PAVIMENTACIÓN VIAL EN CONCRETO RÍGIDO EN LA CARRERA 10 URBANIZACIÓN VILLA ESPERANZA EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE CHARALÁ, SANTANDER.

ESTUDIO DE TRÁNSITO

DOCUMENTO DE 23 PAGINAS ELABORADO POR:	
ALBERT DANIEL REYES RIVERO 68202124152 STD	

Octubre, 2026

Tabla de contenido

1. INTRODUCCIÓN 5
2. OBJETIVOS 6
2.1. OBJETIVO GENERAL 6
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 6
3. LOCALIZACIÓN GENERAL 7
4. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO 9
5. ESTUDIO DE TRANSITO 10
5.1. TRABAJO DE CAMPO 10
5.1.1. TOMA DE INFORMACIÓN PRIMARIA 10
5.1.2. ESTACIONES DE ESTUDIO 11
5.1.3. PERIODO DE AFORO 12
5.1.4. CATEGORIZACIÓN DE VEHÍCULOS 12
5.2. METODOLOGÍA Y DIAGNOSTICO 12
5.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS 13
5.4. CLASIFICACIÓN DE LOS VEHÍCULOS 13
5.4.1. CARGAS MÁXIMAS POR TIPO DE EJE VIGENTES EN COLOMBIA 18
5.4.2. DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL GENERAL DEL TRÁNSITO 19
5.4.3. FACTOR DE DISTRIBUCIÓN DIRECCIONAL 20
5.4.4. FACTOR DE DISTRIBUCIÓN POR CARRIL 21
5.4.5. FACTOR DE EQUIVALENCIA DE CARGA 21
5.4.6. FACTORES DAÑO POR VEHÍCULO COMERCIAL DETERMINADOS POR EL MÉTODO AASHTO Y MÉTODO DE LA CUARTA POTENCIA 22
5.4.7. CUANTIFICACIÓN DEL TRÁNSITO EQUIVALENTE CUANDO NO SE POSEEN SERIES HISTÓRICAS DE CONTEOS DE TRÁNSITO 27
ECUACIÓN DE CRECIMIENTO EXPONENCIAL 27
ECUACIÓN DE CRECIMIENTO LINEAL 28
5.4.8. ESTIMACIÓN DE LA TASA DE CRECIMIENTO DE LOS VEHÍCULOS COMERCIALES (R) 28
6. ANÁLISIS Y RESULTADOS 29
AFORO REALIZADO SECTOR 1-2-3 30
6.1. TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO 34
6.2. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN HORARIO DEL PROYECTO 35
6.3. VARIACIONES DIARIAS 36
6.4. TRANSITO ATRAÍDO 37
6.5. TRANSITO GENERADO 37

6.6. CALCULO DE NUMERO DE EJES EQUIVALENTES 39
SECTOR 2 40
SECTOR 3 41
SECTOR 1 41
SECTOR 2 42
7. CONCLUSIONES 44

TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Localización del Municipio CHARALA, Santander 6
Ilustración 2. Localización general del tramo objeto del presente estudio. 8
Ilustración 3. Localización de toma de aforo vehicular 10
Ilustración 4 Designación para los vehículos pesados 13
Ilustración 5. Variación diaria por vehículo tramo vial SECTORES 1-2-3 31
Ilustración 6. Composición tráfico SECTORES 1-2-3.....32
Ilustración 7. Variación diaria en el flujo SECTORES 1-2-3 34

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Punto de toma de aforo vehicular.....10
Tabla 2 Pesos brutos vehiculares máximos vigentes en Colombia 16
Tabla 3 Cargas máximas por tipo de eje vigentes en Colombia 17
Tabla 4 Resumen de composición vehicular obtenida de la Red vial Nacional 18
Tabla 5 Factor de distribución 20
Tabla 6 Factores daño por vehículo comercial para las cargas máximas legales utilizando metodología general Aashto y método de la cuarta potencia 22
Tabla 7 Tasas de crecimiento obtenidas en un muestreo de la red vial nacional...28
Tabla 8. Volúmenes diarios de tránsito 29
Tabla 9. Volúmenes diarios de tránsito SECTORES 1-2-3 30
Tabla 10 Valores del coeficiente de desviación estándar de 36
Tabla 11. Equivalencias para factor camión. SECTORES 1-2-3.....37
Tabla 12. Variables cálculos usadas SECTORES 1-2-3.....37
Tabla 13. Tabla resumen de ejes equivalentes del tramo vial para 20 años SECTORES 1-2-3 39

1. INTRODUCCIÓN

El estudio de tránsito se realiza con el propósito de conocer las condiciones actuales de operación y demanda de tráfico, para lo cual se hace necesaria la toma de información de campo mediante aforos vehiculares. Con esta información se realizarán proyecciones de tránsito;

En el presente documento se reportan los resultados obtenidos para la repavimentación del presente proyecto. Así mismo, se incluyen los parámetros de diseño y procesamiento de la información correspondiente, de acuerdo al análisis de tránsito que circula por la vía, su crecimiento, estudios de campo y proyecciones, numero de ejes equivalentes, Esta información es recopilada en campo mediante conteos manuales en los sitios en estudio.

El tramo de vía objeto del presente estudio corresponden al tramo vial entre el municipio de CHARALA por la vía que conduce a la escuela La LAJITA en el departamento de Santander, los cuales serán tomados como base para realizar los estudios complementarios del proyecto denominado **PAVIMENTACIÓN VIAL EN CONCRETO RÍGIDO EN LA CARRERA 10 URBANIZACIÓN VILLA ESPERANZA EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE CHARALÁ, SANTANDER.**

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

El objetivo general de este informe es realizar el estudio de tránsito del proyecto denominado **"PAVIMENTACIÓN VIAL EN CONCRETO RÍGIDO EN LA CARRERA 10 URBANIZACIÓN VILLA ESPERANZA EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE CHARALÁ, SANTANDER",** mediante la estimación del número de ejes equivalentes-tránsito de las múltiples zonas de estudio durante la vida útil del proyecto, es decir, el número de vehículos que circulará por el tramo vial en estudio.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

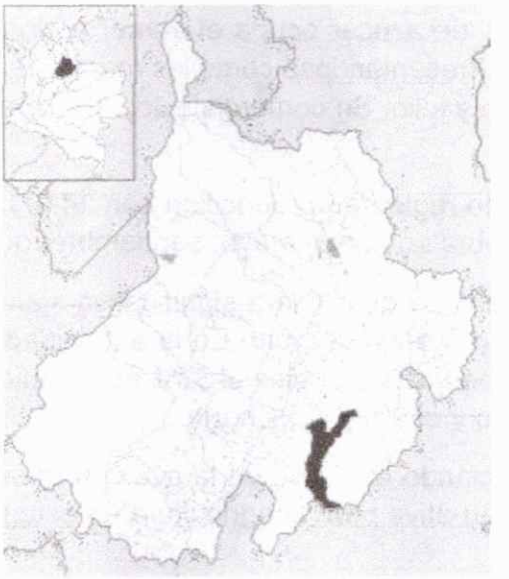
- Determinar la cantidad de vehículos que en promedio circularán cada día (TPD) en los tramos objeto de estudio.
- Establecer como base para el cálculo de la estructura del pavimento, de acuerdo al número de ejes equivalentes obtenidos para las zonas de estudio.
- Determinar los tipos y porcentaje de vehículos que circulan por el tramo de estudio.

3. LOCALIZACIÓN GENERAL

CHARALÁ es un municipio colombiano ubicado en el departamento de Santander.

Es llamada Cuna de la Libertad de América por sus aportes en la revolución de los Comuneros; además es cuna de próceres como José Antonio Galán y José Acevedo y Gómez, y aquí también se llevó a cabo la batalla del Pienta el 4 de agosto de 1819.

Ilustración 1. Localización del Municipio CHARALA, Santander



Fuente: Google Earth, el autor

La cabecera municipal de Charalá dista 135 kilómetros de Bucaramanga, la capital del departamento. Territorio ondulado y fértil, situado a 1290 metros de altitud, es avenado por los ríos Táquiza, Pienta, Cañaverales, Riachuelito y Virolín. Registra una temperatura media anual de 21 grados Celsius. En este municipio se encuentra parte del santuario de fauna y flora Guanentá Alto Río Fonce.

Entre las actividades económicas principales se destaca la agricultura (café, caña de azúcar, maíz), la ganadería y la explotación de minas de mármol.

El modo de producción en Charalá es marcadamente precapitalista, con énfasis sobre la producción agropecuaria de tipo tradicional: incipiente manufactura del fique, agroindustria de la panela y unos renglones de producción de café y tabaco, con desventajas de competitividad frente a otras regiones del país, y a pequeña escala ganaderías para la producción de carne y leche y sus derivados.

La producción agropecuaria con una estructura de tenencia de la tierra típicamente minifundista, pero se destaca el empuje de una industria de proyección en torno de alimentos procesados tales como quesos, dulces, génovas y la recuperación de la artesanía del lienzo de tierra, otrora tejido para la confección de trajes de la familia charaleña y para exportación, pero el renglón que muestra mayor futuro es la industria del turismo por dos componentes: los atractivos de la fauna y flora y la riqueza de su patrimonio histórico.

En la actualidad la caña de azúcar ocupa el primer reglón de siembras ya que se aproxima a las 1588 ha. Presentándose como los meses de mayor producción enero, marzo, abril, mayo, junio y julio. Su comercialización se realiza con Bucaramanga y Bogotá.

El café ocupa el segundo reglón en producción con 1410 ha. Los meses donde se ocupa mayor mano de obra son abril, mayo, septiembre, octubre y noviembre.

Las praderas han aumentado de manera significativa siendo el 39.45% de pastos naturales del total del área del municipio. En la actualidad cuenta con un total de 22.235 cabezas de ganado de los cuales el 37% está dedicado a la ceba integral, el 54% a la cría y ordeño y el 9% a la lechería.

Actualmente se está iniciando el cultivo de la uva con unos pequeños viñedos, los cuales son una gran alternativa para la agricultura en esta región.

4. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto cuyo objeto es **PAVIMENTACIÓN VIAL EN CONCRETO RÍGIDO EN LA CARRERA 10 URBANIZACIÓN VILLA ESPERANZA EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE CHARALÁ, SANTANDER,** comprende una longitud de 0.085 kilómetros aproximadamente entre los sitios anteriormente mencionados, en dicho tramo vial se presenta un flujo vehicular bajo, gran parte de él se desvía a los múltiples sitios turísticos, con un flujo vehicular variado, circulando por la vía desde camiones de tipo C2 hasta automóviles familiares.

Ilustración 2. Localización general del tramo objeto del presente estudio.



Fuente. Google Earth Pro

5. ESTUDIO DE TRANSITO

El estudio de tránsito determinara la cantidad de vehículos que transitaran por las vías objeto de estudio, para pavimentación enfocándose principalmente en el peso de ellos ya que este es un factor fundamental para el diseño de pavimentos; este se debe hacer conociendo cuanto van a pesar los ejes que van a pasar por la vía durante su vida útil, pero esto es imposible de realizar en la práctica. Por fortuna los métodos de diseño de pavimentos permiten que se hagan simplificaciones en la determinación del tránsito a través de proyecciones. La actividad de mayor despliegue para el proyecto es el de aforos vehiculares, el cual contempla entre otros aspectos los siguientes:

- Planificación operativa
- Diseño de formatos
- Capacitación de los aforadores
- Definición de sitios de aforo fecha y horarios
- Ejecución del trabajo de campo

5.1. TRABAJO DE CAMPO

5.1.1. TOMA DE INFORMACIÓN PRIMARIA

La información primaria para poder estimar el transito que circulara sobre el tramo vial objeto del presente proyecto que conducen del mercado campesino hacia el casco urbano del municipio de CHARALA en el departamento de Santander, se obtuvo a través de la realización de conteos manuales en la vía de estudio durante quince (15) horas (7 a.m. a 10:00 p.m.), durante siete (07) días, desde el viernes 23 de junio hasta 29 de junio de 2024,

Durante el tiempo de aforo se observa el tránsito de diferentes tipos de vehículos entre los cuales se encuentran autos, buses pequeños, camiones, volquetas, que circulan por estos tramos viales, aunque para efectos de cálculo se omite esta información.

5.1.2. ESTACIONES DE ESTUDIO

Se estableció un punto de aforo sobre el tramo vial, descrito en el contrato, realizando el conteo del tipo y número de vehículos que transitan por el tramo de conteo, la estación de conteo se encuentra localizada en las siguientes coordenadas:

Tabla 1. Punto de toma de aforo vehicular

DESCRIPCIÓN	LATITUD	LONGITUD
TOMA DE AFORO 1	6°16'27.66"N	73° 8'53.53"W
TOMA DE AFORO 2	6°17'5.06"N	73° 9'5.90"W
TOMA DE AFORO 3	6°17'5.80"N	73° 8'41.92"W

Fuente. Propia del autor

Ilustración 3. Localización de toma de aforo vehicular



Fuente. Google Earth Pro

5.1.3. PERIODO DE AFORO

Teniendo en cuenta el flujo vehicular se realizaron periodos de aforo de conteos durante 7 días durante QUINCE (15) horas continuas, entre las 7:00 a.m. a 10:00 p.m. en los cuales se llenaron los respectivos formatos anexos al final de este documento donde se evidencia el tránsito de vehículos por fracciones de cada 15 min y el tipo de vehículo.

5.1.4. CATEGORIZACIÓN DE VEHÍCULOS

Siguiendo los lineamientos regulativos de la clasificación del tipo de vehículos por peso y por ejes, la resolución 4100 de 2004, expedida por el Ministerio de Transporte,

5.2. METODOLOGÍA Y DIAGNOSTICO

En esta sección se incluye un análisis detallado de la información existente sobre el área de influencia del proyecto; útil para establecer la caracterización socio-económica de la región y poder estimar el crecimiento y los patrones de operación del tránsito. Para el proyecto se han identificado tres tipos posibles de tránsito, a los cuales se hace el correspondiente análisis: el normal, el atraído y el generado.

El primero es el que actualmente circulan por las vías y que continuará circulando, con un crecimiento similar, a través del tiempo. El segundo es el que viaja actualmente por las vías y que, por mejores condiciones de la vía en un futuro, se adecuará con placa huella a lo largo del tramo vial a intervenir, y el tercero el que se generará por efectos del desarrollo propio de la zona de influencia de las vías.

Con el objetivo de conocer el tránsito del proyecto, se tuvieron en cuenta los siguientes datos:

- Conteos durante 7 días: Con los cuales se determinó la composición del tránsito y el transito promedio diario (de acuerdo a los sentidos de flujo de cada tramo) en los corredores viales en estudio, adicionalmente estos conteos nos permiten determinar el volumen horario de diseño para el proyecto.
- Con el procesamiento de la información de campo se establece el número de ejes equivalentes para el periodo de diseño de la estructura del pavimento.

5.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

De la información obtenida en el aforo realizado en el tramo vial toma de estudio se procede a calcular los volúmenes promedios, volúmenes horarios y porcentaje de vehículos tipo en la zona de estudio. A continuación, se hace un resumen de la composición de cada tramo en estudio, se describen y se muestran el procedimiento para el cálculo de ejes equivalentes, TPDs, y VHD para el tramo (Se anexa gráficas, Numero de Ejes equivalentes y VHD).

5.4. CLASIFICACIÓN DE LOS VEHÍCULOS

Los vehículos se clasifican en tres categorías: Autos(A), Buses (B) y Camiones (C). Los buses y los camiones se consideran como vehículos comerciales y son los que se contemplan en la estimación del tránsito para evaluar el efecto de las cargas sobre las estructuras de pavimento.

Para los camiones, que son los vehículos que más interesan en la cuantificación del tránsito de diseño para el dimensionamiento de los pavimentos, el INVÍAS ha publicado las resoluciones respectivas para su designación, descripción y configuración, tal como se indica en la tabla 2.1 extraída de las Resoluciones No. 4100 del 28 de diciembre de 2004 (Ministerio de Transporte, 2004). y No 1782 del 8 de mayo de 2009, (Ministerio de Transporte, 2009).

Según la norma NTC 4788-1 los vehículos de carga se clasifican de acuerdo con su sistema de propulsión en:

Vehículos automotores:

a) Camión rígido

b) Tracto camión

Vehículos no automotores:

a) Semirremolque

b) Remolque

c) Remolque balanceado

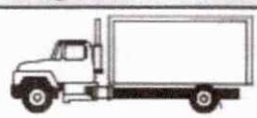
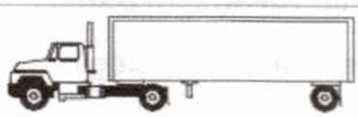
Con el fin de describir la configuración de los diferentes vehículos de carga, se transcribe de la norma NTC 4788-1 las definiciones de los sistemas de ejes más comunes que presentan los camiones que circulan por las carreteras colombianas.

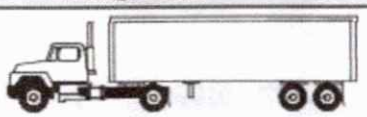
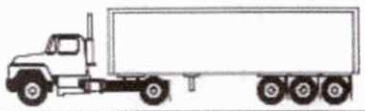
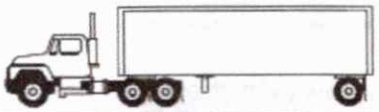
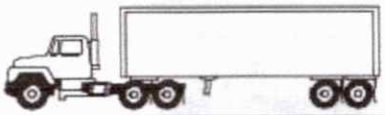
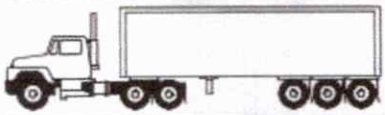
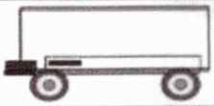
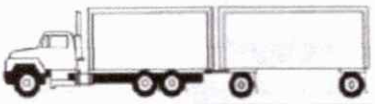
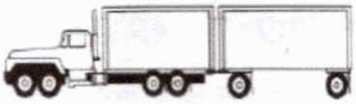
Eje simple: ensamble de dos o cuatro llantas unidas entre sí por una línea de rotación.

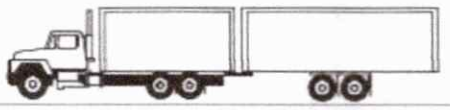
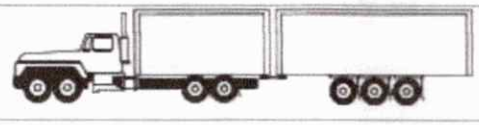
Eje "tándem" (eje doble): eje conformado por dos líneas de rotación, dotado de una suspensión que permite la compensación de cargas.

Eje "trídem" (eje triple): eje conformado por tres líneas de rotación dotado de una suspensión que permite la compensación de cargas.

Ilustración 4 Designación para los vehículos pesados

Designación	Configuración	Descripción
2		Camión rígido de dos ejes simples.
3		Camión rígido de dos ejes: un eje simple más un eje tándem.
4		Camión rígido de dos ejes: un eje tándem rueda simple más un eje tándem rueda doble.
2S1		Tractocamión de dos ejes simples y un semirremolque con un eje simple.

Designación	Configuración	Descripción
2S2		Tractocamión de dos ejes simples y un semirremolque con un eje tándem.
2S3		Tractocamión de dos ejes simples y un semirremolque con un eje trídem
3S1		Tractocamión de dos ejes: un eje simple más un eje tándem y un semirremolque con un eje simple
3S2		Tractocamión de dos ejes: un eje simple más un eje tándem y un semirremolque con un eje tándem
3S3		Tractocamión de dos ejes: un eje simple más un eje tándem y un semirremolque con un eje trídem
R2		Remolque con dos ejes simples.
2R2		Camión rígido con dos ejes simples y un remolque de dos ejes simples.
2R3		Camión rígido con dos ejes simples y un remolque de dos ejes: uno simple y un tándem.
3R2		Camión rígido con dos ejes: uno simple y un tándem, mas un remolque de dos ejes simples.
3R3		Camión rígido con dos ejes: uno simple y un tándem, mas un remolque de dos ejes: uno simple y un tándem.
4R2		Camión rígido con dos ejes tándem, mas un remolque de dos ejes simples.

Designación	Configuración	Descripción
4R4		Camión rígido con dos ejes tándem, mas un remolque de dos ejes tándem.
2B1		Camión rígido de dos ejes simples y un remolque balanceado con un eje simple.
2B2		Camión rígido de dos ejes simples y un remolque balanceado con un eje tándem.
2B3		Camión rígido de dos ejes simples y un remolque balanceado con un eje trídem.
3B1		Camión rígido con dos ejes: uno simple y un tándem, mas un remolque balanceado con un eje simple.
3B2		Camión rígido con dos ejes: uno simple y un tándem, mas un remolque balanceado con un eje tándem.
3B3		Camión rígido con dos ejes: uno simple y un tándem, mas un remolque balanceado con un eje trídem.
4B1		Camión rígido con dos ejes tándem, mas un remolque balanceado de un eje simple.
4B2		Camión rígido con dos ejes tándem, mas un remolque balanceado de un eje tándem.
4B3		Camión rígido con dos ejes tándem, mas un remolque balanceado de un eje tridem.

Tomada de Resoluciones No. 4100 del 28 de Diciembre de 2004 y No. 1782 del 8 de Mayo de 2009

Mediante diferentes resoluciones, el Ministerio de Transporte ha reglamentado a través de los años las cargas máximas legales de los vehículos de carga que operan en el país.

La Tabla 2.2 presenta los pesos brutos vehiculares vigentes en Colombia y su tolerancia positiva para los diferentes tipos de camiones según la Resolución 1782 de mayo de 2009. (Ministerio de Transporte, 2009).

Tabla 2 Pesos brutos vehiculares máximos vigentes en Colombia

Vehículos	Designación	Máximo pbv, kg	Tolerancia positiva de medición , kg	
Camiones	2	17000	+	425
	3	28000	+	700
	4 (1)	31000	+	775
	4 (2)	36000	+	900
	4 (3)	32000	+	800
Tracto camión con semiremolque	2S1	27000	+	675
	2S2	32000	+	800
	2S3	40500	+	1013
	3S1	29000	+	725
	3S2	48000	+	1200
	3S3	52000	+	1300
Camiones con remolque	R2	16000	+	400
	2R2	31000	+	775
	2R3	47000	+	1175
	3R2	44000	+	1100
	3R3	48000	+	1200
	4R2	48000	+	1200
	4R3	48000	+	1200
	4R4	48000	+	1200
Camiones con remolque balanceado	2B1	25000	+	625
	2B2	32000	+	800
	2B3	32000	+	800
	3B1	33000	+	825
	3B2	40000	+	1000
	3B3	48000	+	1200
	B1	8000	+	200
	B2	15000	+	375
	B3	15000	+	375

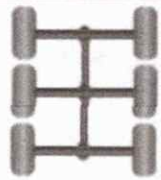
Los números dentro de la tabla se refieren a: 1. Para el caso de un sistema de eje direccional y un sistema de eje trídem. 2. Para el caso de un sistema direccional de eje tándem rueda simple y un sistema de eje tándem rueda doble. 3. Para el caso de dos sistemas de ejes delanteros de suspensión independiente. Tomado de resolución 4100 de 2004 y 1782 de 2009 (Ministerio de Transporte).

5.4.1. CARGAS MÁXIMAS POR TIPO DE EJE VIGENTES EN COLOMBIA

Los vehículos transmiten sus cargas a la estructura de pavimento a través de sus ejes y éstos inducen esfuerzos tanto mayores cuanto más considerables sean las cargas. En la Tabla a continuación se presentan las cargas máximas por tipo de eje vigentes en Colombia según la Resolución 4100 expedida por el Ministerio de Transporte el 28 de diciembre de 2004. (Ministerio de Transporte, 2004)

Tabla 3 Cargas máximas por tipo de eje vigentes en Colombia

Configuración del sistema	Peso máximo por eje kg	Configuración
Sistema de eje sencillo		
Dos Ruedas	6000	
Cuatro ruedas	11000	
Sistema de eje tándem		
Cuatro ruedas	11000	
Seis ruedas	17000	
Ocho ruedas	22000	

Configuración del sistema	Peso máximo por eje kg	Configuración
Sistema de eje trídem		
6 ruedas	16500	
8 ruedas	19000	
10 ruedas	21500	
12 ruedas	24000	

5.4.2. DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL GENERAL DEL TRÁNSITO

En la realización de un estudio de tránsito, ya sea partiendo de conteos manuales o mecánicos, se debe realizar la caracterización de los vehículos aforados en las siguientes categorías:

- Automóvil (automóviles particulares, taxis, camperos): este tipo de vehículos no influyen significativamente en el daño de la estructura del pavimento asfáltico.
- Buses (Busetas, bus mediano, bus intermunicipal): se deben considerar en el diseño, principalmente aquellos cuyo peso sea significativo, por su peso vehicular total, tipo de ejes, cargas por eje y factor daño, donde las cargas totales sean mayores a cinco toneladas, rango en el cual se pueden obtener factores daño superiores a 0.10.
- Camiones (camiones y tractocamiones): son los vehículos determinantes en el comportamiento de las estructuras viales debido a que transportan cargas que afectan de manera directa la vida útil del pavimento.

En la Tabla a continuación se presentan distribuciones vehiculares típicas promedio y los correspondientes rangos de variación, que se pueden tomar como referencia de los valores porcentuales de composiciones vehiculares y de camiones, obtenidas en la red vial nacional para las diferentes categorías del tránsito. Esta información se obtuvo del procesamiento estadístico de los últimos registros de volúmenes de tránsito publicados por el INVÍAS. Considerando que los rangos de variación de las composiciones vehiculares son altos, se recomienda emplear estos valores con discreción y sólo en el caso de que no se disponga de información y no se pueda determinar dicha composición a partir de un estudio de tránsito.

Tabla 4 Resumen de composición vehicular obtenida de la Red vial Nacional

Categoría	Rango TPDS		Composición (%)							Estaciones analizadas
			A	B	Camiones					
					C2P	C2G	C3-C4	C5	C6	
1	0 a 500	Promedio	58,2	8,1	13,2	13,2	5,9	0,8	0,6	9
		Rango	31-83	4-12	3-19	4-24	2-12	0-3	0-3	
2	500 a 1000	Promedio	67,1	8,1	10,2	9,9	2,9	0,5	1,3	33
		Rango	43-85	1-19	3-20	1-17	0-9	0-4	0-6	
3	1000 a 2500	Promedio	64,6	7,6	8,8	10,0	3,5	1,4	4,1	111
		Rango	33-92	0-18	2-17	0-20	0-14	0-13	0-16	
4	2500 a 5000	Promedio	60,5	8,8	9,0	9,3	3,4	2,3	6,7	123
		Rango	27-93	1-19	2-19	1-19	0-12	0-14	0-19	
5	5000 a 10000	Promedio	61,2	9,9	8,1	8,8	3,7	2,2	6,1	117
		Rango	20-90	0-18	2-17	2-18	0-11	0-7	0-17	
6	10000 a 20000	Promedio	64,2	10,9	7,2	7,6	3,0	2,0	5,1	61
		Rango	33-96	0-18	1-13	0-16	0-8	0-8	0-17	
7	> 20000	Promedio	69,9	10,6	6,2	6,4	2,7	1,5	2,7	25
		Rango	33-94	3-17	2-13	0-15	0-8	0-5	0-13	

5.4.3. FACTOR DE DISTRIBUCIÓN DIRECCIONAL

El factor de distribución direccional (Fd), corresponde a la distribución porcentual de los vehículos comerciales en cada sentido de circulación, obtenidos de los resultados de un conteo o por observación directa en el campo. Generalmente en el país se asume un 50% en cada sentido, sin embargo, en algunos casos la distribución puede variar según las condiciones de tránsito particulares de una vía.

Ancho de la calzada	Tránsito de diseño	Fd
Menos de 5 m	Total en los dos sentidos	1.0
Igual o mayor de 5 m y menor de 6 m	3/4 del total en los dos sentidos	0.75
Igual o mayor de 6 m	1/2 del total en los dos sentidos	0.50

Sin embargo, para el proyecto es necesario usar 0.75 ya que los anchos de la calzada están por el orden de los 5.6 a 5.8 metros.

5.4.4. FACTOR DE DISTRIBUCIÓN POR CARRIL

Este parámetro corresponde a la distribución de camiones entre los carriles con el mismo sentido. En carreteras de dos carriles, con un carril por sentido, el valor del factor de distribución direccional es de 1, mientras que, para carreteras de dos sentidos, con múltiples carriles por sentido, los valores del factor de distribución por carril (Fca) adoptados son los recomendados por la guía del National Cooperative Higway Research Program (NCHRP), y que se muestran en la tabla

Tabla 5 Factor de distribución

Número Total de carriles en cada sentido	Factor de distribución para el carril de diseño (Fca.)
1	1.00
2	0.90
3	0.60
4 o más	0.45

Fuente: ARA, 2004

5.4.5. FACTOR DE EQUIVALENCIA DE CARGA

Es un valor numérico que expresa la relación entre la pérdida de serviciabilidad causada por una carga dada de un tipo de eje y la producida por el eje estándar de 80 kN (18 Kips u 8.2 T).

Considerando que en los estudios de AASHTO, el comportamiento de los pavimentos se determinó con base en la curva que relaciona la variación del índice de capacidad de servicio (p), con el aumento de las aplicaciones de carga por eje, el concepto de factor de equivalencia de carga (FEC) se puede expresar mediante la Ec.

$$FEC = \frac{Número\ de\ ejes\ de\ 80kN\ que\ producen\ una\ pérdida\ de\ serviciabilidad}{Número\ de\ repeticiones\ del\ sistema\ de\ eje\ de\ X\ kN\ que\ producen\ la\ misma\ pérdida\ de\ serviciabilidad}$$

Para la determinación de los factores de equivalencia de carga por eje (FEC) se utilizan los siguientes métodos:

- El método AASHTO.
- El método de la cuarta potencia.
- El método mecanicista.

5.4.6. FACTORES DAÑO POR VEHÍCULO COMERCIAL DETERMINADOS POR EL MÉTODO AASHTO Y MÉTODO DE LA CUARTA POTENCIA

Utilizando los criterios de equivalencia de carga de estos dos métodos se determinaron a nivel de referencia, los factores daño de los diferentes vehículos comerciales más comunes que circulan por el territorio nacional, de acuerdo con las cargas máximas establecidas para cada vehículo, según las resoluciones 4100 de 2004 y 1782 de 2009. Para los buses y los camiones pequeños de dos ejes se realizó un análisis particular, debido a que sus cargas máximas no se especifican en las resoluciones mencionadas anteriormente y, por ende, los factores daño de estos vehículos no se calcularon con base en las cargas máximas legales vigentes de cada vehículo, tal como se hizo para los demás tipos de camiones. El método empleado para determinar dichos factores se encuentra descrito detalladamente en el anexo 2.4 del presente manual.

Los parámetros considerados para la determinación de los factores daño fueron los siguientes:

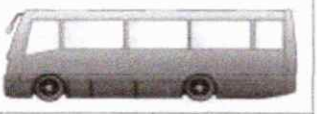
Índice de serviciabilidad inicial (Po): 3.5. El valor de serviciabilidad inicial se adoptó guardando correspondencia con los niveles de exigencia con respecto a regularidad, establecidos por INVÍAS, en los proyectos nuevos de construcción de pavimentos, según las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras y Normas de ensayo de Materiales del año 2013.

Índice de serviciabilidad final (Pt): 1.8. El valor de serviciabilidad final se adoptó guardando correspondencia con los niveles máximos de rugosidad de 5.5 m/Km, establecidos a nivel internacional para calificar el estado de un pavimento en condiciones entre regulares y malas y que se consideran no confortables (Garnica, 1998)) En la obtención de los valores de serviciabilidad inicial y final se utilizaron los modelos de correlación entre índice de serviciabilidad e índice internacional de rugosidad sugeridos por Sayers, 1986; Paterson,1986; Al-Omari and Darter, 1994;

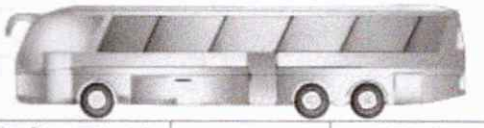
Hall et al, 1999. Número estructural asumido (SN): 5.0 (valor considerado por el método del Instituto del Asfalto). La tabla 2.7 presenta los factores daño por vehículo comercial para las cargas máximas legales calculados con la metodología AASHTO y la metodología de la cuarta potencia.

Tabla 6 Factores daño por vehículo comercial para las cargas máximas legales utilizando metodología general Aashto y método de la cuarta potencia

Tipo	Detalle del vehículo	
Busetas (5.5 a 8.5 Toneladas)		
Configuración del sistema de eje	SRS (2 ruedas)	SRD (4 ruedas)
Rango de cargas (T)	2.0 a 3.0	3.5 a 5.5
FEC AASHTO	0.01 a 0.04	0.03 a 0.20
Rango de FDV AASHTO	**0.04 a 0.24**	
FEC Método de la cuarta potencia	0.01 a 0.04	0.03 a 0.20
FDV Método de la cuarta potencia	**0.04 a 0.24**	

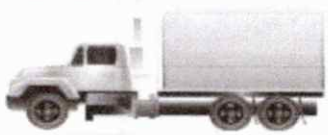
Tipo	Detalle del vehículo	
Bus (8.0 a 11.0 Toneladas)		
Configuración del sistema de eje	SRS (2 ruedas)	SRD (4 ruedas)
Rango de cargas (T)	2.5 a 3.5	5.5 a 7.5
FEC AASHTO	0.02. a 0.08	0.20 a 0.71
Rango de FDV AASHTO	**0.22 a 0.79**	
FEC Método de la cuarta potencia	0.02. a 0.08	0.20 a 0.70
FDV Método de la cuarta potencia	**0.22 a 0.78**	

Tipo	Detalle del vehículo	
Bus Intermunicipal de dos ejes (12.0 a 14.5 T)		
Configuración del sistema de eje	SRS (2 ruedas)	SRD (4 ruedas)
Rango de Cargas (T)	4.0 a 5.0	8.0 a 9.5
FEC AASHTO	0.13 a 0.33	0.92 a 1.81
FDV AASHTO	**1.05 a 2.14**	
FEC Método de la cuarta potencia	0.13 a 0.33	0.91 a 1.80
FDV Método de la cuarta potencia	**1.04 a 2.13**	

Tipo	Detalle del vehículo	
Bus Intermunicipal de tres ejes (17.5 a 20.5 T)		
Configuración del sistema de eje	SRS (2 ruedas)	Tándem (8 Ruedas)
Rango de Cargas (T)	6.0 a 7.0	11.5 a 13.5
FEC AASHTO	0.68 a 1.27	0.33 a 0.64
FDV AASHTO	**1.01 a 1.91**	
FEC Método de la cuarta potencia	0.68 a 1.27	0.35 a 0.66
FDV Método de la cuarta potencia	**1.03 a 1.93**	

Tipo	Detalle del vehículo	
2P		
Configuración del sistema de eje	SRS (2 ruedas)	SRD (4 ruedas)
Rango de Cargas (T)	2.0 a 2.5	3.5 a 6
FEC AASHTO	0.01 a 0.02	0.03 a 0.28
FDV AASHTO	**0.04 a 0.30**	
FEC Método de la cuarta potencia	0.01 a 0.02	0.03 a 0.29
FDV Método de la cuarta potencia	**0.04 a 0.31**	

Tipo	Detalle del vehículo	
2G		
Configuración del sistema de eje	SRS (2 ruedas)	SRD (4 ruedas)
Cargas Máximas Legales (T)	6	11
FEC AASHTO	0,68	3,15
FDV AASHTO	**3,83**	
FEC Método de la cuarta potencia	0,68	3,24
FDV Método de la cuarta potencia	**3,92**	

Tipo	Detalle del vehículo	
3		
Configuración del sistema de eje	SRS (2 ruedas)	Tándem (8 ruedas)
Cargas Máximas Legales (T)	6	22
FEC AASHTO	0,68	4,34
FDV AASHTO	**5,02**	
FEC Método de la cuarta potencia	0,68	4,63
FDV Método de la cuarta potencia	**5,31**	

Tipo	Detalle del vehículo		
2S1			
Configuración del sistema de eje	SRS (2 ruedas)	SRD (4 ruedas)	SRD (4 ruedas)
Cargas Máximas Legales (T)	6	10.5	10.5
FEC AASHTO	0,68	2,65	2,65
FDV AASHTO	**5,98**		
FEC Método de la cuarta potencia	0,68	2,69	2,69
FDV Método de la cuarta potencia	**6,06**		

Tipo	Detalle del vehículo		
3S2			
Configuración del sistema de eje	SRS (2 ruedas)	Tándem (8 ruedas)	Tándem (8 ruedas)
Cargas Máximas Legales (T)	6	21	21
FEC AASHTO	0,68	3,64	3,64
FDV AASHTO	**7,96**		
FEC Método de la cuarta potencia	0,68	3,84	3,84
FDV Método de la cuarta potencia	**8,36**		

Tipo	*Detalle del vehículo*		
3S3 			
Configuración del sistema de eje	SR5 (2 ruedas)	Tándem (8 ruedas)	Trídem (12 ruedas)
Cargas Máximas Legales (T)	6	22	24
FEC AASHTO	0,68	4,34	1,53
FDV AASHTO	**6,55**		
FEC Método de la cuarta potencia	0,68	4,63	1,19
FDV Método de la cuarta potencia	**6,50**		

5.4.7. CUANTIFICACIÓN DEL TRÁNSITO EQUIVALENTE CUANDO NO SE POSEEN SERIES HISTÓRICAS DE CONTEOS DE TRÁNSITO

En el caso de que no se posean series históricas de tránsito o existan pocos datos en una serie histórica, se debe realizar un conteo representativo de tránsito durante un periodo mínimo de una semana, posteriormente establecer una tasa de crecimiento representativa del tránsito para el proyecto, y consecuentemente estimar el tránsito equivalente en el periodo de diseño considerado. Para pronosticar el número de ejes equivalentes acumulados en el periodo de diseño como simple expansión del número de ejes equivalentes en el año base, se emplean fórmulas simples, las cuales para su aplicación requieren conocer el tránsito promedio diario, el porcentaje de vehículos comerciales y el factor daño de cada vehículo o factor daño global y el valor de la tasa de crecimiento del tránsito.

Las expresiones generales a aplicar en el caso de no poseer información histórica del tránsito pueden ser las correspondientes al modelo exponencial sugerido por AASHTO o el modelo lineal sugerido por INVÍAS, que considera que la realidad en muchas de las carreteras colombianas es que la tendencia de crecimiento del tránsito se ajusta más a la ecuación de una línea recta.

ECUACIÓN DE CRECIMIENTO EXPONENCIAL

$$N = (No) * \frac{(1+r)^n - 1}{r}$$

Donde:

N: Es el número de ejes equivalentes de 80 kN que circularán por el carril de diseño durante el período de diseño (n).
No: Es el número de ejes equivalentes de 80 kN que circularán por el carril de diseño en el año base o de
puesta en servicio del pavimento.
r: Es la tasa de crecimiento anual de tránsito de vehículos comerciales (decimal).
n: Número de años del periodo de diseño.

Considerando que para la estimación del tránsito futuro se conoce el valor del tránsito en el año cero (No), y una tasa de crecimiento (r) se puede considerar un

modelo de predicción para cada año de la serie histórica según la ecuación general de la línea recta Ni=No+pendiente*Año i, donde la pendiente se determina afectando al tránsito del año cero (No) por la tasa de crecimiento (r). Pendiente=No*r.

Esta tendencia de crecimiento corresponde a un modelo de progresión aritmética donde para acumular el tránsito con una pendiente constante en un periodo

de diseño se puede utilizar la siguiente expresión, en función del tránsito inicial (No), el número de años del periodo de diseño n y el parámetro diferencia común d, que corresponde a la pendiente del modelo lineal (No*r): (Sobel & Lerner, 2006)

ECUACIÓN DE CRECIMIENTO LINEAL

$$N = \frac{n}{2} * [2 * No + (n-1) * d]$$

Donde:

N: Es el número de ejes equivalentes de 80 kN que circularán por el carril de diseño durante el período de diseño (n).
No: Es el número de ejes equivalentes de 80 kN que circularán por el carril de diseño en el año base o de
puesta en servicio del pavimento.
r: Es la tasa de crecimiento anual de tránsito de vehículos comerciales (decimal).
d = Diferencia común = No*r
n: Número de años del periodo de diseño

5.4.8. ESTIMACIÓN DE LA TASA DE CRECIMIENTO DE LOS VEHÍCULOS COMERCIALES (R)

Se sugiere asumir la tasa de crecimiento del tránsito (r) con base en parámetros agroeconómicos tales como crecimiento del producto interno bruto, crecimiento del parque automotor, etc. y analizando los parámetros de desarrollo de la región afectada por la vía.

A nivel de referencia, en la Tabla a continuación se indican los rangos de valores de crecimiento de tránsito obtenidos en diferentes tramos de la red vial nacional, dependiendo de los niveles de tránsito promedio diario semanal. Para la determinación de las tendencias de crecimiento del tránsito en la red vial colombiana administrada por el INVÍAS, se realizó un análisis estadístico de los diferentes

sectores de la red vial nacional, tomando como referencia para la clasificación de las vías, los niveles de los valores de TPDS obtenidos en el año 2014.

Tabla 7 Tasas de crecimiento obtenidas en un muestreo de la red vial nacional

TDPS	Tasas de crecimiento (%)				# Estaciones analizadas
	Total vehículos		Vehículos comerciales		
	Rango	Promedio	Rango	Promedio	
‹ 500	2.0 - 4.0 %	3,6%	2.0 - 4.0 %	2,9%	28
500 - 1000	3.0 - 6.0 %	3,4%	2.0 - 4.0 %	2,6%	49
1000 - 2500	3.0 - 6.0 %	4,3%	2.0 - 5.0 %	3,3%	134
2500 - 5000	3.0 - 6.0 %	4,3%	3.0 - 5.0 %	3,4%	144
5000 - 10000	3.0 - 6.0 %	4,5%	3.0 - 5.0 %	3,8%	146
› 10000	3.0 - 6.0 %	4,3%	3.0 - 6.0 %	3,8%	89

6. ANÁLISIS Y RESULTADOS

El tramo objeto de estudio se encuentra localizado entre el casco urbano del municipio de CHARALA del departamento de Santander.

El punto de aforo se ubicó de acuerdo a donde se observó más tránsito, se estableció un solo punto por tramo ya que este eje vial no tiene grandes variaciones por ser zona urbana que puedan significar un cambio sustancial en el tráfico, más que todo ya que la ruta principal de las volquetas o vehículos pesados.

El cálculo de los valores que se presentan se realizó en base a los aforos realizados en el tramo objeto del estudio, a continuación, se muestran las tablas resumen de los conteos.

Tabla 8. Volúmenes diarios de transito

AFORO REALIZADO SECTOR 1-2-3

CONTEOS DIARIOS	Autos	Buses	C2- P	C2 -G	C3	C3-S2	C3-S3	T. DIARIO	%Autos	%Buses	%C2 - P	%C2 -G	%C3	%C3-S2	%C3-S3	% Total Camiones	%TOTAL
DIA 1	89	12	9	0	0	0	0	110	80.91	10.91	8.18	0.00	0.00	0.00	0.00	8.18	100
DIA 2	89	5	7	0	0	0	0	101	88.12	4.95	6.93	0.00	0.00	0.00	0.00	6.93	100
DIA 3	93	7	6	0	0	0	0	106	87.74	6.60	5.66	0.00	0.00	0.00	0.00	5.66	100
DIA 4	90	18	10	0	0	0	0	118	76.27	15.25	8.47	0.00	0.00	0.00	0.00	8.47	100
DIA 5	97	11	13	0	0	0	0	121	80.17	9.09	10.74	0.00	0.00	0.00	0.00	10.74	100
DIA 6	*105*	*12*	*10*	*0*	*0*	*0*	*0*	*127*	*82.68*	*9.45*	*7.87*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*7.87*	*100*
DIA 7	94	12	9	0	0	0	0	115	81.74	10.43	7.83	0.00	0.00	0.00	0.00	7.83	100
Promedio Diario-Semanal	94	11	9	0	0	0.00	0.00	114	82.33	9.65	8.02	0.00	0.00	0.00	0.00	8.02	100
TOTALES	657	77	64	0	0	0	0	798	82%	10%	8.02%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	8.02%	100%
SUMA % BUSES Y CAMIONES	17.67																

VOLUMENES DIARIOS DE TRANSITO																	
VÍA SECTOR 2																	
CONTEOS DIARIOS	Autos	Buses	C2- P	C2 -G	C3	C3-S2	C3-S3	T. DIARIO	%Autos	%Buses	%C2 - P	%C2 -G	%C3	%C3-S2	%C3-S3	% Total Camiones	%TOTAL
DIA 1	*89*	*12*	*11*	*0*	*0*	*0*	*0*	*112*	*79.46*	*10.71*	*9.82*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*9.82*	*100*
DIA 2	89	7	7	0	0	0	0	103	86.41	6.80	6.80	0.00	0.00	0.00	0.00	6.80	100
DIA 3	94	9	7	0	0	0	0	110	85.45	8.18	6.36	0.00	0.00	0.00	0.00	6.36	100
DIA 4	90	19	12	0	0	0	0	121	74.38	15.70	9.92	0.00	0.00	0.00	0.00	9.92	100
DIA 5	97	13	14	0	0	0	0	124	78.23	10.48	11.29	0.00	0.00	0.00	0.00	11.29	100
DIA 6	105	13	11	0	0	0	0	129	81.40	10.08	8.53	0.00	0.00	0.00	0.00	8.53	100
DIA 7	94	13	11	0	0	0	0	118	79.66	11.02	9.32	0.00	0.00	0.00	0.00	9.32	100
Promedio Diario-Semanal	94	12	10	0	0	0.00	0.00	117	80.54	10.53	8.94	0.00	0.00	0.00	0.00	8.94	100
TOTALES	658	86	73	0	0	0	0	817	81%	11%	8.94%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	8.94%	100%
SUMA % BUSES Y CAMIONES	19.46																

VÍASECTOR 3																	
CONTEOS DIARIOS	Autos	Buses	C2- P	C2 -G	C3	C3-S2	C3-S3	T. DIARIO	%Autos	%Buses	%C2 - P	%C2 -G	%C3	%C3-S2	%C3-S3	% Total Camiones	%TOTAL
DIA 1	89	15	13	0	0	0	0	117	76.07	12.82	11.11	0.00	0.00	0.00	0.00	11.11	100
DIA 2	89	11	12	0	0	0	0	112	79.46	9.82	10.71	0.00	0.00	0.00	0.00	10.71	100
DIA 3	93	7	11	0	0	0	0	111	83.78	6.31	9.91	0.00	0.00	0.00	0.00	9.91	100
DIA 4	90	18	13	0	0	0	0	121	74.38	14.88	10.74	0.00	0.00	0.00	0.00	10.74	100
DIA 5	97	12	16	0	0	0	0	125	77.60	9.60	12.80	0.00	0.00	0.00	0.00	12.80	100
DIA 6	105	14	13	0	0	0	0	132	79.55	10.61	9.85	0.00	0.00	0.00	0.00	9.85	100
DIA 7	94	15	13	0	0	0	0	122	77.05	12.30	10.66	0.00	0.00	0.00	0.00	10.66	100
Promedio Diario-Semanal	94	13	13	0	0	0.00	0.00	120	78.21	10.95	10.83	0.00	0.00	0.00	0.00	10.83	100
TOTALES	657	92	91	0	0	0	0	840	78%	11%	10.83%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	10.83%	100%
SUMA % BUSES Y CAMIONES	21.79																

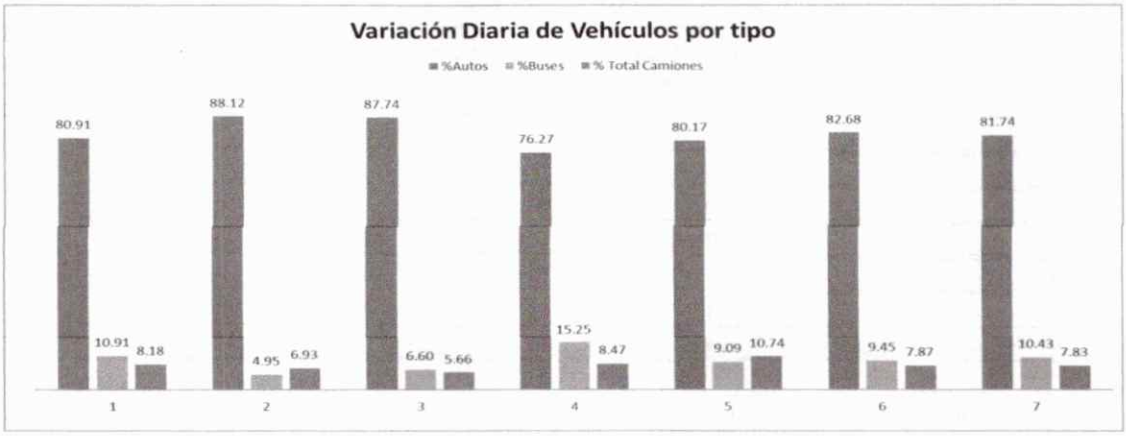
Tabla 9. Volúmenes diarios de transito SECTORES 1-2-3

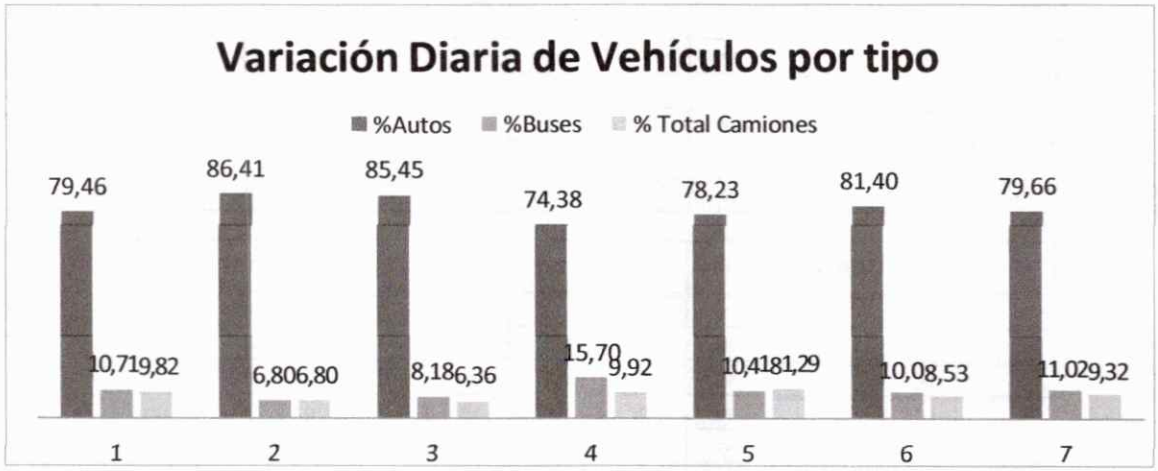
CONTEOS DIARIOS	Autos	Buses	C2- P	C2 -G	C3	C3-S2	C3-S3	T. DIARIO
DIA 1	89	12	9	0	0	0	0	110
DIA 2	89	5	7	0	0	0	0	101
DIA 3	93	7	6	0	0	0	0	106
DIA 4	90	18	10	0	0	0	0	118
DIA 5	97	11	13	0	0	0	0	121
DIA 6	105	12	10	0	0	0	0	127
DIA 7	94	12	9	0	0	0	0	115
Promedio Diario-Semanal	94	11	9	0	0	0.00	0.00	114

CONTEOS DIARIOS	Autos	Buses	C2- P	C2 -G	C3	C3-S2	C3-S3	T. DIARIO
DIA 1	89	12	11	0	0	0	0	112
DIA 2	89	7	7	0	0	0	0	103
DIA 3	94	9	7	0	0	0	0	110
DIA 4	90	19	12	0	0	0	0	121
DIA 5	97	13	14	0	0	0	0	124
DIA 6	105	13	11	0	0	0	0	129
DIA 7	94	13	11	0	0	0	0	118
Promedio Diario-Semanal	94	12	10	0	0	0.00	0.00	117

CONTEOS DIARIOS	Autos	Buses	C2- P	C2 -G	C3	C3-S2	C3-S3	T. DIARIO
DIA 1	89	15	13	0	0	0	0	117
DIA 2	89	11	12	0	0	0	0	112
DIA 3	93	7	11	0	0	0	0	111
DIA 4	90	18	13	0	0	0	0	121
DIA 5	97	12	16	0	0	0	0	125
DIA 6	105	14	13	0	0	0	0	132
DIA 7	94	15	13	0	0	0	0	122
Promedio Diario-Semanal	94	13	13	0	0	0.00	0.00	120
TOTALES	657	92	91	0	0	0	0	840
SUMA % BUSES Y CAMIONES	21.79							

Ilustración 5. Variación diaria por vehículo tramo vial SECTORES 1-2-3





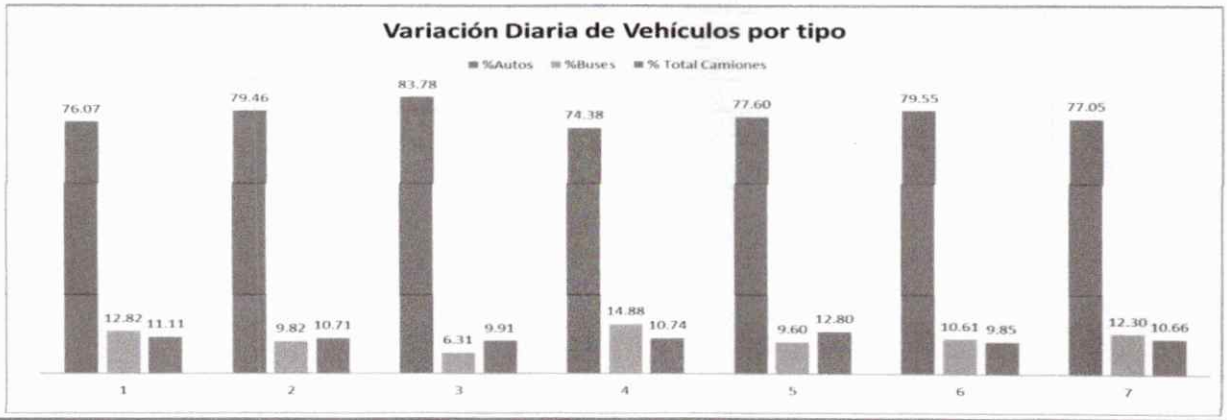
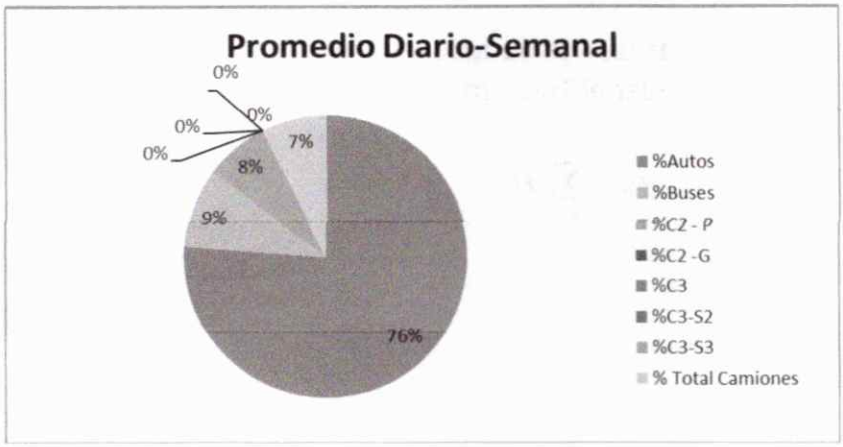
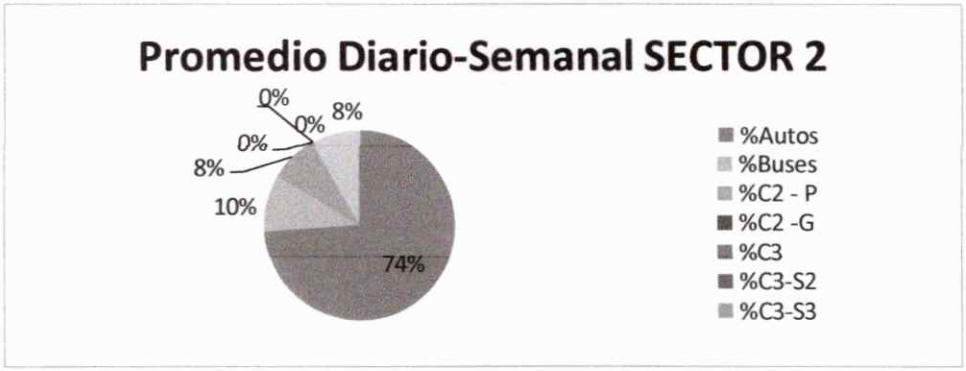
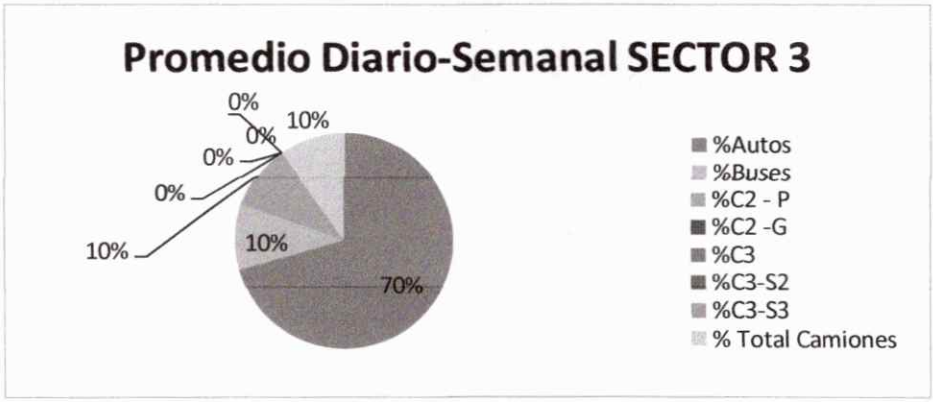


Ilustración 6. Composición trafico SECTORES 1-2-3







6.1. TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO

Una vez consolidados los volúmenes diarios durante los días de conteo en el tramo objeto de estudio, se procede a calcular el Tránsito Promedio Diario Semanal TPDs.

$$TPDs = \frac{TS}{n} = \frac{\sum_{i=1}^{n} TDi}{n}$$

El cual nos arrojó un resultado promedio de:

- En el tramo vial objeto del presente estudio desde el casco urbano del municipio, se calculó un numero de: **114** ***vehículos de tránsito promedio diario TPDs.***

6.2. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN HORARIO DEL PROYECTO

Una vez consolidados los volúmenes diarios durante los días de conteo se procede a calcular el volumen horario por medio de la ecuación.

$$VHD=0.2136*(TPDs)^{0.9163}$$

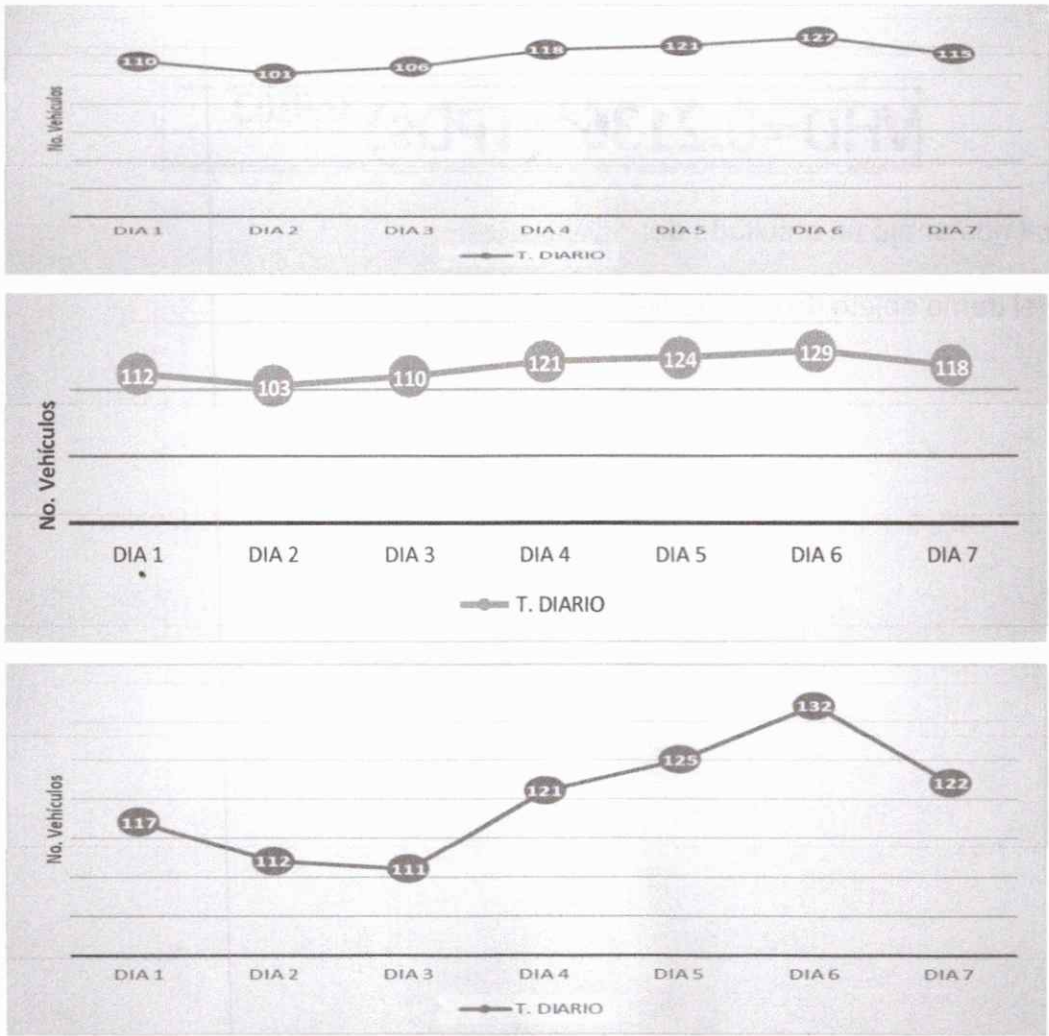
El cual nos arrojó un resultado de:

Para el tramo objeto de estudio del municipio es de: **17** ***VHD.***

6.3. VARIACIONES DIARIAS

En lo que respecta a las variaciones de volumen vehicular en los diferentes días de la semana, se analizaron las variaciones diarias promedio en los sectores de estudio del tramo objeto del presente estudio. Los resultados se pueden observar en la siguiente gráfica, que corresponden a la información promedio obtenida en los conteos realizados a dichos tramos viales.

Ilustración 7. Variación diaria en el flujo SECTORES 1-2-3



6.4. TRANSITO ATRAÍDO

El transito atraído es aquel que es el que se desviará de otras vías hacia la nueva. Este tránsito se determina en base a la economía de tiempo que ofrece el nuevo servicio.

Además del flujo normal que se desarrolla entre la vía que conecta la cabecera municipal, existen otras posibilidades de atraer los vehículos debido a que el estado actual de la vía no es óptimo.
Con base en el transito promedio diario obtenido, se realizó un análisis del tránsito atraído, teniendo en cuenta aquellos viajes que tenían como origen sitios distintos a los de influencia directa de la vía en estudio, y que tuvieran como destino sitios de influencia directa de la vía, además se consideraron los viajes que tuvieran como origen los sitios de influencia directa y destino sitios distintos a los de la zona de influencia.
Se realiza el cálculo del tránsito atraído con un porcentaje de 3% a una proyección de 4 años, debido a que la gran mayoría de los sitios turísticos del municipio quedan por fuera de la injerencia de la vía a intervenir y el transito atraído hacia ella será poco.

6.5. TRANSITO GENERADO

El transito generado es aquel tránsito de viajes totalmente nuevos y viajes que antes se hacían por otro medio de transporte, son aquellos viajes vehiculares, diferentes a los del transporte público, que no se realizarían sin no se mejora o repavimenta la vía actual, con base en ello las características especiales de la vía que conduce de la cabecera municipal y según datos del DANE el municipio presenta una tasa de crecimiento de población positiva (aunque baja). En términos generales, se puede decir que la principal vía de acceso al municipio es un obstáculo para su desarrollo económico y social. El municipio actualmente cuenta con vías de entrada en aceptables condiciones: angostas, sin señalización y sin calzadas para los transeúntes, por esto se espera un tránsito generado del 3% sobre el TPD producto del mejoramiento de su malla vial durante los años de diseño, que traería consigo un aumento de la dinámica económica de los habitantes del municipio.

Corrección del tránsito proyectado para garantizar una confiabilidad mayor al 50% en la determinación del número de ejes equivalentes

Una vez determinado el número de ejes equivalentes de 80 kN en el período de diseño (N), se debe corregir el tránsito para contemplar el nivel de confiabilidad deseado. Tomando como referencia el rango de variación de los valores de los errores estándar de diseño encontrados por la AASHTO, para estructuras de pavimentos flexibles, (0.49 para el error combinado de tránsito y comportamiento y 0.44 únicamente por comportamiento) y asumiendo una distribución normal para la diferencia entre el tránsito real y el estimado, se encontró la expresión para proporcionar la confianza requerida en la variable tránsito

$$N' = 10^{0.05\,Z_r} * N$$

Donde:
N': Es el tránsito equivalente corregido para proporcionar un determinado nivel de confianza.
Zr: El valor del coeficiente correspondiente a una distribución normal y a la confiabilidad deseada.

Tabla 10 Valores del coeficiente de desviación estándar de

Confiabilidad	Valor de Zr
50%	0
85%	1.037
90%	1.282
95%	1.645
99%	2.327

6.6. CALCULO DE NUMERO DE EJES EQUIVALENTES

Según las anteriores variables como el TPDs, periodo de diseño, tasa de crecimiento, 3.6% de vehículos según los aforos y con las siguientes formulas se determina el factor camión y el número de ejes equivalentes para el Tramo de estudio como se muestra a continuación:

Los factores de equivalencia promedio utilizados más frecuentemente en Colombia son los recomendados usados en el manual de pavimentos medios y altos volúmenes de tráfico Invias 2015:

Tabla 11. Equivalencias para factor camión. SECTORES 1-2-3

VEHÍCULO	AASHTO	FDV CUARTA POTENCIA
BUSETA	0.24	0.25
BUS	0.79	0.78
C2P	0.3	0.31
C2G	3.83	3.92
C3	5.02	5.31
C2S1	5.98	6.06
C3S2	7.96	8.36
C3S3	6.55	6.5

Con la anterior tabla y los conteos realizados donde se evidencia el número de vehículos que transitan y según los porcentajes de vehículos y la anterior tabla se determina el número de ejes equivalentes como se muestra a continuación:

Tramo objeto del presente estudio:

- Determinación de factor camión de los camiones, FC:

Se entiende por factor camión al número de aplicaciones de ejes sencillos con carga equivalente a 8,2 ton, correspondiente al paso de un vehículo comercial (bus o camión). Para la determinación de este factor se sigue el método establecido de la cuarta potencia como se evidencia a continuación:

Tabla 12. Variables cálculos usadas SECTORES 1-2-3

SECTOR 1

r	3.6	0.036
Fd	0.75	
fca	1	
Ni	4278 N	
Na	150 N	
Ng	150 N	
No	3433.5 N	
TPDS	114 VEH	
ZR	1.645	
TPDS		114
%B-C		18.00%
FC		0.571111111
TA		3%
TG		3%

SECTOR 2

r	3.6	0.036
Fd	0.75	
fca	1	
Ni	4522 N	
Na	155 N	
Ng	155 N	
No	3624 N	
TPDS	117 VEH	
ZR	1.645	
TPDS		117
%B-C		19.00%
FC		0.557368421
TA		3%
TG		3%

VHD 16.8

SECTOR 3

r	3.6	0.036
Fd	0.75	
fca	1	
Ni	5252 N	
Na	175 N	
Ng	175 N	
No	4201.5 N	
TPDS	120 VEH	
ZR	1.645	

TPDS	120
%B-C	22.00%
FC	0.545
TA	3%
TG	3%

Tabla 13. Tabla resumen de ejes equivalentes del tramo vial para 20 años SECTORES 1-2-3

SECTOR 1

					CONFIABILIDAD 95%	
			INVIAS	AASHTO	INVIAS	AASHTO
AÑO	AÑO		LINEAL	EXPONENCIAL	N´ LINEAL	N´ EXPONENCIAL
	1	2024	3434	3434	4150	4150
	2	2023	6991	6991	8449	8449
	3	2024	10671	10676	12896	12902
	4	2025	14476	14494	17494	17516
	5	2026	18404	18449	22241	22296
	6	2027	22455	22547	27137	27248
	7	2028	26630	26792	32183	32378
	8	2029	30929	31190	37378	37693
	9	2030	35351	35746	42722	43199
	10	2031	39897	40466	48216	48904
	11	2032	44567	45357	53860	54814
	12	2033	49360	50423	59652	60937
	13	2034	54277	55672	65594	67280
	14	2035	59317	61109	71685	73851

15	2036	64481	66743	77926	80660
16	2037	69769	72579	84316	87712
17	2038	75180	78625	90856	95019
18	2039	80715	84889	97545	102589
19	2040	86373	91379	104383	110432
20	2041	92155	98102	111370	118557

SECTOR 2

					CONFIABILIDAD 95%	
			INVIAS	AASHTO	INVIAS	AASHTO
AÑO	AÑO		LINEAL	EXPONENCIAL	N´ LINEAL	N´ EXPONENCIAL
	1	2024	3624	3624	4380	4380
	2	2023	7378	7378	8916	8916
	3	2024	11263	11268	13611	13617
	4	2025	15279	15298	18465	18488
	5	2026	19425	19472	23475	23532
	6	2027	23701	23797	28643	28759
	7	2028	28108	28278	33969	34174
	8	2029	32645	32920	39452	39784
	9	2030	37313	37729	45093	45596
	10	2031	42111	42712	50892	51618
	11	2032	47040	47873	56848	57855
	12	2033	52099	53221	62962	64318
	13	2034	57288	58761	69233	71013
	14	2035	62608	64500	75662	77949
	15	2036	68059	70446	82250	85135
	16	2037	73640	76606	88995	92579
	17	2038	79351	82988	95896	100292
	18	2039	85193	89599	102957	108281
	19	2040	91165	96449	110174	116560
	20	2041	97268	103545	117549	125135

SECTOR 3

					CONFIABILIDAD 95%	
			INVIAS	AASHTO	INVIAS	AASHTO
AÑO	AÑO		LINEAL	EXPONENCIAL	N´ LINEAL	N´ EXPONENCIAL
	1	2024	4202	4202	5078	5078
	2	2023	8554	8554	10338	10338
	3	2024	13058	13064	15781	15788
	4	2025	17714	17736	21408	21434
	5	2026	22520	22575	27216	27282
	6	2027	27478	27590	33207	33343
	7	2028	32587	32784	39382	39620
	8	2029	37847	38166	45738	46124
	9	2030	43259	43742	52279	52863
	10	2031	48821	49518	59001	59843
	11	2032	54535	55502	65906	67075
	12	2033	60401	61702	72995	74567
	13	2034	66417	68124	80266	82328
	14	2035	72585	74778	87720	90370
	15	2036	78904	81672	95356	98701
	16	2037	85374	88813	103175	107331
	17	2038	91996	96212	111178	116273
	18	2039	98769	103877	119363	125536
	19	2040	105693	111819	127731	135134
	20	2041	112768	120045	136281	145075

7. CONCLUSIONES

Para el proyecto denominado **"PAVIMENTACIÓN VIAL EN CONCRETO RÍGIDO EN LA CARRERA 10 URBANIZACIÓN VILLA ESPERANZA EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE CHARALÁ, SANTANDER.**

- Una vez procesada la información tomada en campo podemos concluir lo siguiente:

  - Teniendo en cuenta los conteos hechos en campo en el tramo en estudio, se obtuvo los siguientes:

- TPDs del objeto de estudio es de 114 -120 vehículos-mixtos / día en los sentidos de los tramos viales.

  - Se obtuvo un número de ejes equivalentes para el tramo vial:

SECTOR 1 118557 EJES EQUIVALENTES
SECTOR 2 125135 EJES EQUIVALENTES
SECTOR 3 145075 EJES EQUIVALENTES