

INFORME

ESTUDIO DE TRÁNSITO (INCLUYE CONTEOS)

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA PAVIMENTACION DE LA URBANIZACIÓN COTRANSRIO DEL MUNICIPIO DE RIOBLANCO.

Elaboro: BRAHAYAN MAURICIO BOHORQUEZ GUTIERREZ
INGENIERO CIVIL
ESPECIALISTA EN PAVIMENTOS
MT. 70202-386010 TLM

RIOBLANCO, TOLIMA MAYO DE 2025

CONTENIDO

1. INTRODUCCION	3
2. OBJETIVOS	4
3. LOCALIZACION DEL PROYECTO	5
4. ESTUDIO DE TRANSITO	6
4.1. Programación y distribución de aforos	7
4.2. Clasificación vehicular	8
4.3. Peso vehicular	9
5. PROYECCIONES DE TRANSITO	10
6. CONCLUSIONES	33

1. INTRODUCCION

El estudio de tránsito constituye un insumo fundamental para el desarrollo general del proyecto, el cual comprende cuatro etapas principales: recolección y análisis de la información, modelación situación actual y con proyecto, pronósticos del tránsito y evaluación de alternativas.

El alcance del presente documento es brindar la información de tránsito requerida para realizar el diseño de pavimentos para el proyecto *“ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA PAVIMENTACIÓN DE LA URBANIZACION COTRANSRIO DEL MUNICIPIO DE RIOBLANCO”*.

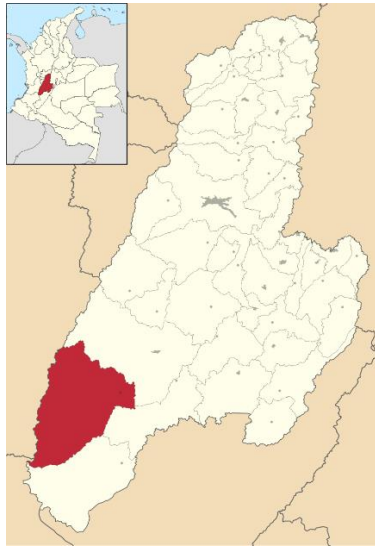
2. OBJETIVOS

- Obtener el transito promedio diario de las vías consignadas dentro del proyecto que tiene como objeto *“ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA PAVIMENTACIÓN DE LA URBANIZACION COTRANSRIO DEL MUNICIPIO DE RIOBLANCO”*, para proyectar los ejes equivalentes que pasaran por esta vía en los próximos 20 años y será insumo en la realización de los estudios de la estructura de pavimentos.
- Determinar cuál es el volumen vehicular de las vías en estudio.
- Realizar las proyecciones necesarias para obtener el transito promedio diario en un periodo de diseño de 20 años para la vía en estudio.
- Determinar los ejes equivalentes de 8.2 toneladas que transitaran por el tramo de vía para un periodo de diseño de 20 años.

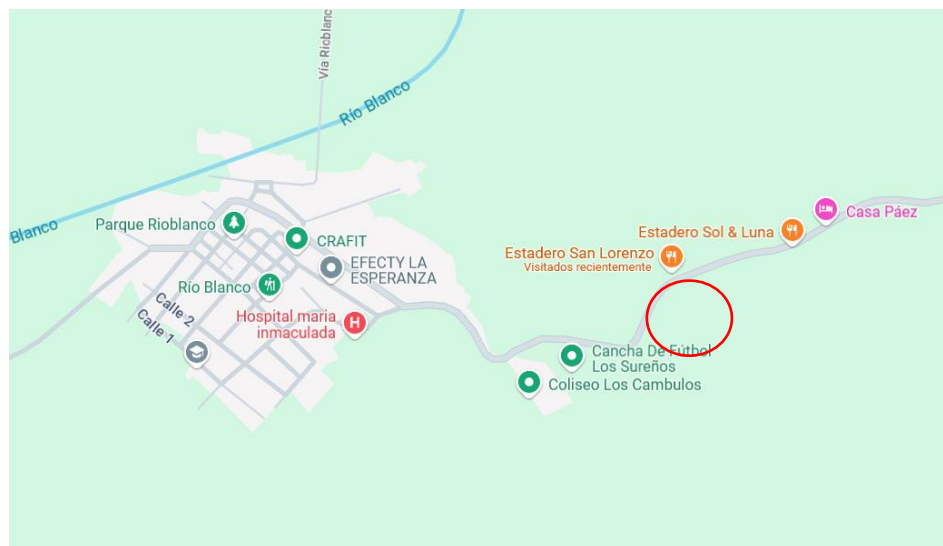
3. LOCALIZACION DEL PROYECTO

Los tramos de vía en estudio se encuentran ubicados en el casco urbano del municipio de Rioblanco departamento del Tolima, como se relaciona en la siguiente tabla:

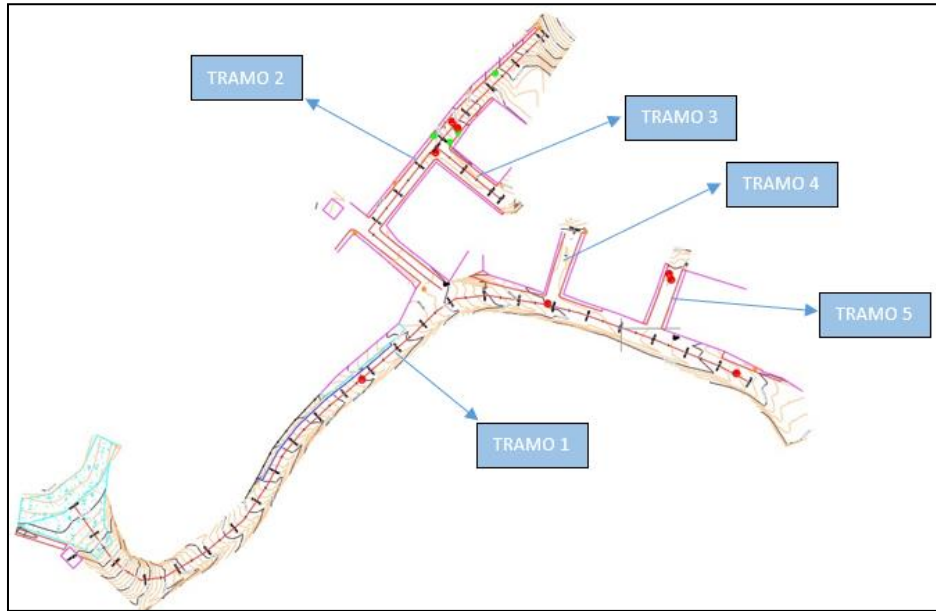
TRAMO	DIRECCION
1	Carrera 1 entre Vía Rioblanco-Chaparral y Vía vereda Relator
2	Carrera 1 con Calle 3
3	Carrera 2 con calle 2 y 3
4	Calle 2 con carrera 1 y 2
5	Calle 1 con carrera 1 y 2



Localización del municipio en el departamento.



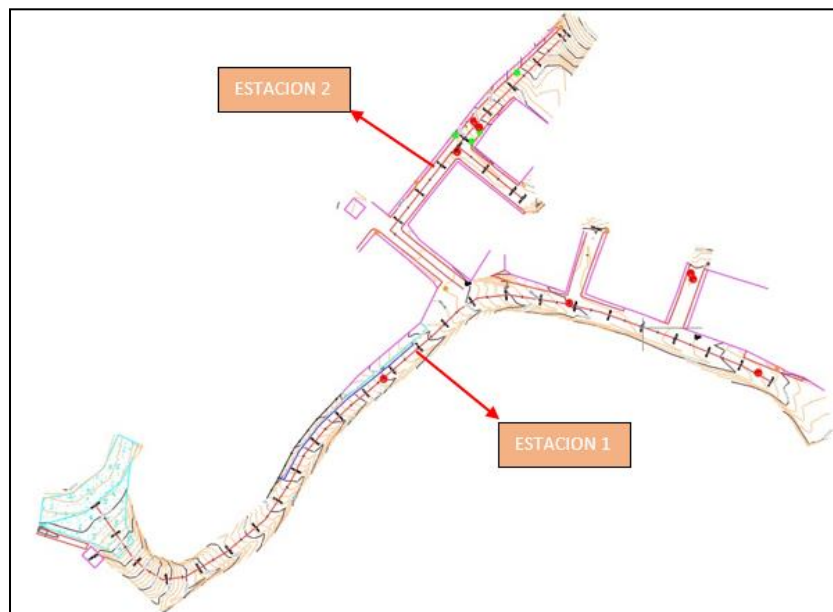
Localización del proyecto en el municipio.



Localización del proyecto en la zona.

4. ESTUDIO DE TRANSITO

De acuerdo con los tramos de vía en estudio se asignaron dos (2) estaciones de aforo donde se realizaron conteos vehiculares para determinar el número de vehículos y clase de vehículos que pasan por las vías. A continuación, se muestra la ubicación de las estaciones de aforo vehicular:



Ubicación estaciones de aforo vehicular.

4.1. Programación y distribución de aforos

Después del reconocimiento en campo, la distribución de las vías, el nivel de importancia de las vías y el nivel de demanda; por lo cual la variación de la demanda y de las condiciones de la oferta vial existente, se identificaron y ubicaron dos (2) estaciones de aforo vehicular.

Para cada estación de aforo se adelantó conteo vehicular por cinco (5) días de la semana de 6:00am a 6:00pm, tomando dos (2) días de alto tránsito vehicular (viernes y sábado), a continuación de muestra la programación de los aforos vehiculares realizados.

Estación de aforo N°1 (Carrera 1 entre Vía Rioblanco-Chaparral y Vía vereda Relator)

Primer aforo: 22 de mayo de 2025 (jueves)

Segundo aforo: 23 de mayo de 2025 (viernes)

Tercer aforo: 24 de mayo de 2025 (sábado)

Cuarto aforo: 25 de mayo de 2025 (domingo)

Quinto aforo: 26 de mayo de 2025 (lunes)

Estación de aforo N°2 (Carrera 1 con Calle 3)

Primer aforo: 22 de mayo de 2025 (jueves)

Segundo aforo: 23 de mayo de 2025 (viernes)

Tercer aforo: 24 de mayo de 2025 (sábado)

Cuarto aforo: 25 de mayo de 2025 (domingo)

Quinto aforo: 26 de mayo de 2025 (lunes)

Para la realización de los aforos se tiene en cuenta un conjunto de datos que fueron recolectados, a continuación, se muestra el formato utilizado para la elaboración de los aforos vehiculares:

FORMATO AFORO VEHICULAR									
Proyecto: _____									
Fecha (D.M.A): _____ Estación de Aforo: _____									
Condición Climática: _____ Movimientos Aforados : _____ Dirección: _____									
Aforado _____ Hoja _____ de _____ Municipio: _____									
Coordinador: _____ Hora de Inicio : _____ Hora Final : _____ Departamento _____									
PERIODO CADA DOS HORAS	AUTOMOVILES Y MICROBUSES 	BUSES 	CAMIION C2P 	CAMION C2G 	CAMION C3 	CAMION C4 	MOTOS 		

Formato Aforo vehicular.

4.2. Clasificación vehicular

Tipo A

En esta categoría se agrupan los automóviles, camperos, camionetas, y microbuses, según la clasificación del Instituto Nacional de Vías -INVIAS- este grupo se denomina con la letra A.

Tipo B

En esta categoría se agrupan las busetas y los buses, según el INVIAS, este grupo se denomina con la letra B.

Tipo C

Este grupo, que se designa con la letra C, según lo registrado en la resolución 4100 del 2004, en que los vehículos de carga se designan de acuerdo con la configuración de sus ejes de la siguiente manera:

- A. Con el primer dígito se designa el número de ejes del camión o del tractocamión (Cabezote)
- B. La letra S significa semiremolque y el dígito inmediato indica el número de sus ejes
- C. La letra R significa remolque y el dígito inmediato indica el número de sus ejes
- D. La letra B significa remolque balanceado y el dígito inmediato indica el número de sus ejes

La diferencia entre el semiremolque y el remolque radica en que el primero le transmite parte de la carga a la unidad tractora y el segundo transmite toda la carga al pavimento a través de sus propias llantas.

La designación para los vehículos de transporte de carga en el territorio nacional, de acuerdo con la configuración de sus ejes, se muestra en la Figura 1.1. Los vehículos transmiten al pavimento las cargas a través de las llantas, las cuales están dispuestas en líneas de rotación llamadas ejes, los cuales se clasifican en ejes simples, tándem o trídem, a su vez cada eje puede ser de llantas sencillas, dobles o mixtos.

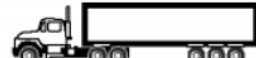
TIPO DE VEHICULO		ESQUEMA	TIPO DE VEHICULO		ESQUEMA
AUTOS		  	C3 Y C4	CAMION C3	
				CAMION C4	
BUSES	BUSETA			TRACTO-CAMION C2-S1	
	BUS			TRACTO-CAMION C2-S2	
	BUS METROPOLITANO			TRACTO-CAMION C3-S1	
C2-P	CAMION DE DOS EJES PEQUEÑO		C5	TRACTO-CAMION C3-S2	
C2-G	CAMION DE DOS EJES GRANDE		> C5	TRACTO-CAMION C3-S3	

Tabla de clasificación de vehículos.

4.3. Peso vehicular

Los vehículos, transmiten las cargas al pavimento a través de las ruedas, que como se dijo, están dispuestas en ejes. El Ministerio del Transporte, a través de la resolución 4100 de 2004 reglamenta el peso que pueden transmitir tanto los vehículos, como los diferentes ejes de carga. En la Tabla 1-1 se registra la información sobre la carga máxima admisible para los vehículos más comunes en el país de acuerdo con esta resolución; en la siguiente figura se indica la carga máxima para los ejes más frecuentes.

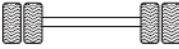
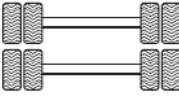
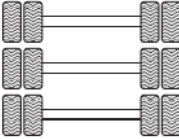
Descripción	Configuración	Peso, t
Eje simple direccional		6,0
Eje simple llanta doble		11,0
Eje tándem llanta doble		22,0
Eje tridem llanta doble		24,0

Tabla peso de ejes.

5. PROYECCIONES DE TRANSITO

A continuación, se muestran las fórmulas utilizadas y las operaciones realizadas para cada uno de los aforos vehiculares en el cálculo de los ejes equivalentes y para la elaboración del espectro de carga.

Estación de aforo N°1

Carrera 1 entre Vía Rioblanco-Chaparral y Vía vereda Relator

ESTACION DE AFORO VEHICULAR N°1							
	MOTOS 	AUTOS 	BUSES 	C2P 	C2G 	C3-C4 	C5 
22-may	134	27	0	2	1	0	0
23-may	123	23	0	2	2	0	0
24-may	184	35	0	1	0	0	0
25-may	221	42	0	2	2	0	0
26-may	119	25	0	3	1	0	0
TPD POR TIPO	156	30	0	2	1	0	0
TPDS	33						

COMPOSICIÓN DEL TRÁNSITO	%A	%B	%C2P	%C2G	%C3-C4	%C5
	90.91%	0.00%	6.06%	3.03%	0.00%	0.00%
			%C 9.1%			

COMPOSICIÓN DEL LOS CAMIONES	%C2P	%C2G	%C3-C4	%C5
	66.7%	33.3%	0.0%	0.0%

Tabla distribución de tránsito y distribución de camiones.

TPDS= 33

CÁLCULO DE FACTOR BUS (FB), FACTOR CAMIÓN (FC) Y FACTOR CAMIÓN GLOBAL (FCG)

FÓRMULAS BASE
$FCG = \frac{FB * \%B + FC * \%C}{\%B + \%C}$
$FB = \frac{\sum(\% (CAT.BUS) * FD(CAT.BUS))}{\sum(\%BUS)}$
$FC = \frac{\sum(FD (CAT.CAMIÓN) * \% (CAT.CAMIÓN))}{\sum(\%(CAT.CAMIÓN))}$

Donde:

FCG: Factor camión global

FC: Factor camión

%C: Porcentaje de camiones, está dividido por las diferentes categorías que nos presenta la norma como podemos observar en la tabla de composición de los camiones.

FB: Factor bus.

%B: Porcentaje de buses, dividido como los camiones, aunque en este caso solo contamos con una categoría

FD: Factor de deterioro sacado de la Tabla 2.7 Factores daño por vehículo comercial para las cargas máximas legales utilizando metodología general de AASTHO y método de la cuarta potencia, MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS ASFALTICOS EN VIAS CON MEDIOS Y ALTOS VOLUMENES DES TRANSITO, INVIAS

RESUMEN TABLA 2.7		
TIPO	FD AASHTO	VALOR RECOMENDADO
BUS	1.09 A 2.23	1.66
C2P	0.04 A 0.31	0.31
C2G	4.03	4.03
C3-C4	5.22 A 6.18	5.7
C5	8.16	8.16

Tabla 2.7 Factores daño por vehículo comercial para las cargas máximas legales utilizando metodología general de AASTHO y método de la cuarta potencia, MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS ASFALTICOS EN VIAS CON MEDIOS Y ALTOS VOLUMENES DES TRANSITO, INVIAS

CÁLCULO DEL FACTOR BUS (FB)			
VEHÍCULO	%VK (BUS)	FD (FACTOR)	FB
BUSES	0.00%	1.66	0.00

CÁLCULO DEL FACTOR CAMIÓN (FC)			
VEHÍCULO	%VK (CAM)	FD (FACTOR)	%VK*FD
C2P	66.67%	0.31	0.21
C2G	33.33%	4.03	1.34
C3-C4	0.00%	5.70	0.00
C5	0.00%	8.16	0.00
Σ %VK*FD			1.55
FC			1.55

$$FCG = 1.55$$

- **CÁLCULO DE EJES EQUIVALENTES DE 8.2 T EN EL CARRIL DE DISEÑO DURANTE EL PERIODO DE DISEÑO (n)**

FÓRMULAS BASE
$N = 365 * TPD * \%VC * FCG * Fdi * FCA * \frac{(1 + R)^n - 1}{LN(1 + R)}$

Donde:

TPD: Tránsito promedio diario

R: Tasa de crecimiento promedio del tránsito

Fdi: Factor direccional según ancho de calzada y tránsito de diseño

FCA: Factor carril según el número de carriles por sentido

n: Periodo de diseño

N: Ejes equivalentes de 8.2 t durante el periodo de diseño

%VC: Porcentaje de vehículos comerciales.

Periodo de diseño: Para la selección del periodo de diseño se toma la recomendación del Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito en el título **1.3.2 Periodo de diseño y vida útil** donde se menciona: “Los pavimentos se diseñan para que duren un determinado número de años dependiendo del tipo escogido y de algunas condiciones económicas. Por las características funcionales de los pavimentos de concreto, se recomienda que el periodo de diseño sea igual o superior a los 20 años.” **Periodo de diseño: 20años.**

Tasa de crecimiento (%): Para el cálculo de la tasa de crecimiento se usó la siguiente tabla tomada del manual de DISEÑO DE PAVIMENTOS ASFALTICOS EN VÍAS CON MEDIOS Y

ALTOS VOLÚMENES DE TRANSITO DEL INVIAS. Al tener un TPDS menor a 500 vehículos la tabla nos muestra un rango para la tasa de crecimiento entre el 2% y el 4%, a criterio del diseñador se toma el valor de **R:3.6%**.

Tabla 2.12 Tasas de crecimiento obtenidas en un muestreo de la red vial nacional.

TDP5	Tasas de crecimiento (%)				Número de 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

Factor direccional (Fdi): Para determinar el valor del Fd se usa la Tabla 1-14 *porcentaje de vehículos para el carril de diseño* tomada del Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito; donde nos recomienda un valor de **Fdi :1.**

Clasificación de la vía	% por dirección	% para el carril de diseño	% del Tpd en el carril de diseño
Autopistas y vías multicarril con tres carriles por dirección	50	75	37,5
Autopistas y vías multicarril con dos carriles por dirección	50	90	45,0
Carreteras anchas y de dos direcciones	50	100	50
Carreteras de dos direcciones y con ancho medio	100	75	75
Carreteras estrechas y de dos direcciones	100	100	100

Tabla 1-14. Porcentaje de vehículos para el carril de diseño

Factor de distribución por carril (FCA): Para determinar el valor del FCA se usa la Tabla 1-14 *porcentaje de vehículos para el carril de diseño* tomada del Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito; donde nos recomienda un valor de **FCA :1.**

FACTORES PARA CÁLCULO DE EJES EQUIVALENTES	
TPD	33.00
DÍAS/AÑO	365
R	3.6%
ANCHO CALZADA (mts)	X<5
Fdi	1
N° Carriles por sentido	1
FCA	1
n (años)	20

Datos de entrada para el cálculo de ejes equivalentes.

N (E.E DE 8.2 T. CD/PD)	49 362
-------------------------	--------

CÁLCULO DE LA PROYECCIÓN DEL TRÁNSITO CONSIDERANDO UN NIVEL DE CONFIANZA, EL TRÁNSITO ATRAÍDO Y GENERADO

FÓRMULAS BASE
$N'DIS = 10^{0.05 * ZR} * N$ $NTA = \%TA * N'DIS$ $NTG = \%TG * N'DIS$ $NDISEÑO = N'DIS + NTA + NTG$

Donde:

NC: Nivel de confianza del diseño

Zr: Desviación estándar

N' DIS: tránsito de diseño considerando un nivel de confianza

%TA: % tránsito atraído

%TG: % tránsito generado

NTA: # de ejes equivalentes atraídos

NTG: # de ejes equivalentes generados

N DISEÑO: tránsito de diseño considerando nivel de confianza ta y tg

Confiabilidad: Para determinar el valor de Zr se tomó la Tabla **2.10** Valores del coeficiente de desviación estándar de acuerdo con la confiabilidad, del MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS PARA VÍAS CON BAJOS VOLUMENES DE TRÁNSITO del INVIAS. **Zr: 1.037.**

Clasificación de carreteras	Nivel de confiabilidad recomendado	
	Urbana	Rural
Autopista Inter estatal	85 - 99.9	80 - 99.9
Arteria o carretera principal	80 - 99	75 - 95
Vías Colectoras	80 - 95	75 - 95
Vías Locales	50 - 80	50 - 80

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

Tabla 2.10 Valores del coeficiente de desviación estándar de acuerdo con la confiabilidad.

Transito atraído (%): Para el cálculo del tránsito atraído se toma lo dicho en el MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS PARA VÍAS CON BAJOS VOLÚMENES DE TRÁNSITO del INVIAS en el título **2.9.2. Pronóstico de la componente de tránsito atraído** donde señala: “Su cuantificación se podría realizar a través del análisis de las series de tránsito normal, en los términos señalados anteriormente, aplicando el porcentaje respectivo. Al respecto, y al no disponer de información más precisa, se puede aplicar el criterio del Instituto de Ingenieros de Estados Unidos que señala que el tránsito atraído se le asignan porcentajes entre el cinco (5) y el veinticinco por ciento (25%) del tránsito normal, con un periodo de aparición de uno o dos años después que la carretera ha sido abierta al servicio”. a criterio del diseñados de asume **%TA: 5,00%**.

Transito generado (%): Para el cálculo del tránsito generado se usa la siguiente tabla tomada del MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS PARA VIAS CON BAJOS VOLUMENES DE TRANSITO, al ser el municipio de Rioblanco un área con un potencial agrícola alto se asume un valor de **%TG:4,0**

Tabla 2.16. Porcentaje de tránsito generado como función del tránsito normal

Clasificación del área del proyecto	Población beneficiada, hab	Porcentaje de tránsito generado como función del tránsito normal
Área con potencial minero alto	Menos de 5000	3.0
	5000 o más	6.0
Área con potencial agrícola alto	Menos de 5000	2.5
	5000 o más	5.5
Área con potencial turístico alto	Menos de 5000	2.0
	5000 o más	3.5
Área de bajo potencial de desarrollo		1.5

Fuente: Elaboración propia con base en información del Instituto Nacional de Vías.

FACTORES CÁLCULO DE PROYECCIÓN DE TRÁNSITO	
NC	85%
ZR	1.037
N	49 362
N' DIS (E.E DE 8.2 T. CD/PD)	55 621
% TA	5%
% TG	4.00%
NTA (E.E DE 8.2 T. CD/PD)	2 781
NTG (E.E DE 8.2 T. CD/PD)	2 225

N DISEÑO EJES EQUIVALENTES DE 8.2 T EN EL CARRIL DE DISEÑO DURANTE EL PERIODO DE DISEÑO	60 627
---	---------------

Nota: el cálculo de ejes equivalente se realiza con las cargas máximas permitidas para los diferentes tipos ejes en Colombia: Eje simple direccional 6Ton, Eje simple llanta doble 11Ton, Eje tándem llanta doble 22Ton y eje trídem llanta doble 24Ton.

Categoría	Tipo de Vía	TPDs	Ejes acumulados de 8.2 t
T ₀	(Vt) – (E)	0 a 200	< 1'000.000
T1	(Vs) – (M ó A) – (CC)	201 a 500	1'000.000 a 1'500.000
T2	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	501 a 1.000	1'500.000 a 5'000.000
T3	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	1.001 a 2.500	5'000.000 a 9'000.000
T4	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	2.501 a 5.000	9'000.000 a 17'000.000
T5	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	5.001 a 10.000	17'000.000 a 25'000.000
T6	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	Más de 10.001	25'000.000 a 100'000.000

Tabla 3-1. Categorías de tránsito para la selección de espesores

Según el cálculo de E.E 8.2 T el nivel de tránsito de las vías en estudio es T0.

• ESPECTRO DE CARGA

Para la elaboración del espectro de carga se tomaron como referencia la distribución de ejes equivalentes, obtenida del “*MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS DE CONCRETO PARA VIAS CON BAJO, MEDIANO Y ALTOS VOLUMENES DE TRANSITO*”

Eje sencillo kN	Ejes por 1.000 camiones - TPDs					
	0-500	500-1.000	1.000-2.500	2.500-5.000	5.000-10.000	Más de 10.000
19,6	43	42				
21,56			39	37		
23,52					38	41
29,4	369	367				
32,34			334	320		
35,28					330	352
39,2	404	403				
43,12			379	368		
47,04					376	393
49	226	229				
53,9			257	268		
58,8					260	241
58,8	119	119				
64,68			132	138		
70,56					133	124
68,6	73	72				
75,46			69	67		
82,32					68	71
78,4	69	84				
86,24			63	61		
94,08					62	66
88,2	84	84				
97,02			76	73		
105,84					75	80
98	83	83				
107,8			76	72		
117,6					74	80
107,8	116	116				
118,58			105	101		
129,36					104	111
117,6	121	121				
129,36			110	105		
141,12					108	116
127,4	103	103				
140,14			93	89		
152,88					92	98
137,2	50	50				
150,92			46	44		
164,64					45	48
147	19	19				
161,7			17	17		
176,4					17	18

Distribución de cargas para el eje sencillo.

Eje Tándem kN	Ejes por 1.000 camiones - TPDs					
	0-500	500-1.000	1.000-2.500	2.500-5.000	5.000-10.000	Más de 10.000
58,8	2	2				
64,68			4	5		
70,56					5	3
76,4	8	8				
86,24			17	21		
94,08					19	13
98	6	6				
107,8			11	14		
117,6					13	9
117,6	6	6				
129,36			12	16		
141,12					14	10
137,2	7	7				
150,92			13	16		
164,64					15	11
156,8	7	7				
172,48			13	17		
186,16					15	11
176,4	9	9				
194,04			18	23		
211,68					21	15
196	14	15				
215,6			30	38		
235,2					34	24
215,6	27	29				
237,16			55	67		
256,72					60	42
235,2	20	21				
256,72			37	44		
282,24					39	28
254,8	6	7				
280,28			12	14		
305,76					12	8
274,4	1	2				
301,84			4	5		
329,28					4	2
294	1	1				
323,4			2	2		
352,8					2	1

Distribución de cargas para el eje tándem.

Eje Tridem kN	Ejes por 1.000 camiones - TPDs					
	0-500	500-1.000	1.000-2.500	2.500-5.000	5.000-10.000	Más de 10.000
58,8		1				
64,68			1	2		
70,56					1	1
78,4	1	1				
86,24			2	3		
94,08					2	1
98		1				
107,8			1	1		
117,6					1	1
117,6						
129,36			1	1		
141,12					1	1
137,2						
150,92			1	1		
164,64					1	1
156,8	1	1				
172,48			2	2		
188,16					2	1
176,4	1	1				
194,04			2	2		
211,68					2	1
196	1	1				
215,6			3	3		
235,2					3	2
215,6	1	2				
237,16			5	5		
258,72					4	3
235,2	4	5				
258,72			11	13		
282,24					11	6
254,8	5	7				
280,28			15	17		
305,76					14	8
274,4	3	4				
301,84			9	10		
329,28					8	5
294	2	2				
323,4			5	6		
352,8					5	3
313,6	1	1				
344,96			3	3		
376,32					3	1
333,2	1	1				
366,52			2	3		
399,84					2	1
352,8	1	1				
388,08			2	2		
423,36					2	1
372,4	1	1				
409,64			2	2		
446,88					2	1

Distribución de cargas para el eje tridem.

TPDS	33	Vehiculos
TRANSITO NORMAL (20AÑOS)	344150	Vehiculos
%TA	5.0%	
T. ATRAIDO	17207	Vehiculos
%TG	4.0%	
T. GENERADO	13766	Vehiculos
TRANSITO TOTAL	375123	Vehiculos
Fdi	1.00	
1	1.00	
VOLUMEN CARRIL DISEÑO	375123	Vh/carril

Volumen en el carril de diseño.

COMPOSICIÓN DEL TRÁNSITO		
AUTOS	90.91%	341021
BUSES	0.00%	0
C2P	6.06%	22735
C2G	3.03%	11367
C3-C4	0%	0
C5	0%	0

SENCILLO	DUAL	TANDEM	TRIDEM
0	0		
22735	22735		
11367	11367		
		0	0
		0	0
34102	34102	0	0

NUMERO DE REPETICIONES POR TIPO DE EJE	
SENCILLO	68204
TANDEM	0
TRIDEM	0

Numero de repeticiones por tipo de eje

Distribución de ejes equivalentes para el eje sencillo			
EJE SENCILLO (TN)	EJE SENCILLO (KN)	0-500	EJES SENCILLO 68204
2	19.6	3.29%	2243.92
3	29.4	19.64%	13395.30
4	39.2	21.86%	14909.43
5	49	10.25%	6990.93
6	58.8	9.90%	6752.21
7	68.6	7.70%	5251.72
8	78.4	9.95%	6786.32
9	88.2	7.24%	4937.98
10	98	5.12%	3492.05
11	107.8	4.00%	2728.17
12	117.6	1.05%	716.14

Espectro de carga para eje simple.

Estación de aforo N°2

Carrera 1 con Calle 3

ESTACION DE AFORO VEHICULAR N°2							
	MOTOS 	AUTOS 	BUSES 	C2P 	C2G 	C3-C4 	C5 
22-may	169	21	0	3	2	0	0
23-may	148	15	0	3	2	0	0
24-may	206	32	0	2	3	0	0
25-may	233	41	0	3	1	0	0
26-may	153	24	0	4	2	0	0
TPD POR TIPO	181	26	0	3	2	0	0
TPDS	31						

COMPOSICIÓN DEL TRÁNSITO	%A	%B	%C2P	%C2G	%C3-C4	%C5
	83.87%	0.00%	9.68%	6.45%	0.00%	0.00%
			%C 16.1%			

COMPOSICIÓN DEL LOS CAMIONES	%C2P	%C2G	%C3-C4	%C5
	60.0%	40.0%	0.0%	0.0%

Tabla distribución de tránsito y distribución de camiones.

TPDS= 31

CÁLCULO DE FACTOR BUS (FB), FACTOR CAMIÓN (FC) Y FACTOR CAMIÓN GLOBAL (FCG)

FÓRMULAS BASE
$FCG = \frac{FB * \%B + FC * \%C}{\%B + \%C}$
$FB = \frac{\sum (\% (CAT.BUS) * FD(CAT.BUS))}{\sum (\%BUS)}$
$FC = \frac{\sum (FD (CAT.CAMIÓN) * \% (CAT.CAMIÓN))}{\sum (\% (CAT.CAMIÓN))}$

Donde:

FCG: Factor camión global

FC: Factor camión

%C: Porcentaje de camiones, está dividido por las diferentes categorías que nos presenta la norma como podemos observar en la tabla de composición de los camiones.

FB: Factor bus.

%B: Porcentaje de buses, dividido como los camiones, aunque en este caso solo contamos con una categoría

FD: Factor de deterioro sacado de la Tabla 2.7 Factores daño por vehículo comercial para las cargas máximas legales utilizando metodología general de AASTHO y método de la cuarta potencia, MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS ASFALTICOS EN VIAS CON MEDIOS Y ALTOS VOLUMENES DES TRANSITO, INVIAS

RESUMEN TABLA 2.7		
TIPO	FD AASHTO	VALOR RECOMENDADO
BUS	1.09 A 2.23	1.66
C2P	0.04 A 0.31	0.31
C2G	4.03	4.03
C3-C4	5.22 A 6.18	5.7
C5	8.16	8.16

Tabla 2.7 Factores daño por vehículo comercial para las cargas máximas legales utilizando metodología general de AASTHO y método de la cuarta potencia, MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS ASFALTICOS EN VIAS CON MEDIOS Y ALTOS VOLUMENES DES TRANSITO, INVIAS

CÁLCULO DEL FACTOR BUS (FB)			
VEHÍCULO	%VK (BUS)	FD (FACTOR)	FB
BUSES	0.00%	1.66	0.00

CÁLCULO DEL FACTOR CAMIÓN (FC)			
VEHÍCULO	%VK (CAM)	FD (FACTOR)	%VK*FD
C2P	60.00%	0.31	0.19
C2G	40.00%	4.03	1.61
C3-C4	0.00%	5.70	0.00
C5	0.00%	8.16	0.00
Σ %VK*FD			1.80
FC			1.80

FCG= 1.80

- **CÁLCULO DE EJES EQUIVALENTES DE 8.2 T EN EL CARRIL DE DISEÑO DURANTE EL PERIODO DE DISEÑO (n)**

FÓRMULAS BASE
$N = 365 * TPD * \%VC * FCG * Fdi * FCA * \frac{(1 + R)^n - 1}{LN(1 + R)}$

Donde:

TPD: Tránsito promedio diario

R: Tasa de crecimiento promedio del tránsito

Fdi: Factor direccional según ancho de calzada y tránsito de diseño

FCA: Factor carril según el número de carriles por sentido

n: Periodo de diseño

N: Ejes equivalentes de 8.2 t durante el periodo de diseño

%VC: Porcentaje de vehículos comerciales.

Periodo de diseño: Para la selección del periodo de diseño se toma la recomendación del Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito en el título **1.3.2 Periodo de diseño y vida útil** donde se menciona: “Los pavimentos se diseñan para que duren un determinado número de años dependiendo del tipo escogido y de algunas condiciones económicas. Por las características funcionales de los pavimentos de concreto, se recomienda que el período de diseño sea igual o superior a los 20 años.” **Periodo de diseño: 20 años.**

Tasa de crecimiento (%): Para el cálculo de la tasa de crecimiento se usó la siguiente tabla tomada del manual de DISEÑO DE PAVIMENTOS ASFALTICOS EN VÍAS CON MEDIOS Y ALTOS VOLÚMENES DE TRANSITO DEL INVIAS. Al tener un TPDS menor a 500 vehículos

la tabla nos muestra un rango para la tasa de crecimiento entre el 2% y el 4%, a criterio del diseñador se toma el valor promedio de **R:3.6%**.

Tabla 2.12 Tasas de crecimiento obtenidas en un muestreo de la red vial nacional.

TDPS	Tasas de crecimiento (%)				Número de 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

Factor direccional (Fdi): Para determinar el valor del Fd se usa la Tabla 1-14 *porcentaje de vehículos para el carril de diseño* tomada del Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito; donde nos recomienda un valor de **Fdi :1**.

Clasificación de la vía	% por dirección	% para el carril de diseño	% del Tpd en el carril de diseño
Autopistas y vías multicarril con tres carriles por dirección	50	75	37,5
Autopistas y vías multicarril con dos carriles por dirección	50	90	45,0
Carreteras anchas y de dos direcciones	50	100	50
Carreteras de dos direcciones y con ancho medio	100	75	75
Carreteras estrechas y de dos direcciones	100	100	100

Tabla 1-14. Porcentaje de vehículos para el carril de diseño

Factor de distribución por carril (FCA): Para determinar el valor del FCA se usa la Tabla 1-14 *porcentaje de vehículos para el carril de diseño* tomada del Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito; donde nos recomienda un valor de **FCA :1**.

FACTORES PARA CÁLCULO DE EJES EQUIVALENTES	
TPD	31.00
DÍAS/AÑO	365
R	3.6%
ANCHO CALZADA (mts)	X<5
Fdi	1
N° Carriles por sentido	1
FCA	1
n (años)	20

Datos de entrada para el cálculo de ejes equivalentes.

N (E.E DE 8.2 T. CD/PD)	95 433
-------------------------	--------

CÁLCULO DE LA PROYECCIÓN DEL TRÁNSITO CONSIDERANDO UN NIVEL DE CONFIANZA, EL TRÁNSITO ATRAÍDO Y GENERADO

FÓRMULAS BASE
$N'DIS=10^{0.05*Z_R} * N$
$NTA=\%TA * N'DIS$
$NTG=\%TG * N'DIS$
$N DISEÑO=N'DIS + NTA + NTG$

Donde:

NC: Nivel de confianza del diseño

Zr: Desviación estándar

N' DIS: tránsito de diseño considerando un nivel de confianza

%TA: % tránsito atraído

%TG: % tránsito generado

NTA: # de ejes equivalentes atraídos

NTG: # de ejes equivalentes generados

N DISEÑO: tránsito de diseño considerando nivel de confianza ta y tg

Confiabilidad: Para determinar el valor de Z_r se tomó la Tabla 2.10 Valores del coeficiente de desviación estándar de acuerdo con la confiabilidad, del MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS PARA VÍAS CON BAJOS VOLÚMENES DE TRÁNSITO del INVIAS. Z_r : 1.037.

Clasificación de carreteras	Nivel de confiabilidad recomendado	
	Urbana	Rural
Autopista Inter estatal	85 - 99.9	80 - 99.9
Arteria o carretera principal	80 - 99	75 - 95
Vías Colectoras	80 - 95	75 - 95
Vías Locales	50 - 80	50 - 80

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

Tabla 2.10 Valores del coeficiente de desviación estándar de acuerdo con la confiabilidad.

Transito atraído (%): Para el cálculo del tránsito atraído se toma lo dicho en el MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS PARA VÍAS CON BAJOS VOLÚMENES DE TRÁNSITO del INVIAS en el título 2.9.2. **Pronóstico de la componente de tránsito atraído** donde señala: “Su cuantificación se podría realizar a través del análisis de las series de tránsito normal, en los términos señalados anteriormente, aplicando el porcentaje respectivo. Al respecto, y al no disponer de información más precisa, se puede aplicar el criterio del Instituto de Ingenieros de Estados Unidos que señala que el tránsito atraído se le asignan porcentajes entre el cinco (5) y el veinticinco por ciento (25%) del tránsito normal, con un periodo de aparición de uno o dos años después que la carretera ha sido abierta al servicio”. a criterio del diseñados de asume **%TA: 5,00%**.

Transito generado (%): Para el cálculo del tránsito generado se usa la siguiente tabla tomada del MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS PARA VIAS CON BAJOS VOLUMENES DE TRANSITO, al ser el municipio de Rioblanco un área con un potencial agrícola alto se asume un valor de **%TG: 4,00%**.

Tabla 2.16. Porcentaje de tránsito generado como función del tránsito normal

Clasificación del área del proyecto	Población beneficiada, hab	Porcentaje de tránsito generado como función del tránsito normal
Área con potencial minero alto	Menos de 5000 5000 o más	3.0 6.0
Área con potencial agrícola alto	Menos de 5000 5000 o más	2.5 5.5
Área con potencial turístico alto	Menos de 5000 5000 o más	2.0 3.5
Área de bajo potencial de desarrollo		1.5

Fuente: Elaboración propia con base en información del Instituto Nacional de Vías.

FACTORES CÁLCULO DE PROYECCIÓN DE TRÁNSITO	
NC	85%
ZR	1.037
N	95 433
N' DIS (E.E DE 8.2 T. CD/PD)	107 534
% TA	5.00%
% TG	4.00%
NTA (E.E DE 8.2 T. CD/PD)	5 377
NTG (E.E DE 8.2 T. CD/PD)	4 301

N DISEÑO EJES EQUIVALENTES DE 8.2 T EN EL CARRIL DE DISEÑO DURANTE EL PERIODO DE DISEÑO	117 212
---	----------------

Nota: el cálculo de ejes equivalente se realiza con las cargas máximas permitidas para los diferentes tipos ejes en Colombia: Eje simple direccional 6Ton, Eje simple llanta doble 11Ton, Eje tandem llanta doble 22Ton y eje trídrem llanta doble 24Ton.

Categoría	Tipo de Vía	TPDs	Ejes acumulados de 8.2 t
T ₀	(Vt) – (E)	0 a 200	< 1'000,000
T ₁	(Vs) – (M ó A) – (CC)	201 a 500	1'000,000 a 1'500,000
T ₂	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	501 a 1,000	1'500,000 a 5'000,000
T ₃	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	1,001 a 2,500	5'000,000 a 9'000,000
T ₄	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	2,501 a 5,000	9'000,000 a 17'000,000
T ₅	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	5,001 a 10,000	17'000,000 a 25'000,000
T ₆	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	Más de 10,001	25'000,000 a 100'000,000

Tabla 3-1. Categorías de tránsito para la selección de espesores

Según el cálculo de E.E 8.2 T el nivel de tránsito de las vías en estudio es T₀.

• ESPECTRO DE CARGA

Para la elaboración del espectro de carga se tomaron como referencia la distribución de ejes equivalentes, obtenida del “*MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS DE CONCRETO PARA VIAS CON BAJO, MEDIANO Y ALTOS VOLUMENES DE TRANSITO*”

Eje sencillo kN	Ejes por 1.000 camiones - TPDs					
	0-500	500-1.000	1.000-2.500	2.500-5.000	5.000-10.000	Más de 10.000
19,6	43	42				
21,56			39	37		
23,52					38	41
29,4	369	367				
32,34			334	320		
35,28					330	352
39,2	404	403				
43,12			379	368		
47,04					376	393
49	226	229				
53,9			257	268		
58,8					260	241
58,8	119	119				
64,68			132	138		
70,56					133	124
68,6	73	72				
75,46			69	67		
82,32					68	71
78,4	69	84				
86,24			63	61		
94,08					62	66
88,2	84	84				
97,02			76	73		
105,84					75	80
98	83	83				
107,8			76	72		
117,6					74	80
107,8	116	116				
118,58			105	101		
129,36					104	111
117,6	121	121				
129,36			110	105		
141,12					108	116
127,4	103	103				
140,14			93	89		
152,88					92	98
137,2	50	50				
150,92			46	44		
164,64					45	48
147	19	19				
161,7			17	17		
176,4					17	18

Distribución de cargas para el eje sencillo.

Eje Tándem kN	Ejes por 1.000 camiones - TPDs					
	0-500	500-1.000	1.000-2.500	2.500-5.000	5.000-10.000	Más de 10.000
58.8	2	2				
64.68			4	5		
70.56					5	3
76.4	8	8				
86.24			17	21		
94.08					19	13
98	6	6				
107.8			11	14		
117.6					13	9
117.6	6	6				
129.36			12	16		
141.12					14	10
137.2	7	7				
150.92			13	16		
164.64					15	11
156.8	7	7				
172.48			13	17		
188.16					15	11
176.4	9	9				
194.04			18	23		
211.68					21	15
196	14	15				
215.6			30	38		
235.2					34	24
215.6	27	29				
237.16			55	67		
256.72					60	42
235.2	20	21				
256.72			37	44		
282.24					39	28
254.8	6	7				
280.28			12	14		
305.76					12	8
274.4	1	2				
301.84			4	5		
329.28					4	2
294	1	1				
323.4			2	2		
352.8					2	1

Distribución de cargas para el eje tándem.

Eje Tridem kN	Ejes por 1.000 camiones - TPDs					
	0-500	500-1.000	1.000-2.500	2.500-5.000	5.000-10.000	Más de 10.000
58,8		1				
64,68			1	2		
70,56					1	1
78,4	1	1				
86,24			2	3		
94,08					2	1
98		1				
107,8			1	1		
117,6					1	1
117,6						
129,36			1	1		
141,12					1	1
137,2						
150,92			1	1		
164,64					1	1
156,8	1	1				
172,48			2	2		
188,16					2	1
176,4	1	1				
194,04			2	2		
211,68					2	1
196	1	1				
215,6			3	3		
235,2					3	2
215,6	1	2				
237,16			5	5		
258,72					4	3
235,2	4	5				
258,72			11	13		
282,24					11	6
254,8	5	7				
280,28			15	17		
305,76					14	8
274,4	3	4				
301,84			9	10		
329,28					8	5
294	2	2				
323,4			5	6		
352,8					5	3
313,6	1	1				
344,96			3	3		
376,32					3	1
333,2	1	1				
366,52			2	3		
399,84					2	1
352,8	1	1				
388,08			2	2		
423,36					2	1
372,4	1	1				
409,64			2	2		
446,88					2	1

Distribución de cargas para el eje tridem.

TPDS	31	Vehiculos
TRANSITO NORMAL (20AÑOS)	323292	Vehiculos
%TA	5.0%	
T. ATRAIDO	16164	Vehiculos
%TG	4.0%	
T. GENERADO	12931	Vehiculos
TRANSITO TOTAL	352387	Vehiculos
Fdi	1.00	
FCA	1.00	
VOLUMEN CARRIL DISEÑO	352387	Vh/carril

Volumen en el carril de diseño.

COMPOSICIÓN DEL TRÁNSITO		
AUTOS	83.87%	295550
BUSES	0.00%	0
C2P	9.68%	34102
C2G	6.45%	22735
C3-C4	0%	0
C5	0%	0

SENCILLO	DUAL	TANDEM	TRIDEM
0	0		
34102	34102		
22735	22735		
		0	0
		0	0
56837	56837	0	0

NUMERO DE REPETICIONES POR TIPO DE EJE	
SENCILLO	113673
TANDEM	0
TRIDEM	0

Numero de repeticiones por tipo de eje

Distribución de ejes equivalentes para el eje sencillo			
EJE SENCILLO (TN)	EJE SENCILLO (KN)	0-500	EJES SENCILLO
			113673
2	19.6	3.29%	3739.85
3	29.4	19.64%	22325.42
4	39.2	21.86%	24848.97
5	49	10.25%	11651.51
6	58.8	9.90%	11253.65
7	68.6	7.70%	8752.84
8	78.4	9.95%	11310.49
9	88.2	7.24%	8229.94
10	98	5.12%	5820.07
11	107.8	4.00%	4546.93
12	117.6	1.05%	1193.57

Espectro de carga para eje simple.

6. CONCLUSIONES

- El flujo vehicular predominante en el estudio son vehículos livianos tipo automóvil y camperos.
- El C2P en los tipos de camión es el predominante en el tránsito en la vía analizada, que son principalmente en el transporte de productos agrícolas y de alimentos.
- Para el cálculo de ejes equivalentes se usó un periodo de diseño de 20 años.
- A continuación, se muestra el numero ejes equivalentes de 8,2Ton que pasaran por cada uno de los tramos de vía es estudio durante el periodo de diseño:

TRAMO	DIRECCION	ESTACION DE AFORO	N° DE E.E. EN EL CARRIL DE DISEÑO
1	Carrera 1 entre Vía Rioblanco-Chaparral y Vía vereda Relator	N°1	352.387
2	Carrera 1 con calle 3	N°2	375.123
3	Carrera 2 con calle 2 y 3	N°2	375.123
4	Calle 2 con carrera 1 y 2	N°2	375.123
5	Calle 1 con carrera 1 y 2	N°2	375.123

- Se tomó una tasa de crecimiento del 3,6% usando tabla 2.12 del manual de DISEÑO DE PAVIMENTOS ASFALTICOS EN VÍAS CON MEDIOS Y ALTOS VOLÚMENES DE TRANSITO DEL INVIAS.
- El año de inicio para el cálculo del tránsito de diseño corresponde al año 2025 y la proyección vehicular se realizó para un periodo de 20 años, los datos de números de ejes equivalentes y vehículos para el carril de diseño mostrados en el presente informe se proyectan hasta el año 2045.

PLANILLAS DE AFORO VEHICULAR