ESTUDIO DE VOLÚMENES DE TRÁNSITO PARA EL PROYECTO "MEJORAMIENTO, REHABILITACIÓN Y PAVIMENTACIÓN DE LA RED SECUNDARIA SOCORRO - PARAMO DEPARTAMENTO DE SANTANDER"

PRESENTADO A
GOBERNACIÓN DE SANTANDER

ELABORADO
ING. DENIS YINETH PINO MARIÑO
M.P. 01117-10920 CPITVC

TABLA DE CONTENIDO

Pág.

INTRODUCCIÓN 6

GENERALIDADES 7
1.1 Objeto de estudio 7
1.2 Ubicación 7
1.3 Clasificación de la vía 8
1.4 Características de la vía 8

2. METODOLOGÍA 9
2.1 Ubicación de los puntos de conteo 9
2.2 Formato de campo 9
2.3 Determinación del periodo de conteo 10
2.4 Clasificación del tráfico vehicular 10
2.5 Obtención del tráfico promedio diario TPD 11

3. ANÁLISIS DE INFORMACIÓN 12

4. PROYECCIÓN DEL TRÁNSITO 22
4.1 Tránsito Futuro 22
4.2 Tránsito actual (TA) 23

4.3 Tránsito atraído (TAt) 23

4.4 Tránsito generado en una vía mejorada (TG) 24

4.5 Tránsito desarrollado (TD) 24

4.6 Crecimiento normal del tránsito (CNT) 24

4.7 Parámetros De Cálculo 25

4.7.1 Período de diseño (n) 25

4.7.2 Distribución direccional y por carril de vehículos pesados 25

4.7.3 Tasa de crecimiento anual (r).....26

4.7.4 Factor de Daño (FD) 27

4.7.5 Confiabilidad, Zr.....27

4.8 Resultado de proyección del tránsito.....28

LISTA DE ILUSTRACIONES

Pág.

Ilustración 1: Composición vehicular día domingo (día pico) 14
Ilustración 2: Composición vehicular día jueves (día pico) 17
Ilustración 3 Composición vehicular día sábado (día normal).....20
Ilustración 4: Composición vehicular total.....21
Ilustración 5 Componente del tránsito futuro 23

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1: Categoría de las vías de Colombia 8
Tabla 2: Características generales de la vía Paramo - Socorro.....8
Tabla 3 Formato de campo para el estudio de tránsito.....9
Tabla 4: Clasificación del tráfico vehicular 10
Tabla 5: Clasificación del tráfico vehicular en Colombia 11
Tabla 6: Resultados de aforo vehicular día domingo (Dia pico).....12
Tabla 7: Resultados de aforo vehicular día jueves (Dia pico) 15
Tabla 8: Tabla 9: Resultados de aforo vehicular día viernes (Dia normal).....18
Tabla 10: Resumen aforos vehiculares y Calculo de TPD.....21
Tabla 11. Períodos de diseño estructural recomendados.....25
Tabla 12. Factor de distribución por carril, Fca.....26
Tabla 13. Factor direccional (Fd) 26
Tabla 14. Tasas de crecimiento obtenidas en un muestreo de la red vial nacional 27
Tabla 15. Factores de equivalencia de carga por tipo de vehículo 27
Tabla 17. Desviación normal estándar, Zr. 28
Tabla 18: Resultados de proyección del tránsito 3

INTRODUCCIÓN

Para el proceso de proyección de una nueva vía o para la ampliación, mejoramiento y/o rehabilitación de una vía ya existente, es necesario conocer y estudiar las variaciones periódicas de los volúmenes de tránsito relacionados con la infraestructura fisca, para garantizar el adecuado funcionamiento de la carretera.

El análisis de flujo analizado se realizó en la vía Socorro-Paramo a través de aforos vehiculares mediante estaciones de conteo ubicadas en un lugar donde se puede de forma segura tomar la información en ambos sentidos, para ello se utilizó una composición vehicular que mide en términos de porcentaje el volumen total de cada tipo de vehículo que transita por esta vía.

Como resultado de este estudio, a través de la aplicación de metodologías de procesos de información dados por el INVIAS y la AASHTO se obtiene el volumen de tránsito para el diseño de la estructura de pavimento que van a ser proyectadas.

Este cálculo tiene como fin último determinar el número de ejes equivalentes de 8.2 toneladas para el carril de diseño en el periodo de diseño el cual va asociado a la categoría de la vía.

GENERALIDADES

1.1 Objeto de estudio

El objetivo de este estudio es determinar el número de ejes equivalentes de 8.2T para el carril de diseño en el periodo de diseño de la vía Paramo-Socorro para la elaboración de los estudios y diseños técnicos del proyecto “MEJORAMIENTO, REHABILITACIÓN Y PAVIMENTACIÓN DE LA RED SECUNDARIA SOCORRO - PARAMO DEPARTAMENTO DE SANTANDER”

1.2 Ubicación

El municipio de Paramo se encuentra ubicado en la parte central del Departamento de Santander hacia el margen occidental de la provincia de Guanentá, se conecta con el municipio de Socorro a una distancia de 23.9 km

Imagen 1: Localización del tramo objeto de estudio



Fuente: Tomado de Google Maps, 2020

1.3 Clasificación de la vía

De acuerdo al manual de altos y medios volúmenes de transito la categoría de la vía se clasifica como tipo lll, de acuerdo al siguiente cuadro

Tabla 1: Categoría de las vías de Colombia



CATEGORIA DE LA VIA				
DESCRIPCIÓN	I	II	III	ESPECIAL
	Autopistas interurbanas, caminos interurbanos principales	Colectoras interurbanas, caminos rurales e industriales principales	Caminos rurales con transito mediano, caminos estratégicos	Pavimentos especiales e innovaciones
Importancia	Muy importante	Importante	Poco importante	Importante a poco importante
Transito promedio diario	<5.000	1.000-10000	<1.000	<10.000

Fuente: manual de diseño de pavimentos asfalticos en vías con medios y altos volúmenes de transito

1.4 Características de la vía

Las características generales de la vía Paramo -Socorro se relacionan en la siguiente tabla

Tabla 2: Características generales de la vía Paramo - Socorro

CARACTERISTICAS	DESCRIPCION
Geometría	Recta, curvas a la derecha e izquierda
Tipo de terreno	Ondulado
Utilización	Doble sentido
calzadas	Una
carriles	Dos
Tipo de pavimento	Afirmado y placa huella
Estado	Bueno
Señalización	Inexistente

Fuente: Elaboración propia

2. METODOLOGÍA

A continuación, se enumera de forma detallada la metodología necesaria para determinar la caracterización del tránsito.

2.1 Ubicación de los puntos de conteo

Se planea hacer la toma de información en un punto de la vía en donde se puedan registrar de forma segura, rápida y precisa los movimientos y número de vehículos que pasan por la zona, se tuvo en cuenta el uso principal de la vía y las vías de acceso que pudieran llegar a aumentar o disminuir el trafico actual y futuro.

2.2 Formato de campo

El formato utilizado para la toma de volúmenes

Tabla 3 Formato de campo para el estudio de tránsito



ESTUDIO DE TRÁNSITO
PARAMO-SOCORRO
DEPARTAMENTO DE SANTANDER

FORMATO: ESTUDIO DE VOLÚMENES VEHICULARES EN TRAMOS VIALE

Aforador: _____ Fecha: _____
Localización: _____
Abscisa punto de Observación: _____ Sentido: _____
Tipo de Vía: _____ Hora de Inicio: _____ Hora Final: _____
Condicion Climatica: _____ Estado del Pavimento: _____

Registro de Volúmenes en Tramos Viales

Periodo	MOTOS	AUTOS	BUSES	CAMIONES	BICICLETAS	
Total						
Total						
Total						
Total						

Observaciones: _____

Fuente: Elaboración propia

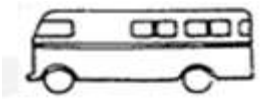
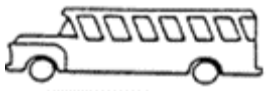
2.3 Determinación del periodo de conteo

Los periodos considerados para la realización de los conteos serán en la mañana entre 7:30 y 9:30 am, al medio día entre 11:30 am y 1:30 pm, y en la tarde, entre 4:30 y 6:30 pm durante tres días jueves por ser día de mercado, viernes y domingo, Así se garantiza la homogeneidad de la toma de información

2.4 Clasificación del tráfico vehicular

La clasificación vehicular empleada se debe discriminar por tipo de vehículo en las siguientes categorías: Autos, Motos, Buses y Camiones con el fin de determinar su porcentaje de circulación, la clasificación adoptada se muestra a continuación.

Tabla 4: Clasificación del tráfico vehicular

Clasificación	Descripción	Tipo de Vehículo	Esquema
MOTOS	Vehículo de dos ruedas, automotor con una rueda directriz (delantera) y una rueda motriz (Trasera)	Moto	
AUTOS	Vehículos livianos, automotor con un eje simple direccional y un eje simple de tracción	Automóvil	
		Campero	
		Camioneta	
BUSES	Automotor con un eje simple direccional y un eje simple de tracción	Buseta	
		Buseta	
	Automotor con un eje simple direccional y un eje simple de ruda con doble tracción	Bus metropolitano	

Fuente: Elaboración propia basada en el documento Higuera S. Nociones sobre métodos de diseño de estructuras de pavimento para carreteras UPTC.2011

Tabla 5: Clasificación del tráfico vehicular en Colombia

Tipo	Descripción general	Configuración esquemática del vehículo	Peso máximo (kN)			
			Total	Por eje		
2	Camión, dos ejes simples, seis llantas.		166,77	58,86	107,91	0,00
3	Camión, un eje simple, un eje tandem, diez llantas.		274,68	58,86	215,82	0,00
4	Camión, dos ejes simples, un eje tandem, doce llantas.		333,54	117,72	215,82	0,00
2S1	Tracto-camión con semirremolque, tres ejes simples, diez llantas.		284,87	49,05	107,91	107,91
2S2	Tracto-camión con semirremolque, dos ejes simples, un eje tándem, catorce llantas.		313,92	49,09	98,10	166,77
2S3	Tracto-camión con semirremolque, dos ejes simples, un eje tridem, dieciocho llantas.		397,31	58,86	107,91	230,54
3S1	Tracto-camión con semirremolque, dos ejes simples, un eje tandem, catorce llantas.		284,49	49,05	137,34	98,10
3S2	Tracto-camión con semirremolque, un eje simple, dos ejes tandem, dieciocho llantas.		470,88	49,05	210,92	210,92
3S3	Tracto-camión con semirremolque, un eje simple, un eje tandem, un eje tridem, veintidos llantas.		510,12	58,86	215,82	235,44

Fuente: Ministerio de transporte, Resolución No 004100 del 2004

2.5 Obtención del tráfico promedio diario TPD

Para la obtención del TPD definitivo se utilizará la siguiente formula.

$$\text{TPD} = \frac{\text{Veh} \cdot \text{Días}_{\text{Normal}} + \text{Veh} \cdot \text{Días}_{\text{Pico}} + \text{Veh} \cdot \text{Días}_{\text{Valle}}}{7\ \text{Días}}$$

Debido a que los conteos no se realizaron las 24 horas, se utilizara un factor de expansión del total de los vehículos aforados del 20% con el fin de representar las horas no contabilizadas3.

3. ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

Se presenta a continuación los resultados obtenidos de los aforos realizados en la vía Socorro - Paramo, el cual servirá de base para realizar el cálculo del tránsito promedio diario semanal y la composición vehicular, con esta información se determinará el transito futuro.

A continuación, se presenta los resultados del día pico del aforo.

Tabla 6: Resultados de aforo vehicular día domingo (Dia pico)

	VOLUMEN VEHICULAR 16/08/2020								
	VOLÚMENES JORNADA MAÑANA								
	PERIODO	**SENTIDO**	**AUTOS**	**BICICLETAS**	**MOTOS**	**BUSES**	**C2P**	**C2G**	**total**
mañana	7:30-7:45	PS	1	0	2	0	0	0	3
		SP	0	0	0	0	0	1	1
	7:45-8:00	PS	0	0	0	0	0	1	1
		SP	0	0	0	0	0	0	0
	8:00-8:15	PS	0	0	3	0	0	0	3
		SP	0	0	0	0	0	0	0
	8:15-8:30	PS	2	0	2	0	0	0	4
		SP	0	0	0	0	0	0	0
	8:30-8:45	PS	0	0	1	0	0	0	1
		SP	2	0	0	0	0	0	2
	8:45-9:00	PS	1	0	3	0	0	0	4
		SP	0	0	0	0	0	2	2
	9:00-9:15	PS	1	0	0	0	0	0	1
		SP	0	0	2	0	0	0	2
	9:15-9:30	PS	0	0	2	0	0	0	2
		SP	2	0	0	0	0	0	2
	VOLÚMENES JORNADA MEDIO DÍA								
	PERIODO	**SENTIDO**	**AUTOS**	**BICICLETAS**	**MOTOS**	**BUSES**	**C2P**	**C2G**	**total**
medio día	11:30-11:45	PS	2	0	1	0	0	0	3
		SP	2	0	2	0	0	0	4
	11:45-12:00	PS	1	0	2	0	0	0	3
		SP	0	0	1	0	1	0	2
	12:00-12:15	PS	1	0	3	0	0	0	4
		SP	1	0	1	0	0	0	2
	12:15-12:30	PS	0	0	2	0	0	0	2

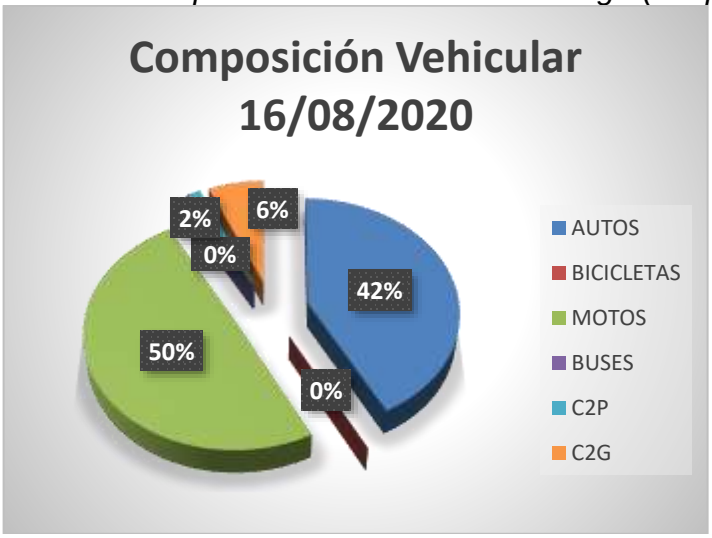
		SP	2	0	0	0	0	0	2
	12:30-12:45	PS	2	0	3	0	0	0	5
		SP	1	0	2	0	0	0	3
	12:45-13:00	PS	3	0	2	0	0	0	5
		SP	0	0	0	0	0	0	0
	13:00-13:15	PS	3	0	3	0	0	0	6
		SP	2	0	2	0	0	0	4
	13:15-13:30	PS	0	0	2	0	0	2	4
		SP	1	0	1	0	0	0	2
	VOLÚMENES JORNADA TARDE								
	PERIODO	**SENTIDO**	**AUTOS**	**BICICLETAS**	**MOTOS**	**BUSES**	**C2P**	**C2G**	**total**
tarde	16:30-16:45	PS	2	0	2	0	0	0	4
		SP	1	0	1	0	1	0	3
	16:45-17:00	PS	3	0	2	0	0	0	5
		SP	0	0	3	0	0	0	3
	17:00-17:15	PS	1	0	0	0	0	0	1
		SP	2	0	2	0	0	1	5
	17:15-17:30	PS	1	0	1	0	0	0	2
		SP	3	0	2	0	0	0	5
	17:30-17:45	PS	2	0	2	0	0	0	4
		SP	0	0	0	0	0	0	0
	17:45-18:00	PS	1	0	3	0	0	0	4
		SP	1	0	0	0	0	0	1
	18:00-18:15	PS	0	0	1	0	0	0	1
		SP	3	0	0	0	0	0	3
	18:15-18:30	PS	0	0	0	0	0	0	0
		SP	2	0	0	0	0	0	2
TOTAL									122

Fuente: Elaboración propia

Se observa que el total de vehículos que transitaron el día pico es de 122 Veh/día

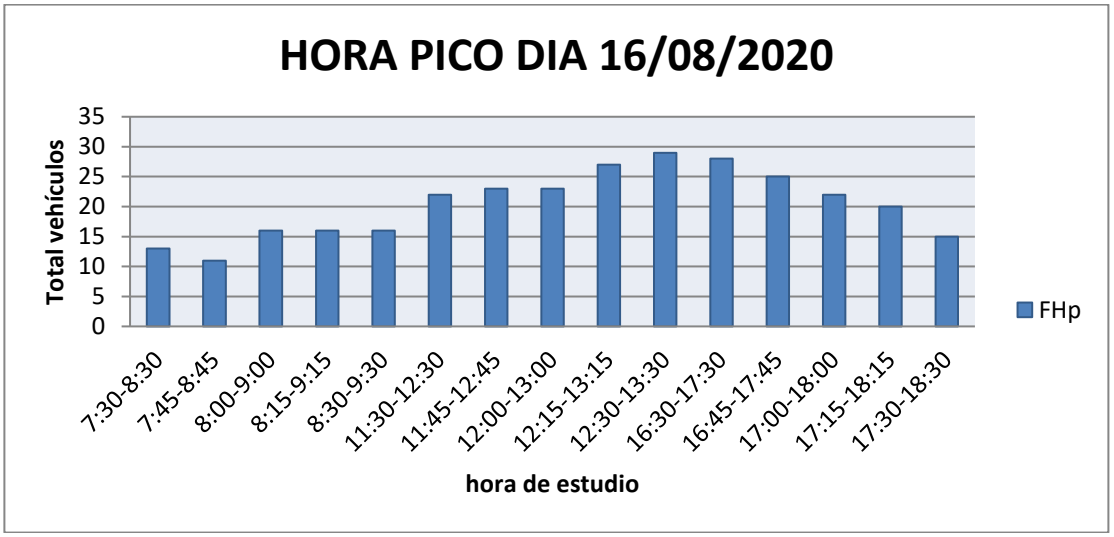
Se presenta la composición vehicular del día pico y se observa que el mayor flujo vehicular es el de las motos con un 50%, seguido de los autos con un 42%

Ilustración 1: Composición vehicular día domingo (día pico)



Fuente: Elaboración propia

Se presenta el histograma del total de vehículos que pasaron en periodos de una hora, para determinar las horas pico en el día



Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presenta los resultados del aforo vehicular del día 20/08/2020 (día pico)

Tabla 7: Resultados de aforo vehicular día jueves (Dia pico)

	VOLUMEN VEHICULAR DÍA 20/08/2020								
	VOLÚMENES JORNADA MAÑANA								
	PERIODO	**SENTIDO**	**AUTOS**	**BICICLETAS**	**MOTOS**	**BUSES**	**C2P**	**C2G**	**total**
mañana	7:30-7:45	PS	1	0	0	0	0	0	1
		SP	0	0	2	0	0	0	2
	7:45-8:00	PS	2	0	0	0	0	0	2
		SP	0	0	3	0	0	0	3
	8:00-8:15	PS	3	0	0	0	0	0	3
		SP	1	0	0	0	0	0	1
	8:15-8:30	PS	2	0	3	0	0	0	5
		SP	1	0	2	0	0	0	3
	8:30-8:45	PS	0	0	1	0	0	0	1
		SP	1	0	1	0	0	0	2
	8:45-9:00	PS	2	0	1	0	0	0	3
		SP	2	0	2	0	0	0	4
	9:00-9:15	PS	0	0	0	0	0	0	0
		SP	1	0	0	0	0	0	1
	9:15-9:30	PS	2	0	2	0	0	0	4
		SP	1	0	0	0	0	0	1
	VOLÚMENES JORNADA MEDIO DÍA								
	PERIODO	**SENTIDO**	**AUTOS**	**BICICLETAS**	**MOTOS**	**BUSES**	**C2P**	**C2G**	**total**
medio día	11:30-11:45	PS	2	0	1	0	0	1	4
		SP	1	0	0	0	0	0	1
	11:45-12:00	PS	0	0	0	0	0	0	0
		SP	0	0	3	0	0	0	3
	12:00-12:15	PS	2	0	0	0	0	0	2
		SP	1	0	1	0	0	0	2
	12:15-12:30	PS	0	0	2	0	0	0	2
		SP	1	0	0	0	0	0	1
	12:30-12:45	PS	0	0	2	0	1	0	3
		SP	2	0	1	0	0	0	3

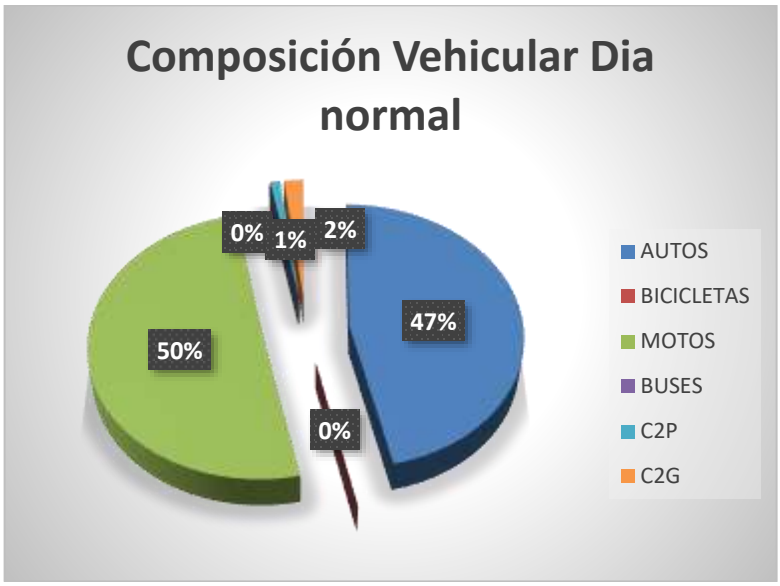
	12:45-13:00	PS	0	0	0	0	0	0	0
		SP	1	0	0	0	0	0	1
	13:00-13:15	PS	0	0	0	0	0	0	0
		SP	2	0	1	0	0	0	3
	13:15-13:30	PS	2	0	3	0	0	0	5
		SP	0	0	0	0	0	1	1
	VOLÚMENES JORNADA TARDE								
	PERIODO	**SENTIDO**	**AUTOS**	**BICICLETAS**	**MOTOS**	**BUSES**	**C2P**	**C2G**	**total**
tarde	16:30-16:45	PS	0	0	0	0	0	0	0
		SP	1	0	2	0	0	0	3
	16:45-17:00	PS	0	0	3	0	0	0	3
		SP	2	0	0	0	0	0	2
	17:00-17:15	PS	1	0	1	0	0	0	2
		SP	1	0	3	0	0	0	4
	17:15-17:30	PS	3	0	1	0	0	0	4
		SP	0	0	2	0	0	0	2
	17:30-17:45	PS	0	0	2	0	0	0	2
		SP	2	0	1	0	0	0	3
	17:45-18:00	PS	0	0	0	0	0	0	0
		SP	2	0	0	0	0	0	2
	18:00-18:15	PS	0	0	2	0	0	0	2
		SP	0	0	0	0	0	0	0
	18:15-18:30	PS	2	0	3	0	0	0	5
		SP	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL									101

Fuente: Elaboración propia

Se observa que el total de vehículos que transitaron el día pico es de 101 Veh/día

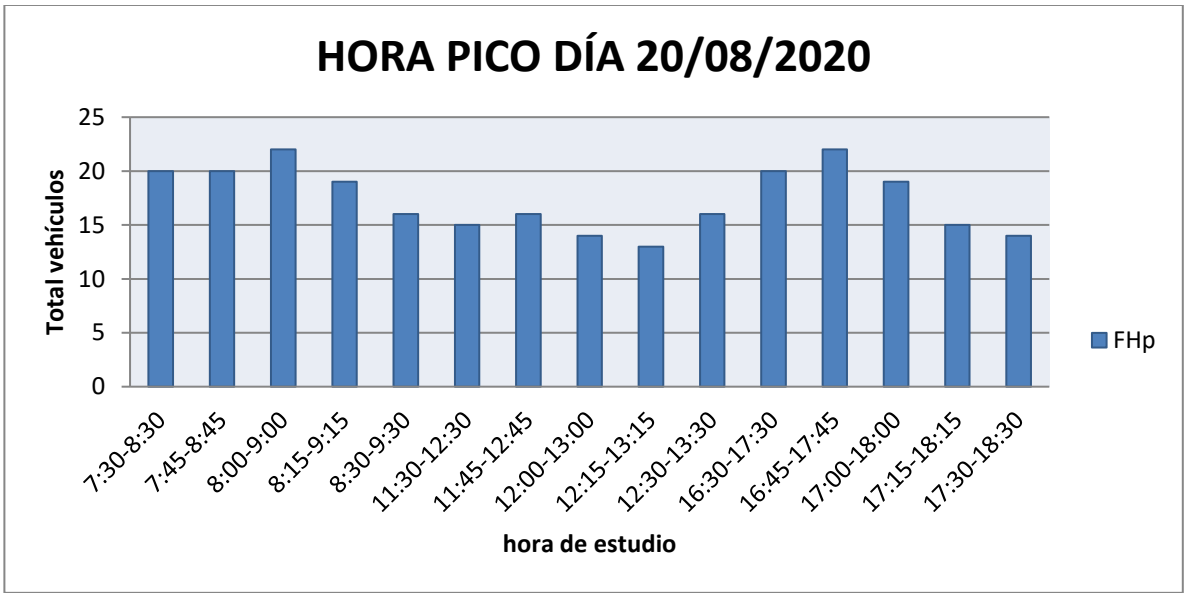
Se presenta la composición vehicular del día valle y se observa que el mayor flujo vehicular es el de las motos con un 50%, seguido de los autos con un 47%

Ilustración 2: Composición vehicular día jueves (día pico)



Fuente: Elaboración propia

Se presenta el histograma del total de vehículos que pasaron en periodos de una hora, para determinar las horas pico en el día



Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presenta los resultados del aforo vehicular del día 21/08/2020 (día normal)

Tabla 8: Tabla 9: Resultados de aforo vehicular día viernes (Dia normal)

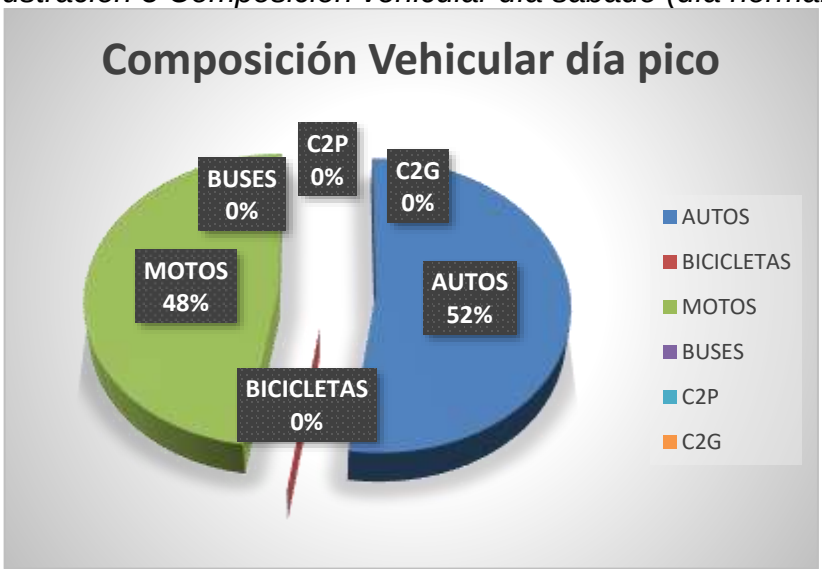
	VOLUMEN VEHICULAR 21/08/2020								
	VOLÚMENES JORNADA MAÑANA								
	PERIODO	**SENTIDO**	**AUTOS**	**BICICLETAS**	**MOTOS**	**BUSES**	**C2P**	**C2G**	**total**
mañana	7:30-7:45	PS	0	0	0	0	0	0	0
		SP	1	0	0	0	0	0	1
	7:45-8:00	PS	1	0	0	0	0	0	1
		SP	2	0	1		0	0	3
	8:00-8:15	PS	0	0	0	0	0	0	0
		SP	1	0	0	0	0	0	1
	8:15-8:30	PS	0	0	0	0	0	0	0
		SP	1	0	1	0	0	0	2
	8:30-8:45	PS	0	0	0	0	0	0	0
		SP	0	0	0	0	0	0	0
	8:45-9:00	PS	0	0	1	0	0	0	1
		SP	0	0	2	0	0	0	2
	9:00-9:15	PS	0	0	0	0	0	0	0
		SP	2	0	0	0	0	0	2
	9:15-9:30	PS	0	0	0	0	0	0	0
		SP	0	0	2	0	0	0	2
	VOLÚMENES JORNADA MEDIO DÍA								
	PERIODO	**SENTIDO**	**AUTOS**	**BICICLETAS**	**MOTOS**	**BUSES**	**C2P**	**C2G**	**total**
medio día	11:30-11:45	PS	0	0	0	0	0	0	0
		SP	0	0	0	0	0	0	0
	11:45-12:00	PS	1	0	1	0	0	0	2
		SP	0	0	0	0	0	0	0
	12:00-12:15	PS	0	0	0	0	0	0	0
		SP	2	0	0	0	0	0	2
	12:15-12:30	PS	1	0	1	0	0	0	2
		SP	2	0	0	0	0	0	2
	12:30-12:45	PS	0	0	0	0	0	0	0
		SP	0	0	2	0	0	0	2
	12:45-13:00	PS	0	0	0	0	0	0	0

		SP	0	0	2	0	0	0	2
	13:00-13:15	PS	0	0	0	0	0	0	0
		SP	0	0	0	0	0	0	0
	13:15-13:30	PS	0	0	0	0	0	0	0
		SP	1	0	1	0	0	0	2
	VOLÚMENES JORNADA TARDE								
	PERIODO	**SENTIDO**	**AUTOS**	**BICICLETAS**	**MOTOS**	**BUSES**	**C2P**	**C2G**	**total**
tarde	16:30-16:45	PS	0	0	0	0	0	0	0
		SP	2	0	0	0	0	0	2
	16:45-17:00	PS	0	0	0	0	0	0	0
		SP	0	0	2	0	0	0	2
	17:00-17:15	PS	0	0	0	0	0	0	0
		SP	1	0	0	0	0	0	1
	17:15-17:30	PS	0	0	0	0	0	0	0
		SP	1	0	1	0	0	0	2
	17:30-17:45	PS	0	0	0	0	0	0	0
		SP	1	0	1	0	0	0	2
	17:45-18:00	PS	2	0	0	0	0	0	2
		SP	0	0	0	0	0	0	0
	18:00-18:15	PS	0	0	2	0	0	0	2
		SP	0	0	0	0	0	0	0
	18:15-18:30	PS	0	0	0	0	0	0	0
		SP	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL									42

Se observa que el total de vehículos que transitaron el día normal es de 42 Veh/día

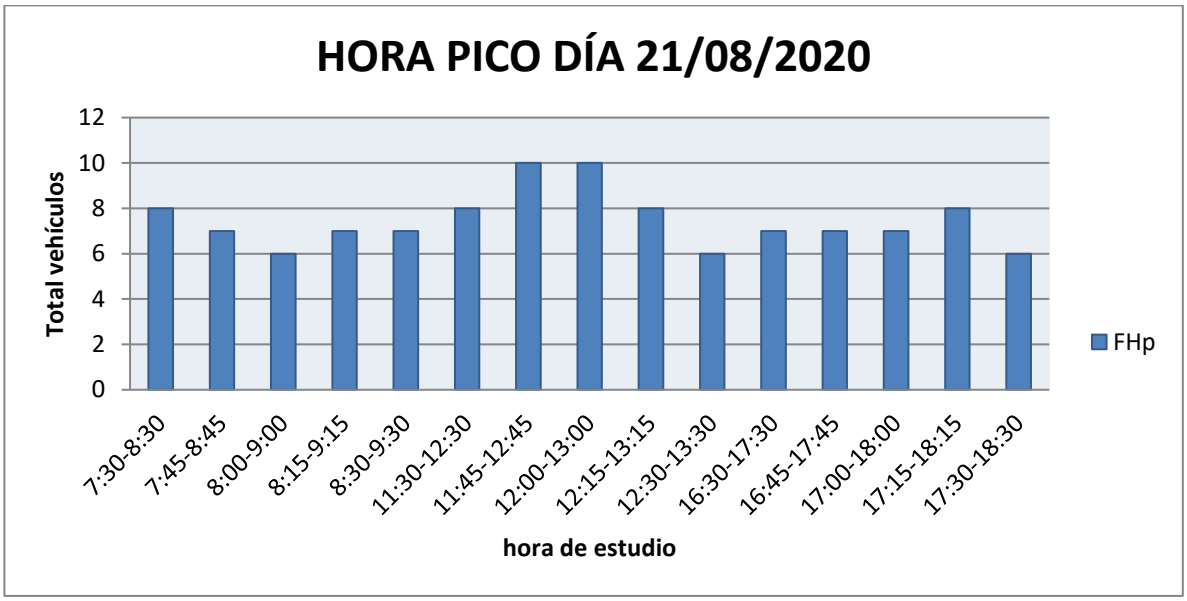
Se presenta la composición vehicular del día normal y se observa que el mayor flujo vehicular es el de los autos con un 52%, seguido de las motos con un 48%

Ilustración 3 Composición vehicular día sábado (día normal)



Fuente: Elaboración propia

Se presenta el histograma del total de vehículos que pasaron en periodos de una hora, para determinar las horas pico en el día



Fuente: Elaboración propia

Cálculo de TPD y composición vehicular

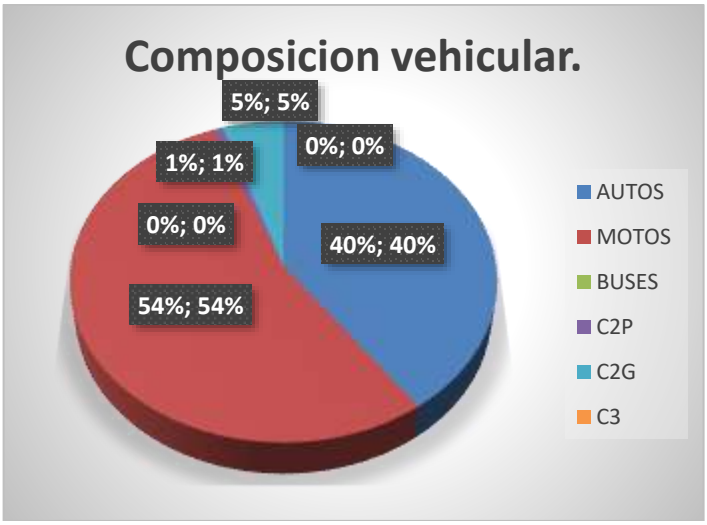
Tabla 10: Resumen aforos vehiculares y Calculo de TPD

RESUMEN AFOROS VEHICULARES							
DIA	AUTOS	MOTOS	BUSES	C2P	C2G	C3	TOTAL
DIA NORMAL	26	24	0	0	0	0	50
DIA PICO	56	61	0	1	2	0	121
DIA PICO	62	73	0	1	10	0	146

RESUMEN AFORO VEHICULAR							
DIA	AUTOS	MOTOS	BUSES	C2P	C2G	C3	TOTAL
NORMAL	26	43	0	1	1	0	71
PICO	59	73	0	1	10	0	143

CALCULO DE TRANSITO PROMEDIO DIARIO Y COMPOSICION VEHICULAR							
TIPO DE VEH	AUTOS	MOTOS	BUSES	C2P	C2G	C3	TOTAL
TPD	12	17	0	0.3	1.5	0	31
COMPOSICION	40%	54%	0%	1%	5%	0%	100%

Ilustración 4: Composición vehicular total



Fuente: Elaboración propia

4. PROYECCIÓN DEL TRÁNSITO

Para la estimación del crecimiento del tránsito para el periodo de diseño seleccionado, se ha utilizado una variedad de criterios, parámetros y factores. Entre los más relevantes se encuentran los siguientes:

- **Período de diseño (n)**
- **Tasa de crecimiento anual (r)**
- **Ancho de la calzada**
- **Factor direccional (Fd)**
- **Composición de los vehículos comerciales**
- **Factor de Daño (FD)**
- **Confiabilidad**

A continuación, se da conocer su descripción, y su forma de cálculo y adopción para cada caso.

4.1 Tránsito Futuro

Los volúmenes de tránsito futuro (TF), para efectos de proyecto se derivan a partir del tránsito actual (TA) y del incremento del tránsito (IT), esperado al final del periodo o año meta seleccionado. De acuerdo a esto, se puede plantear la siguiente expresión:

$$TF = TA + IT$$

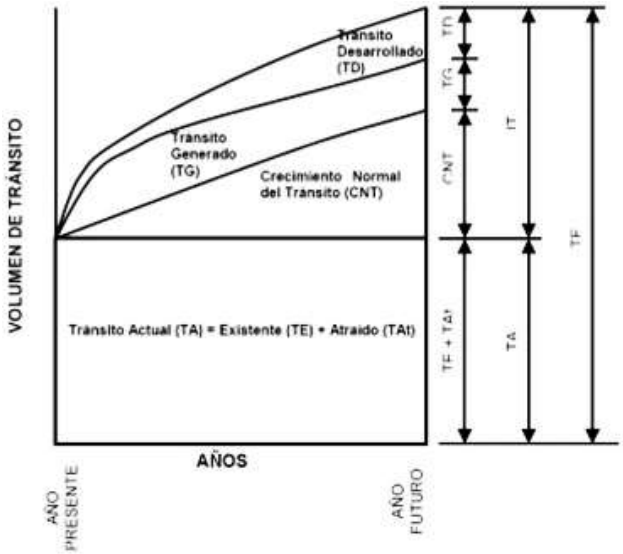
Sustituyendo en la ecuación del tránsito futuro (TF), encontramos que:

$$TF = TA + IT$$

$$TF = (TE + TAt) + (CNT + TG + TD)$$

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se observa los c omponentes del volumen de tránsito futuro, que permiten evaluar el número de ejes equivalentes a 8.2 toneladas en el carril de diseño durante el periodo de diseño.

Ilustración 5 Componente del tránsito futuro



Fuente: Metodología de la AASHTO

Tn = TPDsp×(1 + r)^{n}; tránsito al finalizar la construcción.

n en años; Periodo de diseño del pavimento.

r: % Crecimiento normal del tránsito.

4.2 Tránsito actual (TA)

El tránsito actual (TA) es el volumen de tránsito que usará la carretera mejorada o la nueva carretera en el momento de quedar completamente en servicio. En el mejoramiento de una carretera existente, el tránsito actual se compone del tránsito existente (TE) antes de la mejora, más el tránsito atraído (TAt) a ella de otras carreteras una vez finalizada su reconstrucción total. En el caso de la apertura de una nueva carretera, el tránsito actual se compone completamente de tránsito atraído.

$$TA = TE + TAt$$

4.3 Tránsito atraído (TAt)

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.

$$TAt = TE \times 10\%$$

4.4 Tránsito generado en una vía mejorada (TG)

El tránsito generado (TG) consta de aquellos viajes vehiculares, distintos a los del transporte público, que no se realizarían si no se construye la nueva carretera. Al tránsito generado se le asignan tasas de incremento entre el 5 y el 25 % del tránsito actual. Para el estudio se toma el 15% teniendo en cuenta que el proyecto plantea el mejoramiento y pavimentación de esta vía, la cual supone un mayor impacto sobre la malla vial del municipio de Paramo.
Entonces el tránsito generado es:

$$TG = TE \times 5\%$$

4.5 Tránsito desarrollado (TD)

El tránsito desarrollado (TD) es el incremento del volumen de tránsito debido a las mejoras en el suelo adyacente a la carretera. A diferencia del tránsito generado, el tránsito desarrollado continua actuando por muchos años después que la nueva carretera ha sido puesta al servicio. La experiencia indica que en carreteras construidas con especificaciones, el suelo lateral tiende a desarrollarse más rápidamente de lo normal, generando valores del orden del 5% del tránsito actual.

Es alrededor del 5% del tránsito actual

$$TD = TA \times 5\%$$

4.6 Crecimiento normal del tránsito (CNT)

El crecimiento normal del tránsito (CNT), se obtiene a partir de la determinación de un índice tal que permita proyectar a futuro el tránsito actual, considerando que las condiciones socioeconómicas actuales permanecen constantes; la siguiente expresión permite calcular el CNT.

$$CNT = TA \cdot (1 + r)^n$$

Donde:

CNT	=	Crecimiento normal del tránsito
TA	=	Tránsito actual
r	=	Tasa de crecimiento anual
n	=	Número de años entre el año base y el año proyectado.

4.7 Parámetros De Cálculo

4.7.1 Período de diseño (n)

El período de diseño está en función de la categoría de la vía y el tránsito promedio diario TPD.

De la tabla 1 y basándonos en el TPD, que para este caso es menor a 1000, esta calle podríamos clasificarla como poco importante.

Los períodos de diseño en función a la categoría de la vía se definen en la siguiente tabla.

Tabla 11. Períodos de diseño estructural recomendados

Categoría de la vía	Período 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: INVÍAS

Para este caso por tratarse de una vía poco importante, el período de diseño recomendado es de 10 años.

4.7.2 Distribución direccional y por carril de vehículos pesados

Para el cálculo del tránsito equivalente por carril de diseño, se debe determinar la distribución porcentual de vehículos pesados de acuerdo a las características particulares de las condiciones de tránsito en la vía en estudio. Mediante observación, se determina la distribución direccional (Fd) de los vehículos comerciales o bien se adopta una distribución del 100% en cada dirección teniendo en cuenta que se realizara la construcción de una placa huella, en la cual las huellas recibirán el 100% del tránsito de ambos sentidos. Posteriormente, se corrige el número de vehículos comerciales en cada dirección por un factor de distribución por carril (Fca) en función del número de carriles en cada sentido, para lo cual se recomienda la 6 sugerida por la AASHTO.

Tabla 12. Factor de distribución por carril, Fca

Número total de carriles en cada dirección	Factor de distribución para el carril de diseño (Fca)
1	**1.00**
2	**0.90**
3	**0.75**

Fuente: INVÍAS

El tránsito en el carril de diseño también se puede establecer en función del ancho de la calzada, como se muestra en la 7.

Tabla 13. Factor direccional (Fd)

Ancho de la calzada	Tránsito de diseño	Fd
Menos de 5 m	Total en los dos sentidos	1
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	0.5

Fuente: INVÍAS

Para este estudio como se trata de una calzada unidireccional donde el transito toral en ambos sentidos será asumido por la placa huella, para lo cual el ancho de calzada efectivo corresponde a menos de 5 metros, de esta forma se adopta un Fd igual a 1.0 y un Fca de 1.0.

4.7.3 Tasa de crecimiento anual (r)

Para la selección de la tasa de crecimiento cuando no se tienen series históricas, el INVÍAS[1] hace las siguientes recomendaciones:

Para la estimación de la tasa de crecimiento de los vehículos comerciales y como no se cuenta con datos de series históricas de tránsito, se sugiere asumir la tasa de crecimiento del tránsito (r) con base en los parámetros macroeconómicos 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 14 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.

[1] INVÍAS. Manual de diseño de pavimentos asfalticos en vías con medios y altos volúmenes de tránsito. Bogotá D.C., 1988.

Tabla 14. Tasas de crecimiento obtenidas en un muestreo de la red vial nacional

Nivel del tránsito	Número de ejes equivalentes de 80 kN durante el período de diseño en el carril de diseño	Tasa de crecimiento
T1	< 150,000	2.0%
T2	150,000 - 500,000	3.0%

Fuente: INVÍAS

Para nuestro caso, al preverse un número de ejes equivalentes de 80 kN durante el período de diseño en el carril de diseño menor a 150 mil, se adopta una tasa de crecimiento del 2.0%.

4.7.4 Factor de Daño (FD)

El factor de equivalencia de carga o factor de daño por tipo de vehículo comercial representa el mayor o menor daño que un tipo de vehículo causa a un pavimento. El factor representa el número de veces que pasa el eje normalizado de 8.2 toneladas por cada pasada del tipo de vehículo considerado.

En la Tabla 15 se dan los factores recomendados por el INVÍAS.

Tabla 15. Factores de equivalencia de carga por tipo de vehículo

FACTOR DE EQUIVALENCIA	
Bus	0.40
Bus Metropolitano	1.00
2	3.44
3	3.76
4	6.37
2S1	3.37
2S2	3.42
2S3	4.15
3S1	2.22
3 S2	4.40
3S3	4.72

Fuente: INVÍAS

Los anteriores valores fueron los adoptados para este estudio.

4.7.5 Confiabilidad, Zr

El nivel de confianza es uno de los parámetros importantes introducidos por la AASHTO al diseño de pavimentos, porque establece un criterio que está relacionado con el desempeño del pavimento frente a las solicitaciones exteriores. La confiabilidad se define como la probabilidad de que el pavimento diseñado se comporte de manera satisfactoria durante toda su vida de proyecto, bajo las solicitaciones de carga e intemperismo, o la probabilidad de que los problemas de

deformación y fallas estén por debajo de los niveles permisibles. Para elegir el valor de este parámetro se considera la importancia del camino, la confiabilidad de la resistencia de cada una de las capas y el tránsito de diseño pronosticado.

Los valores de desviación normal estándar son los siguientes:

Tabla 16. Desviación normal estándar, Zr.

Confiabilidad	Zr
70%	0.524
75%	0.674
80%	0.842
85%	1.036
90%	1.282
95%	1.645
96%	1.751
97%	1.881
98%	2.055
99%	2.328
99.90%	3.090
99.99%	3.750

Fuente: AASHTO. Guide for design of pavement structures. Washington D.c., 1993.pI-62.

Para este estudio se selecciona un nivel de confianza del 90%, según las recomendaciones de la AASHTO, dando un Zr de 1.282

4.8 Resultado de proyección del tránsito

En la tabla 18 se da conocer el resultado de los cálculos de proyección del tránsito, obteniéndose un total de 0.12×10^6 ejes equivalentes de 8.2 toneladas para el carril de diseño, en el periodo de diseño.

Tabla 17: Resultados de proyección del tránsito

EJES EQUIVALENTES DE 8.2 TONELADAS		
CARRIL DISEÑO / PERIODO DE DISEÑO		
Nº	AÑO	EJES EQUIVALENTES
5	2025	0.06 x 10^6
10	2030	0.12 x 10^6
15	2035	0.19 x 10^6

FACTORES ADOPTADOS Y CALCULADOS	
F. DIRECC. Fd	0.750
F. DISTRIB. Fca	1.000
PARAMETRO Zr	0.842
F. CAMION Fc	2.980

EJES EQUIVALENTES 80 KN PD/CD 10 AÑOS 2030
0.12x10^6

Tipo de vehiculo	Peso máximo, kN				FC	FC corregido por peso
	Eje 1	Eje 2	Eje 3	Total		
Bus 2	-	-	-	-	1.44	1.44
Bus 3	-	-	-	-	1.76	1.76
2	58.86	107.91	0.00	166.77	3.60	3.4
3	58.86	215.82	0.00	274.68	5.07	4.5
4	117.72	215.82	0.00	333.54	5.20	5.2
2s-1	49.05	107.91	107.91	264.87	6.76	6.1
2s-2	49.05	98.10	166.77	313.92	4.10	3.72
2s-3	58.86	107.91	230.54	397.31	6.81	6.1
3S-1	49.05	137.34	98.10	284.49	3.19	3.19
3S-2	49.05	210.92	210.92	470.88	8.85	7.02
3S-3	58.86	215.82	235.44	510.12	6.27	5.54

DETALLE DEL CALCULO DE EJES EQUIVALENTES DE 8.2 TONELADAS											
AÑO		COMPONENTE DEL TRANSITO						EJES EQUIVALENTES	EJES EQUIVALENTES-CORREGIDO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADO	EJES EQUIVALENTES DE DISEÑO 1X10^6
Nº	AÑO	TE	TDE	TA.t	TA	TG+TD	TF				
0	2020	31	0	3	34	6	42	7825	8320	8320	0.01
1	2021	33	20	3	56	8	68	7902	8613	16933	0.02
2	2022	35	15	3	53	8	65	7980	8698	25631	0.03
3	2023	37	16	4	56	8	69	8854	9651	35282	0.04
4	2024	39	16	4	59	9	72	9563	10424	45706	0.05
5	2025	41	17	4	63	9	76	9650	10519	56224	0.06
6	2026	44	18	4	66	10	80	9954	10850	67074	0.07
7	2027	47	18	5	70	10	85	10963	11950	79024	0.08
8	2028	49	19	5	73	11	89	11750	12808	91831	0.09
9	2029	52	20	5	77	12	94	12698	13841	105672	0.11
10	**2030**	**56**	**21**	**6**	**82**	**12**	**99**	**13152**	**14336**	**120008**	**0.12**
11	2031	59	21	6	86	13	105	13265	14326	134334	0.13
12	2032	62	22	6	91	14	111	13542	14625	148960	0.15

13	2033	66	23	7	96	15	117	13854	14962	163922	0.16
14	2034	70	24	7	101	16	123	13950	15066	178988	0.18
15	2035	74	25	7	107	16	130	14263	15404	194392	0.19

CONVENCIONES	
TE	Tránsito existente
TDE	Tránsito por desarrollo de obra
TA.t	Tránsito atraído
TA	Tránsito actual
TG	Tránsito generado en una vía mejorada
TD	Tránsito desarrollado
TF	Tránsito futuro

Fuente: Elaboración propia

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

•De los trabajos de campo, los aforos y mediante la aplicación de la metodología recomendada por el INVÍAS en sus manuales, además, por las recomendaciones de la AASHTO, se obtuvo del proceso de análisis y cálculos, una proyección del tránsito a 10 años de 0.12×10^6 ejes equivalentes de 8.2 toneladas para el carril de diseño, en el periodo de diseño en el caso del pavimento flexible.

•La pavimentación de la ruta Paramo - Socorro, al convertirse en una ruta atractiva de acuerdo a su mejoramiento y la reducción de distancias de viaje, se considera un valor significativo para el transito atraído, el cual se estima en un 10% de crecimiento al momento de mejorar el tramo objeto de este estudio.

•Aunque en este estudio el período de diseño seleccionado fue de 10 años, el estudio del diseño del pavimento puede cambiar este valor según criterio del ingeniero, por tanto, en este estudio también se da la proyección del tránsito para diferentes años, así, para cada caso a implementar:

No	Año	Transito $N_{80\,kn}$
0	2020	0.01X10^6
5	2025	0.06 X10^6
10	2030	0.12 X10^6
15	2035	0.19 X10^6

ELABORADO

ING. DENIS YINETH PINO MARIÑO
M.P. 01117-10920 CPITVC

ANEXO 1

REGISTRO FOTOGRAFICO TOMA DE VOLUMENES DE TRÁNSITO

Vía Paramo- Socorro 21/08/2020

Vía Paramo- Socorro 28/08/2020

ANEXO 2
AFOROS REALIZADOS

	VOLUMEN VEHICULAR 16/08/2020								
	VOLÚMENES JORNADA MAÑANA								
	PERIODO	**SENTIDO**	**AUTOS**	**BICICLETAS**	**MOTOS**	**BUSES**	**C2P**	**C2G**	**total**
mañana	7:30-7:45	PS	1	0	2	0	0	0	3
		SP	0	0	0	0	0	1	1
	7:45-8:00	PS	0	0	0	0	0	1	1
		SP	0	0	0	0	0	0	0
	8:00-8:15	PS	0	0	3	0	0	0	3
		SP	0	0	0	0	0	0	0
	8:15-8:30	PS	2	0	2	0	0	0	4
		SP	0	0	0	0	0	0	0
	8:30-8:45	PS	0	0	1	0	0	0	1
		SP	2	0	0	0	0	0	2
	8:45-9:00	PS	1	0	3	0	0	0	4
		SP	0	0	0	0	0	2	2
	9:00-9:15	PS	1	0	0	0	0	0	1
		SP	0	0	2	0	0	0	2
	9:15-9:30	PS	0	0	2	0	0	0	2
		SP	2	0	0	0	0	0	2
	VOLÚMENES JORNADA MEDIO DÍA								
	PERIODO	**SENTIDO**	**AUTOS**	**BICICLETAS**	**MOTOS**	**BUSES**	**C2P**	**C2G**	**total**
medio dia	11:30-11:45	PS	2	0	1	0	0	0	3
		SP	2	0	2	0	0	0	4
	11:45-12:00	PS	1	0	2	0	0	0	3
		SP	0	0	1	0	1	0	2
	12:00-12:15	PS	1	0	3	0	0	0	4
		SP	1	0	1	0	0	0	2
	12:15-12:30	PS	0	0	2	0	0	0	2
		SP	2	0	0	0	0	0	2
	12:30-12:45	PS	2	0	3	0	0	0	5
		SP	1	0	2	0	0	0	3
	12:45-13:00	PS	3	0	2	0	0	0	5
		SP	0	0	0	0	0	0	0
	13:00-13:15	PS	3	0	3	0	0	0	6
		SP	2	0	2	0	0	0	4
	13:15-13:30	PS	0	0	2	0	0	2	4
		SP	1	0	1	0	0	0	2

	VOLÚMENES JORNADA TARDE								
	PERIODO	**SENTIDO**	**AUTOS**	**BICICLETAS**	**MOTOS**	**BUSES**	**C2P**	**C2G**	**total**
tarde	16:30-16:45	PS	2	0	2	0	0	0	4
		SP	1	0	1	0	1	0	3
	16:45-17:00	PS	3	0	2	0	0	0	5
		SP	0	0	3	0	0	0	3
	17:00-17:15	PS	1	0	0	0	0	0	1
		SP	2	0	2	0	0	1	5
	17:15-17:30	PS	1	0	1	0	0	0	2
		SP	3	0	2	0	0	0	5
	17:30-17:45	PS	2	0	2	0	0	0	4
		SP	0	0	0	0	0	0	0
	17:45-18:00	PS	1	0	3	0	0	0	4
		SP	1	0	0	0	0	0	1
	18:00-18:15	PS	0	0	1	0	0	0	1
		SP	3	0	0	0	0	0	3
	18:15-18:30	PS	0	0	0	0	0	0	0
		SP	2	0	0	0	0	0	2
TOTAL									122

	VOLUMEN VEHICULAR DÍA 20/08/2020								
	VOLÚMENES JORNADA MAÑANA								
	PERIODO	**SENTIDO**	**AUTOS**	**BICICLETAS**	**MOTOS**	**BUSES**	**C2P**	**C2G**	**total**
mañana	7:30-7:45	PS	1	0	0	0	0	0	1
		SP	0	0	2	0	0	0	2
	7:45-8:00	PS	2	0	0	0	0	0	2
		SP	0	0	3	0	0	0	3
	8:00-8:15	PS	3	0	0	0	0	0	3
		SP	1	0	0	0	0	0	1
	8:15-8:30	PS	2	0	3	0	0	0	5
		SP	1	0	2	0	0	0	3
	8:30-8:45	PS	0	0	1	0	0	0	1
		SP	1	0	1	0	0	0	2
	8:45-9:00	PS	2	0	1	0	0	0	3
		SP	2	0	2	0	0	0	4
	9:00-9:15	PS	0	0	0	0	0	0	0
		SP	1	0	0	0	0	0	1
	9:15-9:30	PS	2	0	2	0	0	0	4
		SP	1	0	0	0	0	0	1
	VOLÚMENES JORNADA MEDIO DÍA								
	PERIODO	**SENTIDO**	**AUTOS**	**BICICLETAS**	**MOTOS**	**BUSES**	**C2P**	**C2G**	**total**
medio dia	11:30-11:45	PS	2	0	1	0	0	1	4
		SP	1	0	0	0	0	0	1
	11:45-12:00	PS	0	0	0	0	0	0	0
		SP	0	0	3	0	0	0	3
	12:00-12:15	PS	2	0	0	0	0	0	2
		SP	1	0	1	0	0	0	2
	12:15-12:30	PS	0	0	2	0	0	0	2
		SP	1	0	0	0	0	0	1
	12:30-12:45	PS	0	0	2	0	1	0	3
		SP	2	0	1	0	0	0	3
	12:45-13:00	PS	0	0	0	0	0	0	0
		SP	1	0	0	0	0	0	1
	13:00-13:15	PS	0	0	0	0	0	0	0
		SP	2	0	1	0	0	0	3
	13:15-13:30	PS	2	0	3	0	0	0	5
		SP	0	0	0	0	0	1	1

	VOLÚMENES JORNADA TARDE								
	PERIODO	**SENTIDO**	**AUTOS**	**BICICLETAS**	**MOTOS**	**BUSES**	**C2P**	**C2G**	**total**
tarde	16:30-16:45	PS	0	0	0	0	0	0	0
		SP	1	0	2	0	0	0	3
	16:45-17:00	PS	0	0	3	0	0	0	3
		SP	2	0	0	0	0	0	2
	17:00-17:15	PS	1	0	1	0	0	0	2
		SP	1	0	3	0	0	0	4
	17:15-17:30	PS	3	0	1	0	0	0	4
		SP	0	0	2	0	0	0	2
	17:30-17:45	PS	0	0	2	0	0	0	2
		SP	2	0	1	0	0	0	3
	17:45-18:00	PS	0	0	0	0	0	0	0
		SP	2	0	0	0	0	0	2
	18:00-18:15	PS	0	0	2	0	0	0	2
		SP	0	0	0	0	0	0	0
	18:15-18:30	PS	2	0	3	0	0	0	5
		SP	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL									101

	VOLUMEN VEHICULAR 21/08/2020								
	VOLÚMENES JORNADA MAÑANA								
	PERIODO	**SENTIDO**	**AUTOS**	**BICICLETAS**	**MOTOS**	**BUSES**	**C2P**	**C2G**	**total**
mañana	7:30-7:45	PS	0	0	0	0	0	0	0
		SP	1	0	0	0	0	0	1
	7:45-8:00	PS	1	0	0	0	0	0	1
		SP	2	0	1		0	0	3
	8:00-8:15	PS	0	0	0	0	0	0	0
		SP	1	0	0	0	0	0	1
	8:15-8:30	PS	0	0	0	0	0	0	0
		SP	1	0	1	0	0	0	2
	8:30-8:45	PS	0	0	0	0	0	0	0
		SP	0	0	0	0	0	0	0
	8:45-9:00	PS	0	0	1	0	0	0	1
		SP	0	0	2	0	0	0	2
	9:00-9:15	PS	0	0	0	0	0	0	0
		SP	2	0	0	0	0	0	2
	9:15-9:30	PS	0	0	0	0	0	0	0
		SP	0	0	2	0	0	0	2
	VOLÚMENES JORNADA MEDIO DÍA								
	PERIODO	**SENTIDO**	**AUTOS**	**BICICLETAS**	**MOTOS**	**BUSES**	**C2P**	**C2G**	**total**
medio dia	11:30-11:45	PS	0	0	0	0	0	0	0
		SP	0	0	0	0	0	0	0
	11:45-12:00	PS	1	0	1	0	0	0	2
		SP	0	0	0	0	0	0	0
	12:00-12:15	PS	0	0	0	0	0	0	0
		SP	2	0	0	0	0	0	2
	12:15-12:30	PS	1	0	1	0	0	0	2
		SP	2	0	0	0	0	0	2
	12:30-12:45	PS	0	0	0	0	0	0	0
		SP	0	0	2	0	0	0	2
	12:45-13:00	PS	0	0	0	0	0	0	0
		SP	0	0	2	0	0	0	2
	13:00-13:15	PS	0	0	0	0	0	0	0
		SP	0	0	0	0	0	0	0
	13:15-13:30	PS	0	0	0	0	0	0	0
		SP	1	0	1	0	0	0	2

	VOLÚMENES JORNADA TARDE								
	PERIODO	**SENTIDO**	**AUTOS**	**BICICLETAS**	**MOTOS**	**BUSES**	**C2P**	**C2G**	**total**
tarde	16:30-16:45	PS	0	0	0	0	0	0	0
		SP	2	0	0	0	0	0	2
	16:45-17:00	PS	0	0	0	0	0	0	0
		SP	0	0	2	0	0	0	2
	17:00-17:15	PS	0	0	0	0	0	0	0
		SP	1	0	0	0	0	0	1
	17:15-17:30	PS	0	0	0	0	0	0	0
		SP	1	0	1	0	0	0	2
	17:30-17:45	PS	0	0	0	0	0	0	0
		SP	1	0	1	0	0	0	2
	17:45-18:00	PS	2	0	0	0	0	0	2
		SP	0	0	0	0	0	0	0
	18:00-18:15	PS	0	0	2	0	0	0	2
		SP	0	0	0	0	0	0	0
	18:15-18:30	PS	0	0	0	0	0	0	0
		SP	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL									42