pm - 2:00 pm	312	194	67	28
2:00 pm - 3:00 pm	261	231	48	43
3:00 pm - 4:00 pm	230	214	59	30
4:00 pm - 5:00 pm	266	238	63	50
5:00 pm - 6:00 pm	378	230	73	14
6:00 pm - 7:00 pm	234	141	28	19

fecha	martes 11 de agosto 2015			
sentido	oriente-occidente			
hora	motos	carros	buses	camiones
5:00 am - 6:00 am	263	195	80	28
6:00 am - 7:00 am	489	273	96	45
7:00 am - 8:00 am	313	221	46	71
8:00 am - 9:00 am	201	154	28	98
9:00 am - 10:00 am	171	200	32	84
10:00 am - 11:00 am	143	194	64	86
11:00 am - 12:00 m	236	163	54	54
12:00 m - 1:00 pm	206	173	65	20
1:00 pm - 2:00 pm	298	190	68	41
2:00 pm - 3:00 pm	270	221	52	51
3:00 pm - 4:00 pm	239	245	63	33
4:00 pm - 5:00 pm	287	230	63	58
5:00 pm - 6:00 pm	403	219	74	21
6:00 pm - 7:00 pm	256	157	32	12

fecha	miércoles 12 de agosto 2015			
sentido	oriente-occidente			
hora	motos	carros	buses	camiones
5:00 am - 6:00 am	286	192	92	42
6:00 am - 7:00 am	573	302	94	51
7:00 am - 8:00 am	287	213	42	75
8:00 am - 9:00 am	182	134	23	89
9:00 am - 10:00 am	169	196	34	102
10:00 am - 11:00 am	152	154	71	83
11:00 am - 12:00 m	219	179	58	74
12:00 m - 1:00 pm	232	213	65	44

fecha	miércoles 12 de agosto 2015			
sentido	oriente-occidente			
hora	motos	carros	buses	camiones
1:00 pm - 2:00 pm	310	201	66	32
2:00 pm - 3:00 pm	292	198	45	39
3:00 pm - 4:00 pm	227	237	60	32
4:00 pm - 5:00 pm	253	189	58	56
5:00 pm - 6:00 pm	408	226	74	44
6:00 pm - 7:00 pm	265	136	31	28

fecha	jueves 13 de agosto 2015			
sentido	oriente-occidente			
hora	motos	carros	buses	camiones
5:00 am - 6:00 am	267	163	83	36
6:00 am - 7:00 am	479	298	95	41
7:00 am - 8:00 am	296	231	45	63
8:00 am - 9:00 am	184	143	27	106
9:00 am - 10:00 am	174	210	36	90
10:00 am - 11:00 am	169	179	61	91
11:00 am - 12:00 m	217	192	58	59
12:00 m - 1:00 pm	232	201	68	27
1:00 pm - 2:00 pm	320	187	73	38
2:00 pm - 3:00 pm	258	216	52	42
3:00 pm - 4:00 pm	235	248	71	39
4:00 pm - 5:00 pm	281	253	69	51
5:00 pm - 6:00 pm	392	246	79	18
6:00 pm - 7:00 pm	246	176	32	27

fecha	viernes 14 de agosto de 2015			
sentido	oriente-occidente			
hora	motos	carros	buses	camiones
5:00 am - 6:00 am	273	215	81	41
6:00 am - 7:00 am	598	285	96	42
7:00 am - 8:00 am	289	213	45	65
8:00 am - 9:00 am	191	187	28	93
9:00 am - 10:00 am	173	210	36	115
10:00 am - 11:00 am	171	198	64	92
11:00 am - 12:00 m	223	185	61	59
12:00 m - 1:00 pm	243	219	72	27
1:00 pm - 2:00 pm	348	211	71	43
2:00 pm - 3:00 pm	293	138	52	52
3:00 pm - 4:00 pm	270	256	71	45
4:00 pm - 5:00 pm	286	271	60	43
5:00 pm - 6:00 pm	381	225	53	32
6:00 pm - 7:00 pm	244	163	32	12

- **Sentido occidente- oriente**

fecha	lunes 10 de agosto 2015			
sentido	occidente-oriente			
hora	motos	carros	buses	camiones
5:00 am - 6:00 am	137	125	54	19
6:00 am - 7:00 am	246	184	82	28
7:00 am - 8:00 am	251	210	105	32
8:00 am - 9:00 am	205	187	39	66
9:00 am - 10:00 am	202	176	19	70
10:00 am - 11:00 am	171	160	33	71

fecha	lunes 10 de agosto 2015			
sentido	occidente-oriente			
hora	motos	carros	buses	camiones
11:00 am - 12:00 m	238	199	53	90
12:00 m - 1:00 pm	318	204	66	36
1:00 pm - 2:00 pm	216	182	48	46
2:00 pm - 3:00 pm	263	195	70	45
3:00 pm - 4:00 pm	252	214	52	50
4:00 pm - 5:00 pm	259	249	49	67
5:00 pm - 6:00 pm	496	302	51	54
6:00 pm - 7:00 pm	341	218	68	27

fecha	martes 11 de agosto 2015			
sentido	occidente-oriente			
hora	motos	carros	buses	camiones
5:00 am - 6:00 am	148	132	47	15
6:00 am - 7:00 am	185	163	87	34
7:00 am - 8:00 am	259	231	107	41
8:00 am - 9:00 am	233	179	40	69
9:00 am - 10:00 am	209	175	21	60
10:00 am - 11:00 am	171	183	30	71
11:00 am - 12:00 m	273	178	53	86
12:00 m - 1:00 pm	319	185	66	33
1:00 pm - 2:00 pm	202	178	49	59
2:00 pm - 3:00 pm	272	185	74	53
3:00 pm - 4:00 pm	261	245	56	53
4:00 pm - 5:00 pm	280	241	49	75
5:00 pm - 6:00 pm	521	291	52	61
6:00 pm - 7:00 pm	363	234	72	20

fecha	miércoles 12 de agosto 2015			
sentido	occidente-oriente			
hora	motos	carros	buses	camiones
5:00 am - 6:00 am	171	129	59	32
6:00 am - 7:00 am	269	192	85	44
7:00 am - 8:00 am	233	223	103	43
8:00 am - 9:00 am	214	159	35	60
9:00 am - 10:00 am	207	171	23	78
10:00 am - 11:00 am	173	143	37	83
11:00 am - 12:00 m	246	194	57	95
12:00 m - 1:00 pm	345	225	66	57
1:00 pm - 2:00 pm	214	189	47	53
2:00 pm - 3:00 pm	294	162	67	48
3:00 pm - 4:00 pm	249	237	53	64
4:00 pm - 5:00 pm	246	200	44	73
5:00 pm - 6:00 pm	526	298	52	61
6:00 pm - 7:00 pm	372	213	71	30

fecha	jueves 13 de agosto 2015			
sentido	occidente-oriente			
hora	motos	carros	buses	camiones
5:00 am - 6:00 am	152	100	50	23
6:00 am - 7:00 am	175	188	86	30
7:00 am - 8:00 am	242	241	106	33
8:00 am - 9:00 am	216	168	39	77
9:00 am - 10:00 am	212	185	25	66
10:00 am - 11:00 am	190	168	27	76
11:00 am - 12:00 m	151	207	57	91

fecha	jueves 13 de agosto 2015			
sentido	occidente-orient			
hora	motos	carros	buses	camiones
12:00 m - 1:00 pm	345	213	69	40
1:00 pm - 2:00 pm	224	175	54	56
2:00 pm - 3:00 pm	265	180	74	44
3:00 pm - 4:00 pm	257	248	64	59
4:00 pm - 5:00 pm	274	264	55	68
5:00 pm - 6:00 pm	510	318	57	58
6:00 pm - 7:00 pm	353	253	72	35

fecha	viernes 14 de agosto 2015			
sentido	occidente-orient			
hora	motos	carros	buses	camiones
5:00 am - 6:00 am	158	152	48	28
6:00 am - 7:00 am	294	175	87	31
7:00 am - 8:00 am	235	223	106	35
8:00 am - 9:00 am	223	212	40	64
9:00 am - 10:00 am	211	185	25	91
10:00 am - 11:00 am	192	187	30	77
11:00 am - 12:00 m	250	200	60	91
12:00 m - 1:00 pm	356	231	73	40
1:00 pm - 2:00 pm	284	199	52	61
2:00 pm - 3:00 pm	295	102	74	54
3:00 pm - 4:00 pm	292	256	64	65
4:00 pm - 5:00 pm	279	282	46	60
5:00 pm - 6:00 pm	499	297	31	72
6:00 pm - 7:00 pm	351	240	72	20

Anexo B. Aforo Velocidades de operación óptima:

longitud de tramo (m)		50
t(s)	vel (m/s)	vel(km/hora)
9,12	5,4825	19,7368
5,56	8,9928	32,3741
6,12	8,1699	29,4118
7,5	6,6667	24,0000
5,64	8,8652	31,9149
6,48	7,7160	27,7778
8,28	6,0386	21,7391
6,9	7,2464	26,0870
5,87	8,5179	30,6644
6,17	8,1037	29,1734
6,28	7,9618	28,6624
4,83	10,3520	37,2671
5,09	9,8232	35,3635
8,15	6,1350	22,0859
5,99	8,3472	30,0501
5,25	9,5238	34,2857
6,65	7,5188	27,0677
6,51	7,6805	27,6498
7,47	6,6934	24,0964
8,18	6,1125	22,0049
8,71	5,7405	20,6659
4,48	11,1607	40,1786

longitud de tramo (m)		50
t(s)	vel (m/s)	vel(km/hora)
7,82	6,3939	23,0179
8,32	6,0096	21,6346
8,5	5,8824	21,1765
10,52	4,7529	17,1103
12,32	4,0584	14,6104
9,45	5,2910	19,0476
8,45	5,9172	21,3018
14,01	3,5689	12,8480
9,26	5,3996	19,4384
8,53	5,8617	21,1020
8,93	5,5991	20,1568
9,6	5,2083	18,7500
10,7	4,6729	16,8224
11,8	4,2373	15,2542
7,12	7,0225	25,2809
7,56	6,6138	23,8095
9,76	5,1230	18,4426
12,56	3,9809	14,3312
13,12	3,8110	13,7195
9,76	5,1230	18,4426
10,9	4,5872	16,5138
8,97	5,5741	20,0669

longitud de tramo (m)		50
t(s)	vel (m/s)	vel(km/hora)
5,94	8,4175	30,3030
6,13	8,1566	29,3638
4,91	10,1833	36,6599
7,72	6,4767	23,3161
8,61	5,8072	20,9059
4,84	10,3306	37,1901
5,68	8,8028	31,6901
4,82	10,3734	37,3444
5,43	9,2081	33,1492
5,22	9,5785	34,4828
5,26	9,5057	34,2205
4,47	11,1857	40,2685
7,97	6,2735	22,5847
6,38	7,8370	28,2132
11,62	4,3029	15,4905
5,25	9,5238	34,2857
4,86	10,2881	37,0370
6,32	7,9114	28,4810
6,98	7,1633	25,7880
7,85	6,3694	22,9299
5,85	8,5470	30,7692
6,15	8,1301	29,2683
7,79	6,4185	23,1065
5,73	8,7260	31,4136
7,57	6,6050	23,7781
8,5	5,8824	21,1765

longitud de tramo (m)		50
t(s)	vel (m/s)	vel(km/hora)
9,87	5,0659	18,2371
8,45	5,9172	21,3018
8,5	5,8824	21,1765
9,35	5,3476	19,2513
7,37	6,7843	24,4233
12,21	4,0950	14,7420
8,73	5,7274	20,6186
9,45	5,2910	19,0476
11,1	4,5045	16,2162
8,32	6,0096	21,6346
9,34	5,3533	19,2719
8,87	5,6370	20,2931
8,97	5,5741	20,0669
10,12	4,9407	17,7866
10,14	4,9310	17,7515
13,68	3,6550	13,1579
12,84	3,8941	14,0187
9,74	5,1335	18,4805
8,76	5,7078	20,5479
9,34	5,3533	19,2719
9,76	5,1230	18,4426
13,28	3,7651	13,5542
6,86	7,2886	26,2391
7,82	6,3939	23,0179
8,58	5,8275	20,9790
11,21	4,4603	16,0571

longitud de tramo (m)		50
t(s)	vel (m/s)	vel(km/hora)
6,04	8,2781	29,8013
5,7	8,7719	31,5789

longitud de tramo (m)		50
t(s)	vel (m/s)	vel(km/hora)
11,89	4,2052	15,1388
13,64	3,6657	13,1965

Anexo C. Aforo velocidades de operación críticas:

longitud de tramo (m)		50
t(s)	vel (m/s)	vel(km/hora)
19,152	2,6107	9,3985
24,5196	2,0392	7,3411
12,852	3,8904	14,0056
15,75	3,1746	11,4286
11,844	4,2215	15,1976
13,608	3,6743	13,2275
17,388	2,8755	10,3520
14,49	3,4507	12,4224
12,327	4,0561	14,6021
12,957	3,8589	13,8921
13,188	3,7913	13,6488
10,143	4,9295	17,7462
10,689	4,6777	16,8397
17,115	2,9214	10,5171
12,579	3,9749	14,3096
11,025	4,5351	16,3265
13,965	3,5804	12,8894
13,671	3,6574	13,1666
15,687	3,1874	11,4745
17,178	2,9107	10,4785
18,291	2,7336	9,8409
9,408	5,3146	19,1327
12,474	4,0083	14,4300

longitud de tramo (m)		50
t(s)	vel (m/s)	vel(km/hora)
16,422	3,0447	10,9609
17,472	2,8617	10,3022
17,85	2,8011	10,0840
22,092	2,2633	8,1477
25,872	1,9326	6,9573
19,845	2,5195	9,0703
17,745	2,8177	10,1437
29,421	1,6995	6,1181
19,446	2,5712	9,2564
17,913	2,7913	10,0486
18,753	2,6662	9,5985
20,16	2,4802	8,9286
22,47	2,2252	8,0107
24,78	2,0178	7,2639
14,952	3,3440	12,0385
15,876	3,1494	11,3379
20,496	2,4395	8,7822
26,376	1,8957	6,8244
27,552	1,8148	6,5331
20,496	2,4395	8,7822
22,89	2,1844	7,8637
18,837	2,6544	9,5557
20,727	2,4123	8,6843

longitud de tramo (m)		50
t(s)	vel (m/s)	vel(km/hora)
12,873	3,8841	13,9828
10,311	4,8492	17,4571
16,212	3,0841	11,1029
18,081	2,7653	9,9552
10,164	4,9193	17,7096
11,928	4,1918	15,0905
10,122	4,9397	17,7830
11,403	4,3848	15,7853
10,962	4,5612	16,4204
11,046	4,5265	16,2955
9,387	5,3265	19,1755
16,737	2,9874	10,7546
13,398	3,7319	13,4348
24,402	2,0490	7,3764
11,025	4,5351	16,3265
10,206	4,8991	17,6367
13,272	3,7673	13,5624
14,658	3,4111	12,2800
16,485	3,0331	10,9190
12,285	4,0700	14,6520
12,915	3,8715	13,9373
16,359	3,0564	11,0031
12,033	4,1552	14,9589
15,897	3,1452	11,3229
17,85	2,8011	10,0840
12,684	3,9420	14,1911

longitud de tramo (m)		50
t(s)	vel (m/s)	vel(km/hora)
17,745	2,8177	10,1437
17,85	2,8011	10,0840
19,635	2,5465	9,1673
15,477	3,2306	11,6302
25,641	1,9500	7,0200
18,333	2,7273	9,8184
19,845	2,5195	9,0703
23,31	2,1450	7,7220
17,472	2,8617	10,3022
19,614	2,5492	9,1771
18,627	2,6843	9,6634
18,837	2,6544	9,5557
21,252	2,3527	8,4698
21,294	2,3481	8,4531
28,728	1,7405	6,2657
26,964	1,8543	6,6756
20,454	2,4445	8,8002
18,396	2,7180	9,7847
19,614	2,5492	9,1771
20,496	2,4395	8,7822
27,888	1,7929	6,4544
14,406	3,4708	12,4948
16,422	3,0447	10,9609
18,018	2,7750	9,9900
23,541	2,1240	7,6462
24,969	2,0025	7,2089

longitud de tramo (m)		50
t(s)	vel (m/s)	vel(km/hora)
11,97	4,1771	15,0376

longitud de tramo (m)		50
t(s)	vel (m/s)	vel(km/hora)
28,644	1,7456	6,2840