PROYECTO: *"MEJORAMIENTO DE LA VÍA MONQUIRÁ - LA REFORMA ETAPA 01 EN EL MUNICIPIO DE SOGAMOSO, DEPARTAMENTO DE BOYACÁ"*

ALCALDÍA DE SOGAMOSO

ESTUDIO DEL TRÁNSITO

MUNICIPIO DE SOGAMOSO
DEPARTAMENTO DE BOYACÁ
SEPTIEMBRE DE 2025

TABLA DE CONTENIDO

Pág.

INTRODUCCIÓN 3

1. OBJETIVOS DEL ESTUDIO 4

2. ENFOQUE Y METODOLOGÍA UTILIZADA 4

2.2.1 ACOPIO Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN EXISTENTE 5

2.2.1 RECONOCIMIENTO DE LA VÍA, SU ÁREA DE INFLUENCIA, DESCRIPCIÓN Y LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO. 5

Información del proyecto 6

2.2.2 DISEÑO Y EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS DE CAMPO 6

2.2.3 TABULACIÓN Y PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN OBTENIDA EN TERRENO 8

2.2.4 PROYECCIÓN DEL TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO TPD Y CÁLCULO DEL Ne (Número de ejes equivalentes a 8,2 tn) 8

B. Periodo de Diseño 9

La estructura del pavimento flexible, tendrá un Periodo de diseño de 10 años, de acuerdo a las condiciones actuales del tráfico 9

C. Cálculo del Número de Ejes Equivalentes a 8.2 tn 10

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. 14

INTRODUCCIÓN

El análisis y estudio del tránsito fue realizado por la Secretaría de Infraestructura y Valorización en representación de la Alcaldía de Sogamoso, para el proyecto *MEJORAMIENTO DE LA VÍA MONQUIRÁ - LA REFORMA ETAPA 01 EN EL MUNICIPIO DE SOGAMOSO, DEPARTAMENTO DE BOYACÁ*, con el propósito de establecer las condiciones actuales de operación y las que se presentarán en el año horizonte del proyecto y así mismo a partir de estos resultados, determinar el número de ejes equivalentes para el diseño del pavimento.

Cumpliendo con los parámetros establecidos y los requerimientos del proyecto, se desarrolla el presente estudio partiendo de la recolección y análisis de la información disponible al respecto y el establecimiento del flujo vehicular presente en la vía, para determinar las condiciones actuales de operación y con ello establecer la demanda futura del tránsito y calcular el tránsito para el carril de diseño.

El tránsito atraído y generado se establece tomando en cuenta la consolidación habitacional, los usos del suelo que prevalecen en el sector, las actividades desarrolladas en el mismo y la conexión de las vías con equipamientos públicos del Municipio de Sogamoso.
El presente documento describe las actividades llevadas a cabo durante la ejecución del estudio, comentando la metodología utilizada en cada componente desarrollado y el análisis de los resultados obtenidos. En el “capítulo primero” se presentan los objetivos y el alcance del estudio; El “segundo capítulo” describe en forma general el enfoque y la metodología empleada, explicando brevemente cada actividad en cuanto al acopio de la información, reconocimiento del tramo de vía y su área de influencia, diseño y programación de la toma de información en campo, tabulación y cálculos básicos, cálculo de los Tránsitos Promedio Diarios TPD y número de ejes equivalentes Ne para la situación actual y para el año horizonte del proyecto; En el “tercer capítulo” se analizan los resultados obtenidos, y se presentan las conclusiones y recomendaciones pertinentes.

1. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

1.1 OBJETIVO GENERAL

Establecer la demanda actual y futura del flujo vehicular de los tramos de las vías a intervenir. Se realiza el presente estudio en este sector debido a que las vías tienen las mismas características, presenta poco flujo vehicular debido a su mal estado por lo cual el comportamiento del tránsito es similar y no varía. Son vías con características físicas y de tránsito similares.

1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- ✓ Recolectar y analizar la información disponible relacionada con el proyecto.
- ✓ Identificar las condiciones de operación del flujo vehicular.
- ✓ Establecer y proyectar el Tránsito Promedio Diario.
- ✓ Establecer y proyectar el Número de ejes Equivalentes a 8.2 Toneladas Ne, para el cálculo del diseño de pavimento flexible.

1.3 ALCANCE

Determinar las condiciones actuales de operación del tránsito en la vía a estudiar y proyectar sus resultados para poder utilizar los criterios definidos por el INVIAS para este tipo de estudios y calcular el Ne, para el diseño de pavimento, de acuerdo con los términos de referencia.

2. ENFOQUE Y METODOLOGÍA UTILIZADA

2.1 ENFOQUE

Se identifican cinco etapas empleadas en el desarrollo del presente estudio:

En la “primera etapa” se realiza el acopio y análisis de la información existente relacionada con el objeto del estudio.
En la “segunda etapa” y mediante el reconocimiento directo de la zona se determina: características físicas de la vía, zona de influencia, sus características y clasificación del proyecto para el estudio.

La “tercera etapa” corresponde al diseño y programación de la toma de información de campo, la cual corresponde a los aforos vehiculares, durante 24 horas, en el transcurso de siete días, de tal manera que permita evaluar la movilidad en la zona y poderla proyectar al año horizonte del proyecto.
La “cuarta etapa” corresponde a la tabulación de la información obtenida directamente en campo y la elaboración de los cálculos necesarios para establecer el TPDS y su proyección al año horizonte del proyecto.
La “quinta etapa” corresponde al cálculo de los Tránsitos Promedio Diarios y Número de ejes equivalentes, con su respectiva proyección.

2.2 METODOLOGIA

2.2.1 ACOPIO Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN EXISTENTE

Se realiza el acopio de la información existente, para efectos de conocer las condiciones actuales y futuras de la movilidad en la vía, ya que un pavimento debe ser diseñado para soportar el tránsito inicial y aquel que pase durante su vida de servicio.

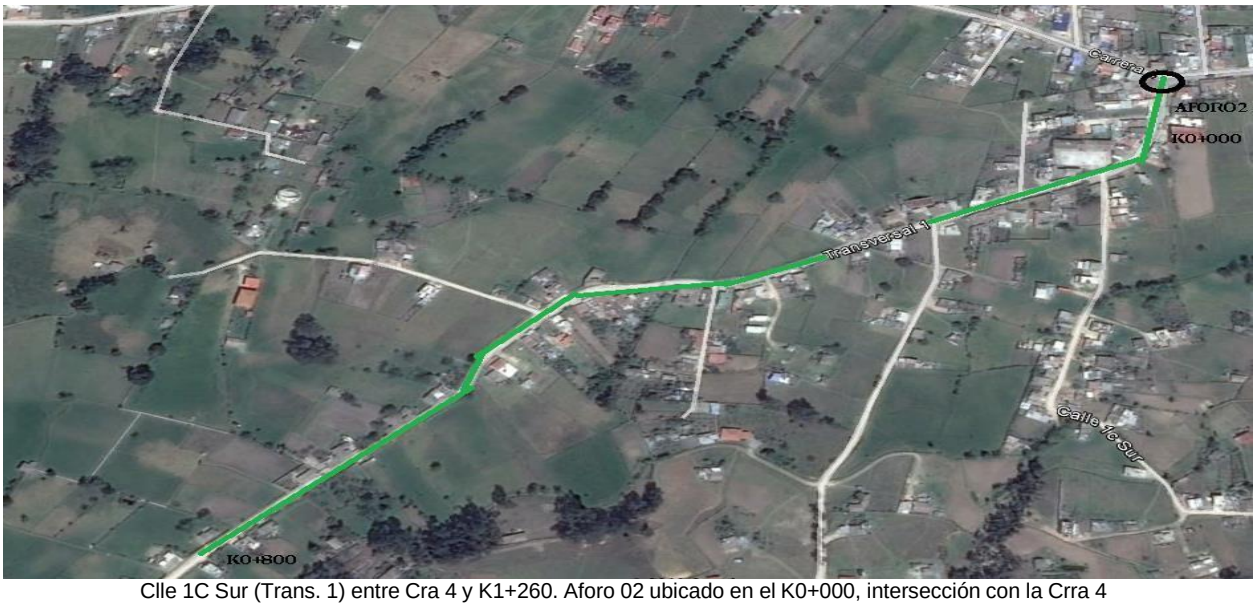
Grafica 1. Localización del Proyecto.



2.2.1 RECONOCIMIENTO DE LA VÍA, SU ÁREA DE INFLUENCIA, DESCRIPCIÓN Y LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO.

La vía semi rural y rural del Municipio de Sogamoso del presente estudio corresponde a una vía que atraviesa, sectores de estrato 1 y 2 de la ciudad de Sogamoso. En este sector circulan toda clase de vehículos, tanto automóviles como transporte urbano, transporte Intermunicipal y de carga.

Localización de los Aforos



Clle 1C Sur (Trans. 1) entre Cra 4 y K1+260. Aforo 02 ubicado en el K0+000, intersección con la Crra 4

Información del proyecto

Condiciones atmosféricas:

La temperatura y la precipitación de la zona de acuerdo a la información disponible en el IDEAM.

Altura sobre el nivel del mar (m)	2600 m.s.n.m
Temperatura media ponderada anual (TMPA ºC)	TMPA = 16 ºC
Precipitación media anual (mm)	P(mm) = 900

ESTADO ACTUAL DE LAS VÍAS

TRAMO : Presenta los siguientes daños en el pavimento:

- En el 90% del tramo presenta zonas con pérdida total de capa de rodadura lo que no ha permitido la impermeabilización de las capas granulares por lo cual se presentan baches y canales por el flujo de agua de escorrentía. Esta ausencia de capa de rodadura se debe principalmente a la fatiga de la carpeta asfáltica y a la ausencia de control de agua.

2.2.2 DISEÑO Y EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS DE CAMPO

Una vez identificada la zona de trabajo y la información existente disponible, se procede a diseñar la toma de información de campo, utilizando formatos de aforos vehiculares,

adecuados para la recolección de los datos y necesarios para determinar el tránsito promedio diario de la vía. Los aforos de volúmenes vehiculares se realizan por medio de métodos manuales, y son diligenciados por aforadores previamente entrenados.

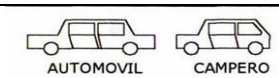
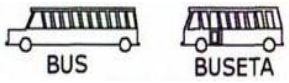
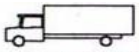
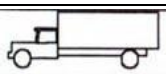
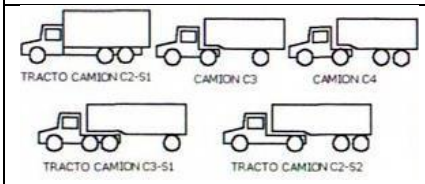
Los formatos se discriminan por tipo de vehículo en Autos, Buses y Camiones; los camiones discriminados de acuerdo con la clasificación establecida por el INVIAS, de acuerdo con la siguiente tabla.

TABLA 1. CLASIFICACIÓN DE CAMIONES

C 2 - P	Camión de dos ejes Pequeño
C 2 - G	Camión de dos ejes Grande
C - 3	Camión de Tres ejes
	Tractor con dos ejes – Camión con un eje C2-S-1
C - 5	Tractor con tres ejes – Camión cos dos ejes C3 – S2
> C - 5	Tractor con tres ejes – Camión con tres ejes C2 – S3

Fuente. Manual de diseño de pavimentos INVIAS

Tabla 2
Clasificación vehicular

	AUTOS
	BUSES
	C2-P
	C2-G (Volqueta Sencilla)
	C3 - C4
	C5
	>C5

Fuente. Manual de diseño de pavimentos INVIAS

Los estudios de volúmenes vehiculares se realizaron por medio de métodos manuales (Contadores sobre planillas y formatos), diligenciados por aforadores previamente entrenados.

La toma de información de aforos se realizó durante los días del 03 al 09 de febrero de 2020, durante las 24 horas del día.

Los aforos vehiculares, se realizaron de acuerdo a los dos tipos de movimiento:

1. Movimiento 1: NORTE – SUR
2. Movimiento 2: SUR - NORTE

2.2.3 TABULACIÓN Y PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN OBTENIDA EN TERRENO.

Una vez obtenida la información de campo, se clasificó y ordenó la información por día, y se transcribió al computador utilizando los mismos formatos llevados a campo los cuales indican:

Municipio
Sentido, grupo o movimiento de la información que se toma
Fecha
Cantidad de vehículos clasificados en autos (livianos), buses y los camiones de acuerdo con la clasificación C-2, C-3, C-5 y C5>

El resultado de la información obtenida con relación a volúmenes vehiculares aparece en las Tablas de conteos de vehículos del Anexo 1 y en las Tablas 1 Y 1A, en las que se presenta el resumen de resultados de los aforos de tránsito en unidades diarias por cada sentido de circulación, por cada día aforado y el total diario, debidamente clasificados por tipo de vehículo (ANEXO 1).

En la Tabla No. 2, para cada tramo, se determina la distribución porcentual por tipo de vehículo y por sentido, el porcentaje de autos y vehículos comerciales (Buses y Camiones). Se determina porcentualmente el carril o sentido de mayor volumen, y el factor de distribución direccional. Esta misma tabla muestra el total de unidades en ambos sentidos, que son base para la proyección del TPD.

2.2.4 PROYECCIÓN DEL TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO TPD Y CÁLCULO DEL Ne (Número de ejes equivalentes a 8,2 tn).

El tránsito es uno de los parámetros fundamentales para el diseño del pavimento flexible, motivo por el cual se debe conocer el tránsito actual y el proyectado en el periodo de diseño, permitiendo determinar los espesores de las capas que conforman la estructura del pavimento.

Una vez obtenida la situación actual para cada estación representativa de los sectores

escogidos, se inicia la proyección del tránsito con base en los factores de crecimiento previamente analizados.

Para proyectar el tránsito promedio diario se utilizó la siguiente expresión

$$TF = To\ (1+r)\ ^n$$

De donde:
TF = Tránsito futuro
To = Tránsito Base (el obtenido, para cada estación en los dos sentidos)
r = Rata de crecimiento
n = Período de tiempo al que se desea proyectar el tránsito

La proyección del Tránsito Promedio Diario, se muestra en la Tabla No.4 del Anexo 1.

Para el caso del diseño de pavimento flexible, dentro del procesamiento de datos relacionados con el tránsito, es necesario tomar en cuenta como principales factores que inciden en el diseño del pavimento, el número de ejes equivalentes a 8,2 tn que se esperan durante el período de diseño.

Para el caso de diseño por el método de la "AASHTO ROAD TEST" es necesario convertir el tránsito proyectado en ejes equivalentes a 8.2 toneladas.

A. Evaluación de la Tasa Anual de Crecimiento del Tránsito:

El pavimento debe ser diseñado para soportar el tránsito inicial y el tránsito durante su vida de servicio. De esta manera es necesario conocer la tasa anual de crecimiento del tránsito, el cual es indispensable para efectuar proyecciones a mediano y largo plazo, necesarios para el estudio del pavimento, tanto en la etapa de diseño como de funcionamiento.

Para nuestro caso el TPD de 100 para el tramo, corresponde a una tasa de crecimiento r % del 4,0%. Además el crecimiento económico en el último año ha sido del 5,13% (PIB), y la construcción actualmente participa en el 6% del crecimiento económico nacional.

Con base en las anteriores consideraciones, se decide tomar como tasa de crecimiento para el cálculo del Tránsito Futuro, una tasa de crecimiento igual a 5.0%.

Tasa anual de crecimiento del tránsito ***r = 5,00 %***

B. Periodo de Diseño

La estructura del pavimento flexible, tendrá un Periodo de diseño de 10 años, de acuerdo a las condiciones actuales del tráfico:

N = 10 años

Tabla 3 Categorías de las Vías

	I	II	III	ESPECIAL
Descripción	Autopistas Interurbanas, Caminos interurbanos Principales	Colectoras Interurbanas, Caminos rurales e industriales principales	Caminos rurales Con tránsito Mediano, caminos estratégicos	Pavimentos Especiales e Innovaciones
Importancia	Muy importante	Importante	Poco Importante	Importante
Tránsito Promedio diario	> 5000	1000 - 10000	< 1000	< 10000

Fuente: INVIAS.

Tabla 4 Periodos de diseño estructural recomendados

Categoría de la vía	Periodo de Diseño (P.D.E) Años	
	Rango	Recomendado
I	10. -30.	20
II	10. -20.	15
III	10. -20.	10
Especiales	7 - 20.	10 - 15

Fuente: INVIAS.

C. Cálculo del Número de Ejes Equivalentes a 8.2 tn:

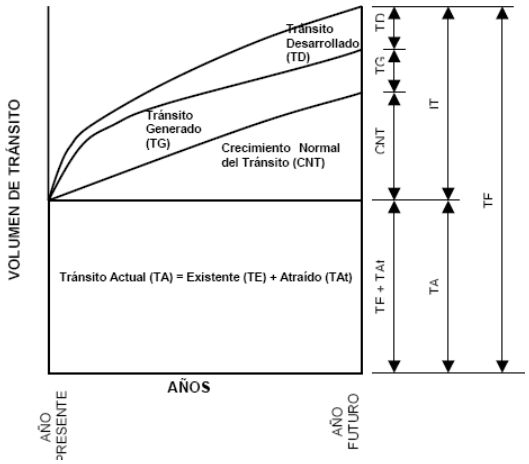
Se determina el número de ejes equivalentes a 8,2 toneladas que circularán por el carril de diseño y que se esperan durante el periodo de diseño de 10 años:

Para la categoría de esta vía, el tránsito promedio diario y la composición vehicular es la siguiente:

TABLA 5. TRÁNSITO PROMEDIO DÍARIO TRAMO 02

TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO SOBRE LA VÍA	**TIPO DE VEHICULO**							**TOTAL**
	AUTOS	**BUSES**	**C2- P**	**C2- G**	**C3**	**C5**	**C>5**	
TPD	95	21	17	19	15	8	4	179
% TIPO DE VEHÍCULO	53,1%	11,7%	9,5%	10,6%	8,4%	4,5%	2,2%	100%

Proyección del tránsito: En el siguiente gráfico se observa los componentes del volumen de tránsito futuro, que permiten evaluar el número de ejes equivalentes a 8,2 tn durante el periodo de diseño.



Fuente: metodología de la AASHTO

Mediante la Tabla No. 5 del Anexo 1 se calcula el número de ejes equivalentes Ne para el caso de pavimento flexible; seguida la Tabla No. 6 muestra el resumen de este cálculo en número de ejes acumulados a 5, 10, 15 y 20 años, a pesar de que la proyección para este tipo de pavimento solo se calcula a 10 años. A continuación se presenta la metodología utilizada para determinar el número de ejes equivalentes a 8,2tn.

Tn = TPD * (1 + r) ^n; tránsito al finalizar la construcción.
n = 10 años; Periodo de construcción del pavimento
r %: 5 % Crecimiento Normal del Tránsito

- *Tránsito Atraído:* El tránsito atraído es el volumen de tránsito que, sin cambiar ni su origen ni su destino, puede ocupar la futura vía pavimentada como ruta alterna, afluyendo a ella a través de otras vías ya existentes y que es alrededor del 10% del tránsito existente.

$$Tat = Te * 10\%$$
$$Tactual = Te + Tat$$

- *Tránsito Generado:* Es el volumen de tránsito que resulta como consecuencia del desarrollo económico y social de la nueva zona de influencia y en especial al comunicar el centro urbano de Sogamoso con las veredas perimetrales del Municipio. Para el estudio se toma 10%.

Entonces el tránsito generado es:

$$Tg = Te * 10\%$$

- *Tránsito Desarrollado:* Es alrededor del 10% del tránsito actual.

$$Tdes = Tactual * 10\%$$

- *Tránsito Proyectado:*

Proyección del tránsito actual hasta el año horizonte

$$Tactual\ 10 = Tactual * (1+ r) \wedge n$$

Proyección del tránsito generado en 1 año. Tg1 = Tg*(1+r)^1

Proyección del tránsito desarrollado hasta su periodo de crecimiento. Td-10 = Tdes * (1+ r)^10

El volumen de vehículos que circulara por la vía en el año horizonte es igual a la sumatoria de las proyecciones de los tránsitos actual, generado y desarrollado

$$Tproy = Tactual10 + Tgn + Td10\ veh/día$$

El Tránsito Acumulado: Nº veh comerciales / día = Tproy * (%buses + %camiones)

Este valor se multiplica por la distribución direccional para calcular el número de vehículos comerciales en el carril de diseño.

- *Factor de Distribución Direccional* Fd

- *Factor de distribución por carril:*

Tabla 6. Factor de distribución por carril

Número total de carriles en cada dirección	Factor de distribución para el carril de diseño (Fca)
1	1.0
2	0.90
3	0.75

Fuente: INVIAS

Factor de Distribución para el carril de diseño Fca = 1.0

Nº veh comerciales en el carril de diseño = Nº veh comerciales / día * Distribución direccional

FACTOR CAMION: Finalmente para el diseño del pavimento se necesita conocer el número acumulado de ejes equivalentes a 8,2 t en el carril de diseño del Pavimento:

$$FC = \frac{\%Comerciales * Factor\ daño\ camiones}{\%\ Vehículos\ comerciales}$$

$$FC = \frac{\%B*Fd1+\%C2P * Fd2 + \%C2P * Fd2G + \%C3 *Fd3 + \%C5*Fd5 + \%C>5*Fd>5}{\%\ Vehículos\ comerciales}$$

Tabla 7. Factores de equivalencia de carga por tipo de vehículo obtenidos
A nivel nacional

Tipo de vehículo		Factor de Equivalencia
BUSES	Bus	0.40
	Bus Metropolitano	1.00
C2P	C2P	1.14-1.4
C2G	C2G	1.4-3.44
C3 y C4	C3	3.76
	C2S1	3.37
	C4	6.73
	C3S1	2.22
	C2S2	3.42
C5	C3S2	4.40
> C5	>5	4.72

	BUSES	**C2- P**	**C2- G**	**C3**	**C5**	**C>5**
	14,00%	8,00%	10,00%	6,00%	6,00%	6,00%
Factor de daño	1	1,4	3,44	3,76	4,67	5

FACTOR CAMION	FC	2,80

Ahora el número acumulado de ejes de 8,2 t en el carril de diseño y en la vida del diseño del pavimento es:

N = Nº acumulado de vehículos comerciales * FC

Para el 90% de confiabilidad y Zr=1,282 N'=1,159 N (INVIAS)

De esta forma, el número de ejes equivalentes acumulado para el año que se desea proyectar resulta de la suma del anterior año con el siguiente calculado, resumen presentado en la Tabla No. 6 para 5,10,15 y 20 años, Anexo 1.

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

1. Como indican los resultados de los cálculos, la vía en estudio se clasifica en categoría III[1], caminos rurales con tránsito mediano, caminos estratégicos vía interurbana colectora importante con un TPD presente entre 100 y 500 vehículos.

2. Por lo anterior, se recomienda como lo confirman los términos de referencia, un período de 10 años para el diseño de la estructura para pavimento **flexible** de acuerdo al Número de Ejes Equivalentes a 8.2 obtenidos mediante el análisis hecho en este estudio.

3. Como se indicó en la metodología, tabulación y cálculos básicos, las Tablas No. 1 y 1A del Anexo 2, muestran el resumen de los volúmenes encontrados por sentido y por tipo de vehículo durante los siete días de aforo.

4. En la Tabla No. 2, distribución porcentual por tipo de vehículo se observa que predomina el flujo de automóviles, seguido de los buses y finalmente los camiones en ambos tramos.

5. La distribución direccional resulta ser del 50/50 por lo cual se aproxima al 50% de los volúmenes para el carril de diseño.

6. Con base en los criterios expuestos en la metodología, y tomando en cuenta un porcentaje de tránsito atraído y generado igual al 10% respectivamente para el cálculo del Número de Ejes Equivalentes para el diseño del pavimento Flexible. Se incluye en el cálculo la corrección del tránsito proyectado, para garantizar una confiabilidad del 90%, en la determinación del Número de Ejes Equivalentes a 8.2 Toneladas.

Los resultados de este ejercicio se muestran en la siguiente tabla para los dos tipos de pavimento:

TRAMO

Año		**Ne Pavimento Flexible**
Base	2024	65.165
5	2029	440.259
10	**2034**	**911.722**
15	2039	1.507.088
20	2044	2.259.654

T.P. 15202-169216 BYC

[1] Tabla 2.1 Manual de diseño para pavimentos asfálticos, medios y altos volúmenes de tránsito INVIAS