

ESTUDIO DE TRÁNSITO, CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO
PROYECTO: "MEJORAMIENTO EN PAVIMENTO RÍGIDO DE LA CARRERA 16 ENTRE CALLE 5 Y CALLE 5A EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SINCÉ, SUCRE"

PROYECTO:

"MEJORAMIENTO EN PAVIMENTO RÍGIDO DE LA CARRERA 16 ENTRE CALLE 5 Y CALLE 5A EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SINCÉ, SUCRE"

DOCUMENTO:

ESTUDIO DE TRÁNSITO, CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO

PROFESIONAL RESPONSABLE:

ANDREA CAMILA CABALLERO HERNÁNDEZ
INGENIERA CIVIL

Máster en Construcción, Mantenimiento y Explotación de Carreteras
MP N° 081037 - 0565804 COR

PRESENTADO A:

ALCALDÍA DE SINCÉ

VERSIÓN	FECHA
01	FEBRERO DE 2025



ESTUDIO DE TRÁNSITO, CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO
PROYECTO: "MEJORAMIENTO EN PAVIMENTO RÍGIDO DE LA CARRERA 16 ENTRE CALLE 5 Y CALLE 5A EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SINCÉ, SUCRE"

CONTENIDO

1. GLOSARIO	6
2. INTRODUCCIÓN	8
3. OBJETIVOS	9
3.1 OBJETIVO GENERAL	9
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
4. LOCALIZACIÓN	10
5. INFORMACIÓN SECUNDARIA	12
6. ESTUDIOS DE CAMPO	13
6.1 DEFINICIÓN DE AFORO VEHICULAR	13
6.2 PROCEDIMIENTO DEL AFORO VEHICULAR	14
6.3 INFORMACIÓN ESPECÍFICA DEL CONTEO	14
7. MODELOS Y PROYECCIONES	17
7.1 CARACTERÍSTICAS DE LA MEZCLA DE TRÁNSITO	17
7.2 COMPOSICIÓN VEHICULAR	18
8. TRÁNSITO DE DISEÑO (PAVIMENTOS RÍGIDOS, MÉTODO PORTLAND CEMENT ASSOCIATION PCA-84)	19
8.1 FACTOR DE DISTRIBUCIÓN POR CARRIL (FDC)	19
8.2 PERIODO DE DISEÑO ESTRUCTURAL (PDE)	20
8.3 FACTOR DE DISTRIBUCIÓN DIRECCIONAL (FDD)	20
8.4 FACTOR DE PROYECCIÓN (FP)	21
PESO VEHICULAR Y PESO POR EJE	21
8.5 FACTOR DAÑO (FD)	22
8.6 REPETICIONES ESPERADAS (RE)	24
8.7 COMPONENTE DE TRÁNSITO ATRAÍDO	27
8.8 COMPONENTE DE TRÁNSITO GENERADO	29
9. CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO	30
CAPACIDAD	30
NIVEL DE SERVICIO Y PARÁMETROS QUE LO DESCRIBEN	31
Nivel de Servicio A	31
Nivel de Servicio B	31



ESTUDIO DE TRÁNSITO, CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO
PROYECTO: "MEJORAMIENTO EN PAVIMENTO RÍGIDO DE LA CARRERA 16 ENTRE CALLE 5 Y CALLE 5A EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SINCÉ, SUCRE"

Nivel de Servicio C	32
Nivel de Servicio D.....	32
Nivel de Servicio E	32
Nivel de Servicio F.....	32
CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO.....	33
VARIABLES RELATIVAS A LA VÍA.....	33
I. ANCHO DE CARRIL Y ANCHO DE BERMA	33
II. TIPO DE TERRENO.....	33
III. PORCENTAJE DE ZONAS DE NO REBASE	33
IV. PUENTES	34
VARIABLES RELATIVAS AL TRÁNSITO.....	34
9.1 MÉTODO PARA EL CÁLCULO DE LA CAPACIDAD	35
DESCRIPCIÓN DE LOS FACTORES DE AJUSTE	35
APLICACIÓN DE LOS FACTORES DE CORRECCIÓN	36
9.2 MÉTODO PARA EL CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO	37
INDICADOR DE EFECTIVIDAD	37
DESCRIPCIÓN DE LOS FACTORES DE AJUSTE	37
APLICACIÓN DE LOS FACTORES DE CORRECCIÓN	40
9.3 DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO	41
Cálculo de la capacidad.....	42
Determinación del nivel de servicio.....	47
10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	53
11. ANEXOS.....	58

TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1.Imagen satelital del municipio.....	11
Ilustración 2.Localización del tramo de vía a intervenir en el casco urbano de Sincé – Sucre.	12
Ilustración 3.Estado actual del tramo	12
Ilustración 4.Estacion de aforo	15
Ilustración 5.Formato de evaluación de aforos vehiculares	16



ESTUDIO DE TRÁNSITO, CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO

PROYECTO: "MEJORAMIENTO EN PAVIMENTO RÍGIDO DE LA CARRERA 16 ENTRE CALLE 5 Y CALLE 5A EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SINCÉ, SUCRE"

Ilustración 6. Resultados obtenidos por día en las estaciones de aforo.....	17
Ilustración 7. Diagrama de barras resumen del conteo vehicular por día.....	18
Ilustración 8. Diagrama de torta de la composición vehicular.....	18
Ilustración 9. Vehículos transitando por la vía	19
Ilustración 10. Representación esquemática de los vehículos de transporte de carga más comunes en el país (fuentes: Resolución 4100 de 2004 modificada – Resolución 1782 de 2009). Tomado de: Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito; página 43... 21	
Ilustración 11. Esquematación de los diferentes tipos de ejes y su carga máxima (fuente: 4100 de 2004 modificada – Resolución 1782 de 2009 – Ministerio de Transporte). Tomado de: Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito; página 44.	22

Índice de tablas

Tabla 1. Geoposicionamiento del tramo en estudio	12
Tabla 2. Características del tramo vial.....	13
Tabla 3. Posicionamiento de la estación de aforo	15
Tabla 4. Factor de distribución por carril.....	20
Tabla 5. Factor de proyección, tasa de crecimiento	21
Tabla 6. Factor Daño.	24
Tabla 7. Factor Camión para Camiones.....	25
Tabla 8. Factor camión de Buses.....	25
Tabla 9. Factor Camión Total.....	25
Tabla 10. Cálculo del tránsito equivalente y total.....	26
Tabla 11. Cálculo de espectro de cargas.	26
Tabla 12. Tránsito total acumulado para el periodo de diseño.	27
Tabla 13. Porcentaje de tránsito generado como función del tránsito normal (Tabla 2.16)	29
Tabla 14. Categorías de tránsito para la selección de espesores.	30
Tabla 15. Factores de corrección a la capacidad por pendiente (Fpe).	42
Tabla 16. Factores de corrección a la capacidad por distribución por sentidos (Fd)*.	43
Tabla 17. Tipo de terreno según la pendiente promedio	43
Tabla 18. % de zonas de rebase según el tipo de terreno	43
Tabla 19. Factores de corrección a la capacidad por efecto combinado del ancho de carril y berma (Fcb)*.....	43
Tabla 20. Equivalentes camión Ec.	45
Tabla 21. Factores de pico horario basados en periodos de cinco minutos suponiendo llegadas de vehículos aleatorias (FPH)*.....	46
Tabla 22. Velocidad media ideal de automóviles a flujo libre en pendientes ascendentes (V1).	47



ESTUDIO DE TRÁNSITO, CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO

PROYECTO: "MEJORAMIENTO EN PAVIMENTO RÍGIDO DE LA CARRERA 16 ENTRE CALLE 5 Y CALLE 5A EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SINCÉ, SUCRE"

Tabla 23. Factores de corrección al Nivel de Servicio por el efecto de la utilización de la capacidad (fu).....	48
Tabla 24. Factores de corrección al Nivel de Servicio por efecto combinado del ancho de carril y berma (fcb).	49
Tabla 25. Equivalentes camión para corrección al Nivel de Servicio por la presencia de vehículos pesados en pendientes ascendentes (Fp).	50
Tabla 26. Factor de corrección al Nivel de Servicio por efecto de la tortuosidad (FT).....	51
Tabla 27. Definición de Nivel de Servicio con base en la relación entre VM / Vi * 100.....	51



ESTUDIO DE TRÁNSITO, CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO
PROYECTO: "MEJORAMIENTO EN PAVIMENTO RÍGIDO DE LA CARRERA 16 ENTRE CALLE 5 Y CALLE 5A EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SINCÉ, SUCRE"

1. GLOSARIO

Para el estudio del tránsito como variable directa del Diseño Estructural del Pavimento, se requiere de la precisión en los conceptos que se relacionan a continuación:

- **Camión:** Vehículo automotor que por su tamaño y designación se usa para transportar carga. Tiene un peso bruto vehicular superior a cinco toneladas y puede jalar un remolque.
- **Camioneta:** Vehículos automotor que por su tamaño y designación se usa para transportar carga. Tiene un peso bruto vehiculara hasta de cinco toneladas.
- **Capacidad:** Es el número máximo de vehículos que puede circular por una u otra durante un periodo máximo de tiempo determinado sin que se presenten demoras ni restricciones en la libertad de movimiento de los vehículos.
- **Carril de diseño:** Carril por el cual se espera la circulación de mayor número de cargas de diseño durante el periodo de diseño.
- **Eje de un vehículo:** sistema que transmite el peso de un vehículo, conformado por un conjunto de llantas que giran alrededor de una línea de rotación.
- **Eje retráctil:** eje cuya línea de rotación puede transmitir parte de la carga del vehículo a la superficie de la vía o aislarse de ella mediante dispositivos hidráulicos, neumáticos o mecánicos.
- **Eje Sencillo:** Es un eje cuyos extremos lleva una o dos ruedas, denominándose ejes simples de rueda simple si cuentan con una llanta en su extremo, normalmente corresponden a los ejes direccionales y solo en el caso de los automóviles y las microbusetas se encuentran ubicados en los ejes traseros, mientras que los que llevan dos llantas en cada extremo se denominaran ejes sencillo rueda doble ubicado en el eje trasero de vehículos tipo buses y camiones tipo C2.
- **Eje Tándem:** eje conformado por dos líneas de rotación, dotado de una suspensión que permite la compensación de cargas. Compuesto por ocho llantas dispuestas en dos ejes con dos neumáticos en cada extremo.



ESTUDIO DE TRÁNSITO, CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO

PROYECTO: "MEJORAMIENTO EN PAVIMENTO RÍGIDO DE LA CARRERA 16 ENTRE CALLE 5 Y CALLE 5A EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SINCÉ, SUCRE"

- **Eje Trídem:** eje conformado por tres líneas de rotación, dotado de una suspensión que permite la compensación de cargas. Compuesto por doce llantas dispuestas en tres ejes con dos neumáticos en cada extremo.
- **Mezcla de Tránsito:** El efecto que producen los vehículos sobre un pavimento es muy complejo de evaluar, debido a que el tránsito es muy mezclado: diferentes tipos de vehículos, diferentes configuraciones de ejes, diferente velocidad vehicular y diferentes presiones de contacto neumático-pavimento.
- **Nivel de Servicio:** Es una medida de calidad del flujo de tránsito por la vía. Se cuantifica con una serie de factores tales como la velocidad, el tiempo de recorrido, las interrupciones del tránsito, la libertad de manejo, la seguridad y los costos de operación.
- **Período de diseño:** Lapso que transcurre desde que un pavimento se da al servicio hasta que alcanza su índice de servicio terminal.
- **Peso bruto vehicular (PBV):** peso de un vehículo en condiciones de marcha más el máximo de carga que puede transportar.
- **Remolque:** Vehículo no motorizado halado por una unidad tractora, la cual no le transmite peso verticalmente.
- **Tracto camión:** Vehículo automotor destinado a jalar un semirremolque, equipado con acople adecuado para tal fin.
- **Transito Atraído:** Es el que utilizará el proyecto, por las ventajas o beneficios que ofrece como ruta alterna, de los usuarios que actualmente hacen uso de otra infraestructura.
- **Transito Generado:** Es el que se origina por el proyecto mismo, debido a mejores condiciones de oferta y que resulta como consecuencia del desarrollo económico y social de la nueva zona de influencia.
- **Transito Inducido:** Corresponde a la suma del tránsito atraído y generado.
- **Transito Normal o Existente:** Es el que se produce en la zona de influencia del proyecto como consecuencia de la evolución previsible de sus parámetros característicos.



ESTUDIO DE TRÁNSITO, CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO

PROYECTO: "MEJORAMIENTO EN PAVIMENTO RÍGIDO DE LA CARRERA 16 ENTRE CALLE 5 Y CALLE 5A EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SINCÉ, SUCRE"

- **Transito Promedio Diario:** Volumen de tránsito durante un período de tiempo, dividido por el número de días del período. Abreviadamente se denota como TPD, según el periodo utilizado para medir el volumen de tránsito, el TPD puede ser anual, mensual o semanal, denominándose TPDA, TPDM, y TPDS, respectivamente.
- **Vehículos Comerciales:** Vehículo que cuenta con dos o más tipos de ejes, los cuales tienen más de cinco toneladas de capacidad. Ej: camiones, Buses, Remolques, etc.
- **Vehículos Livianos:** Vehículo de dos ejes simples con sistema de rueda simple (eje delantero y trasero), los cuales tienen menos de cinco toneladas de capacidad. Ej: Automóviles, Camionetas, Camperos, Microbusetas, etc.
- **Volumen de Tránsito:** Número de vehículos que pasan por un punto o sección dados, de un carril o una calzada, en un periodo específico de tiempo. Este puede ser horario, diario, semanal, mensual o anual.

2. INTRODUCCIÓN

Con el objetivo de mejorar la infraestructura vial y la movilidad de los actores viales en el municipio de Sincé, se ejecuta el proyecto "**MEJORAMIENTO EN PAVIMENTO RÍGIDO DE LA CARRERA 16 ENTRE CALLE 5 Y CALLE 5A EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SINCÉ, SUCRE**", el cual pretende mejorar las condiciones de transporte y movilidad en este municipio, lo que implica la planeación y ejecución de estudios de la ingeniería de detalle que permitan establecer los diferentes parámetros a tener en cuenta, en este documento se abordará la determinación del tránsito para el posterior diseño de la estructura de pavimento.



ESTUDIO DE TRÁNSITO, CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO
PROYECTO: "MEJORAMIENTO EN PAVIMENTO RÍGIDO DE LA CARRERA 16 ENTRE
CALLE 5 Y CALLE 5A EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SINCÉ, SUCRE"

A continuación, se presenta el estudio de tránsito para el tramo de vía a intervenir en el municipio de Sincé, estableciendo los parámetros necesarios para la cuantificación del número y el peso de los ejes de los diferentes vehículos como elementos indispensables para el diseño de la estructura de pavimento, para ello resulta necesario determinar las condiciones de tránsito existente en un flujo bidireccional con transporte de carga y de pasajeros, así como la estimación de los tránsitos atraídos, generados e inducidos por la ejecución misma del proyecto.

Se realizará el levantamiento de información de campo a través del mecanismo de aforo o conteo vehicular con el fin de determinar el Tránsito Promedio Diario (TPD) existente, desarrollado en condiciones de circulación normal no influenciados por la realización de actividades religiosas, culturales o comerciales.

Como parte del proceso de estimación del tránsito se tendrán en cuenta las recomendaciones establecidas en el **"MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS DE CONCRETO PARA VÍAS CON BAJOS, MEDIOS Y ALTOS VOLÚMENES DE TRÁNSITO"** y el **"MANUAL DE CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO PARA CARRETERAS DE DOS CARRILES -TERCERA VERSIÓN"**.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar un análisis integral de las condiciones de tráfico, capacidad vial y requerimientos de diseño para la construcción de 1 tramo de vía en pavimento rígido en el casco urbano del municipio de Sincé, Sucre.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS



ESTUDIO DE TRÁNSITO, CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO

PROYECTO: "MEJORAMIENTO EN PAVIMENTO RÍGIDO DE LA CARRERA 16 ENTRE CALLE 5 Y CALLE 5A EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SINCÉ, SUCRE"

- Evaluar el volumen y patrón de tráfico actual en el área de estudio.
- Determinar la capacidad de las vías existentes y futura, considerando el tráfico actual y proyectado.
- Estudiar la distribución modal actual y proyectada, considerando vehículos particulares, transporte público y camiones.

4. LOCALIZACIÓN

San Luis de Sincé es un municipio colombiano ubicado en la subregión de La Sabana del departamento de Sucre, a 30 km al sureste de Sincelejo. Tiene una temperatura media de 30 °C y sus principales actividades económicas son la agricultura, la ganadería y el comercio.

Los límites son los siguientes:

- Norte: con los municipios de San Pedro, Los Palmitos y San Juan de Betulia.
- Sur: con los municipios de San Benito Abad y Galeras.
- Oriente: con el municipio de Buenavista.
- Occidente: con los municipios del El Roble y Corozal.



ESTUDIO DE TRÁNSITO, CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO

PROYECTO: "MEJORAMIENTO EN PAVIMENTO RÍGIDO DE LA CARRERA 16 ENTRE CALLE 5 Y CALLE 5A EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SINCÉ, SUCRE"

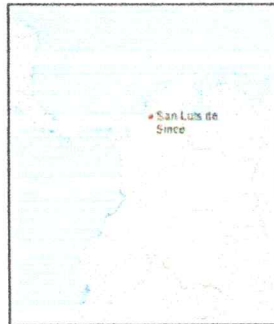
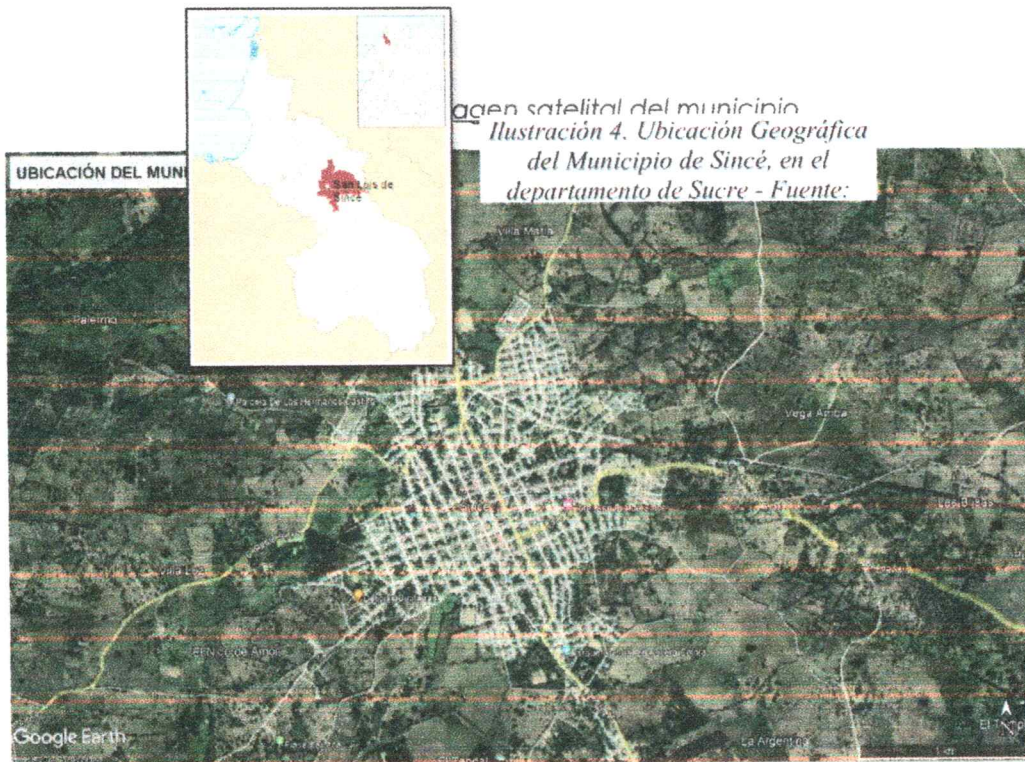


Ilustración 3. Ubicación Geográfica del Municipio de Sincé, en Colombia - Fuente: Wikipedia

11



ESTUDIO DE TRÁNSITO, CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO
PROYECTO: "MEJORAMIENTO EN PAVIMENTO RÍGIDO DE LA CARRERA 16 ENTRE CALLE 5 Y CALLE 5A EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SINCÉ, SUCRE"

Ilustración 2. Localización del tramo de vía a intervenir en el casco urbano de Sincé – Sucre.



La vía en estudio tiene una longitud total de 142 metros, comprendidos en las siguientes abscisas:

Tabla 1. Geoposicionamiento del tramo en estudio

"MEJORAMIENTO EN PAVIMENTO RÍGIDO DE LA CARRERA 16 ENTRE CALLE 5 Y CALLE 5A EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SINCÉ, SUCRE"									
MUNICIPIO DE SINCÉ, SUCRE									
GEOPOSICIONAMIENTO TRAMOS A INTERVENIR									
TRAMO	Ubicación	Referencia	Abscisas	Distancia(m)	Alternativa	Coordenadas Gauss Kruger		Coordenadas Elipsoidales	
						Norte	Este	Latitud	Longitud
I	CARRERA 16 ENTRE CALLE 5 Y CALLE 5A	Inicio	0+000	142.00	Pavimento Rígido	1514078.541	883004.577	9°14'55.12"N	75°8'31.82"O
		Fin	0+142			1513938.121	883027.988	9°14'30.55"N	75°8'31.04"O
				142.00					

5. INFORMACIÓN SECUNDARIA

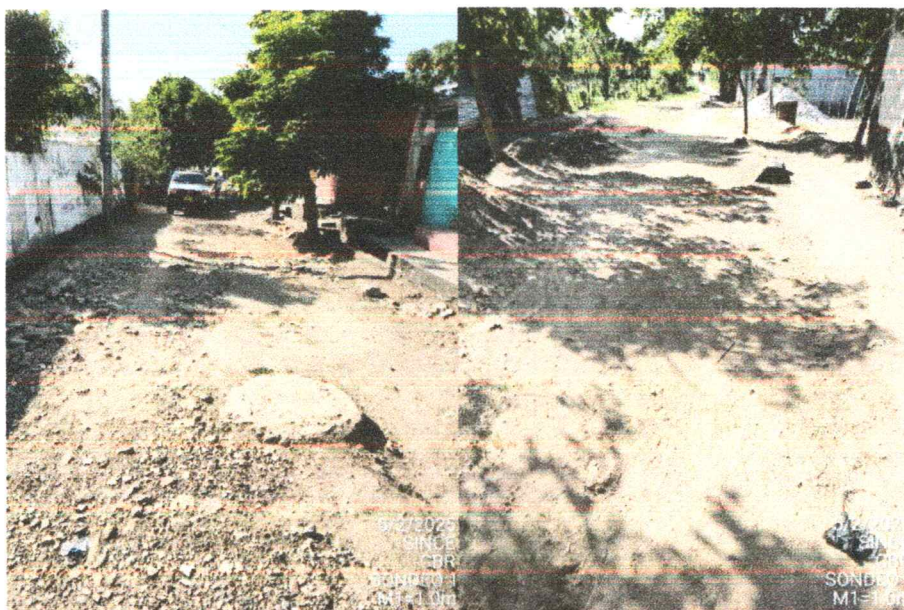
El tramo vial correspondiente al proyecto en mención es de tipo urbano con una longitud de aproximadamente 142 metros, en un alto grado de deterioro.

Ilustración 3. Estado actual del tramo

TRAMO



ESTUDIO DE TRÁNSITO, CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO
PROYECTO: "MEJORAMIENTO EN PAVIMENTO RÍGIDO DE LA CARRERA 16 ENTRE CALLE 5 Y CALLE 5A EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SINCÉ, SUCRE"



13

Tabla 2. Características del tramo vial

PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN
Clasificación de la vía	Vía urbana
Clasificación de las vías según sus características	Vía en dos direcciones
Longitud a intervenir	142 metros

Fuente: Elaboración Propia

6. ESTUDIOS DE CAMPO

6.1 DEFINICIÓN DE AFORO VEHICULAR

El aforo vehicular es un término utilizado en el campo del tránsito y transporte para referirse a la medición y registro de la cantidad de vehículos que pasan por una ubicación específica de una vía durante un período determinado de tiempo. Esta medición se realiza con el objetivo de comprender el flujo de tráfico en una determinada carretera, calle, intersección u otro punto de observación.



ESTUDIO DE TRÁNSITO, CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO
PROYECTO: "MEJORAMIENTO EN PAVIMENTO RÍGIDO DE LA CARRERA 16 ENTRE CALLE 5 Y CALLE 5A EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SINCÉ, SUCRE"

6.2 PROCEDIMIENTO DEL AFORO VEHICULAR

Para cuantificar los volúmenes de tránsito existente, se procede a aplicar los procedimientos establecidos en la Ingeniería de Tránsito para la recolección de información primaria a través de la determinación del Tránsito Promedio Diario en donde se identifiquen claramente el número, tipo y peso de los ejes de los vehículos.

El aforo fue realizado en el Mes de febrero de 2025 en las fechas establecidas en los formatos de levantamiento de información de campo, durante un periodo de (7) siete días durante 12 horas continuas de conteo manual y visual de los vehículos, la labor iniciaba a las 6 de la mañana hasta las 6 de la tarde identificando los tipos vehículos de acuerdo a la clasificación definida por el Ministerio de Transporte.

La mecánica de este método es simple; consiste en que el personal registre y almacene la información del flujo de tránsito en un formulario especial (previamente establecido con la clasificación vehicular correspondiente). Este formulario puede ser en papel (hoja de conteo) o una tableta electrónica que cuente con una aplicación para la captura de datos, para así minimizar errores de procesamiento.

Los volúmenes vehiculares fueron registrados en formatos específicos que relacionan la siguiente información:

- Nombre del aforador: Datos del personal, pues durante la toma de información se pueden presentar inconvenientes.
- Fecha de la toma de información en campo: Se indican las fechas en las cuales se registraron los volúmenes vehiculares, de tal manera que se pueda verificar la continuidad en la toma de datos.
- Ubicación de los puntos de aforo: A partir de la dinámica de la red, evaluar puntos estratégicos para la toma de información primaria.
- Periodos de cada 15 minutos: Teniendo en cuenta la variación del flujo vehicular horario durante el día, se registrarán los volúmenes vehiculares en periodos de cada 15 minutos durante 12 horas continuas.
- Tipología de vehículos: La caracterización del tránsito motorizado según su tipología.
- Intervalos de conteo sugeridos: 6 AM – 6 PM.

6.3 INFORMACIÓN ESPECÍFICA DEL CONTEO

Para lograr el objetivo y teniendo en cuenta las características de la zona del proyecto, se estableció que para analizar integralmente el comportamiento



ESTUDIO DE TRÁNSITO, CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO

PROYECTO: "MEJORAMIENTO EN PAVIMENTO RÍGIDO DE LA CARRERA 16 ENTRE CALLE 5 Y CALLE 5A EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SINCÉ, SUCRE"

general del tráfico era necesario la ubicación de 2 estaciones de aforo para que alcanzara a cobijar toda la magnitud del proyecto, teniendo en cuenta el comportamiento del flujo vehicular en las visitas previas.

Ilustración 4. Estacion de aforo



Fuente: Google Earth, elaboración propia.

Tabla 3. Posicionamiento de la estación de aforo

Ubicación	Barrio	Calles
Estación	CARRERA 16	CARRERA 16 ENTRE CALLE 5 Y CALLE 5A
NOTA	La estación se ubica en puntos estratégicos para cubrir la zona determinada	

Fuente: elaboración propia

Para el levantamiento de la información de campo se realizó el conteo en períodos de 15 minutos, de tal forma que permita determinar las tendencias de concentración del flujo vehicular y la categorización de vehículos.



ESTUDIO DE TRÁNSITO, CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO
PROYECTO: "MEJORAMIENTO EN PAVIMENTO RÍGIDO DE LA CARRERA 16 ENTRE CALLE 5 Y CALLE 5A EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SINCÉ, SUCRE"

Ilustración 5. Formato de evaluación de aforos vehiculares

PROYECTO								
FECHA		ESTACION DE AFORO						
AFORADOR								
ICONO								
HORA INICIO	HORA FIN	MOV.	AUTOMOVILES/ CAMIONETAS	C2-P	C2-G	C3	C5	BUSES
6:00	6:15							
6:15	6:30							
6:30	6:45							
6:45	7:00							
7:00	7:15							
7:15	7:30							
7:30	7:45							
7:45	8:00							
8:00	8:15							
8:15	8:30							
8:30	8:45							
8:45	9:00							
9:00	9:15							
9:15	9:30							
9:30	9:45							
9:45	10:00							
10:00	10:15							
10:15	10:30							
10:30	10:45							
10:45	11:00							
11:00	11:15							
11:15	11:30							
11:30	11:45							
11:45	12:00							
12:00	12:15							
12:15	12:30							
12:30	12:45							
12:45	13:00							
13:00	13:15							
13:15	13:30							
13:30	13:45							
13:45	14:00							
14:00	14:15							
14:15	14:30							
14:30	14:45							
14:45	15:00							
15:00	15:15							
15:15	15:30							
15:30	15:45							
15:45	16:00							
16:00	16:15							
16:15	16:30							
16:30	16:45							
16:45	17:00							
17:00	17:15							
17:15	17:30							
17:30	17:45							
17:45	18:00							
TOTAL								

Para continuar con el estudio de tránsito se requiere conocer el tránsito promedio diario.



ESTUDIO DE TRÁNSITO, CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO
PROYECTO: "MEJORAMIENTO EN PAVIMENTO RÍGIDO DE LA CARRERA 16 ENTRE CALLE 5 Y CALLE 5A EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SINCÉ, SUCRE"

A continuación, se presenta un resumen de cada aforo.

Ilustración 6. Resultados obtenidos por día en las estaciones de aforo

VOLUMENES VEHICULARES						
"MEJORAMIENTO EN PAVIMENTO RÍGIDO DE LA CARRERA 16 ENTRE CALLE 5 Y CALLE 5A EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SINCÉ, SUCRE"						
ESTACIÓN DE AFORO -CARRERA 16 ENTRE CALLE 5 Y CALLE 5A						
DÍA	AUTOS / CAMIONETAS	C-2P	C-2G	C3	C3-S2	BUSES
lunes, 3 de febrero de 2025	5	2	1	0	0	0
martes, 4 de febrero de 2025	7	0	0	0	0	0
miércoles, 5 de febrero de 2025	4	1	2	0	0	0
jueves, 6 de febrero de 2025	8	0	1	0	0	0
viernes, 7 de febrero de 2025	7	3	3	0	0	0
sábado, 8 de febrero de 2025	9	1	1	0	0	0
domingo, 9 de febrero de 2025	5	0	0	0	0	0
SUMA	45	7	8	0	0	0
PROMEDIO INDIVIDUAL	6	1	1	0	0	0
DESVIACIÓN ESTANDAR	2	2	2	0	0	0
PROMEDIO + D.ESTANDAR	8	3	3	0	0	0
TPD	14					
PORCENTAJE	57%	21%	21%	0%	0%	0%
PORCENTAJE DE VEHICULOS	AUTOS / CAMIONETAS	C-2P	C-2G	C3	C5	BUSES
	57%	21%	21%	0%	0%	0%

RESUMEN		
ID	ZONA	TPD
1	1	14

Fuente: elaboración propia

El análisis de los datos de tránsito ha demostrado que la Estación presenta un tránsito promedio diario (TPD) de 14.

7. MODELOS Y PROYECCIONES

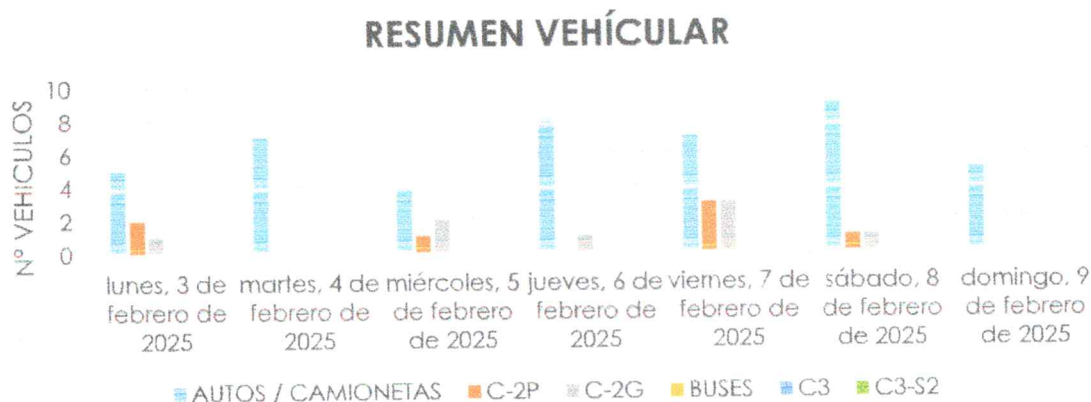
7.1 CARACTERÍSTICAS DE LA MEZCLA DE TRÁNSITO

Con base al conteo realizado se estima que la mezcla de tránsito existente se encuentra constituido por vehículos de tipo liviano, camiones y buses.



ESTUDIO DE TRÁNSITO, CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO
PROYECTO: "MEJORAMIENTO EN PAVIMENTO RÍGIDO DE LA CARRERA 16 ENTRE CALLE 5 Y CALLE 5A EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SINCÉ, SUCRE"

Ilustración 7. Diagrama de barras resumen del conteo vehicular por día



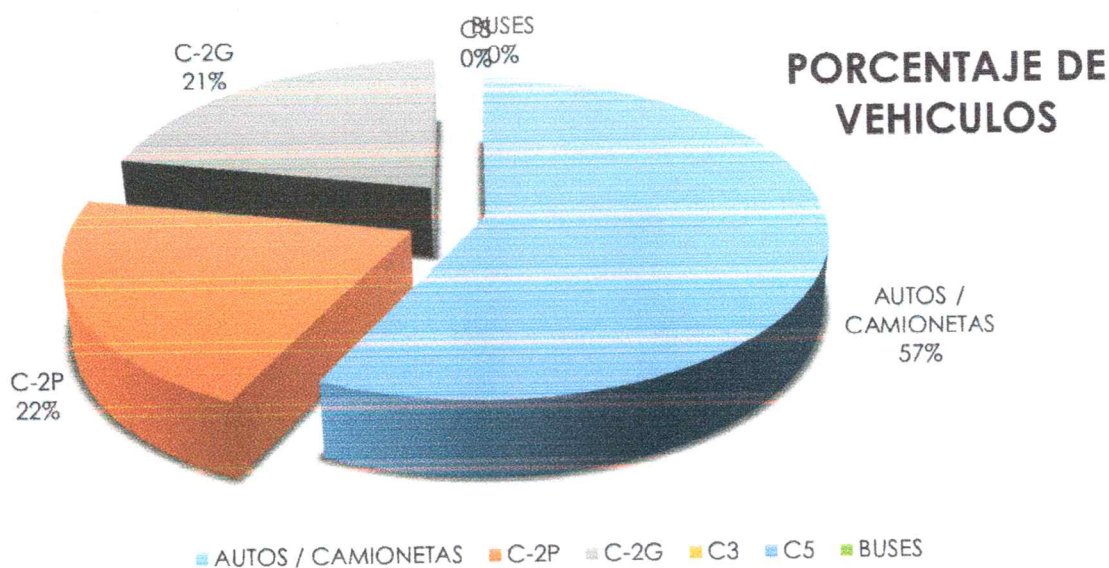
18

Fuente: elaboración propia

7.2 COMPOSICIÓN VEHICULAR

El proyecto presenta la siguiente composición vehicular resumida en el siguiente diagrama, tal como se observa se cuenta en un 57% con automóviles, 21% C-2G y 22% con C-2P.

Ilustración 8. Diagrama de torta de la composición vehicular



Fuente: elaboración propia



ESTUDIO DE TRÁNSITO, CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO
PROYECTO: "MEJORAMIENTO EN PAVIMENTO RÍGIDO DE LA CARRERA 16 ENTRE CALLE 5 Y CALLE 5A EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SINCÉ, SUCRE"

Ilustración 9. Vehículos transitando por la vía



Fuente: elaboración propia

19

8. TRÁNSITO DE DISEÑO (PAVIMENTOS RÍGIDOS, MÉTODO PORTLAND CEMENT ASSOCIATION PCA-84)

Con la palabra tránsito se designa la suma de todos los vehículos que pasan por una vía durante un tiempo determinado. Sin embargo, esa definición tan simple encierra algunas implicaciones, la primera tiene que ver con el hecho de tener que predecir para períodos largos, cuantos vehículos pasarán por las vías objeto de la pavimentación, con qué características y especialmente cuanto pesan.

El diseño de los pavimentos se debe hacer sabiendo cuanto van a pesar los ejes que van a pasar por las vías durante su vida útil, esto es imposible de realizar en la práctica. (Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito).

8.1 FACTOR DE DISTRIBUCIÓN POR CARRIL (FDC)

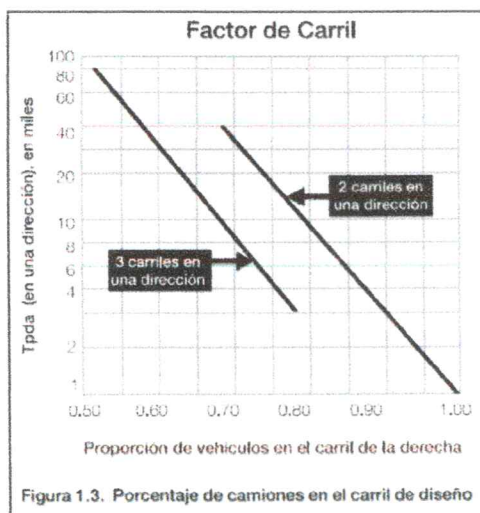
Corresponde a la proporción de vehículos en el carril de diseño para vías con más de un carril con el mismo sentido de circulación. En las carreteras de dos direcciones, la asignación del tránsito para el carril de diseño dependerá del ancho de las vías así:

- Para vías estrechas la totalidad del tránsito
- Para vías de ancho medio el 75%
- Para vías anchas el 50%



ESTUDIO DE TRÁNSITO, CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO

PROYECTO: "MEJORAMIENTO EN PAVIMENTO RÍGIDO DE LA CARRERA 16 ENTRE CALLE 5 Y CALLE 5A EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SINCÉ, SUCRE"



20

Tabla 4. Factor de distribución por carril.

Tabla 2.5 Factor de distribución por carril según NCHRP

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

Fuente: ARA, 2004

Para las vías en cuestión se tomará que FDC=100%

8.2 PERIODO DE DISEÑO ESTRUCTURAL (PDE)

Lapso durante el cual la estructura deberá funcionar con un "Índice de Serviciabilidad" superior al mínimo sin requerir acciones de conservación adicionales a la conservación rutinaria y periódica.

Para las vías en cuestión se tomará que PDE= 20 años.

8.3 FACTOR DE DISTRIBUCIÓN DIRECCIONAL (FDD)

Corresponde al porcentaje de vehículos comerciales que circulan en la dirección del carril de diseño.



ESTUDIO DE TRÁNSITO, CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO

PROYECTO: "MEJORAMIENTO EN PAVIMENTO RÍGIDO DE LA CARRERA 16 ENTRE CALLE 5 Y CALLE 5A EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SINCÉ, SUCRE"

Para las vías en cuestión se tomará que FDD= 50%

8.4 FACTOR DE PROYECCIÓN (FP)

La PCA facilita el uso de la tabla anexa para seleccionar el valor del factor de proyección del tránsito el cual está en función del periodo de diseño y la tasa anual de crecimiento vehicular, en esta última se debe tener en cuenta las variaciones que se puedan presentar como consecuencia del tránsito atraído y generado.

Para las vías en cuestión se toma como FP=1,2

Tasa de crecimiento anual de tránsito %	Factores de proyección
	20 años
1	1.1
1.5	1.2
2	1.2
2.5	1.3
3	1.3
3.5	1.4
4	1.5
4.5	1.6
5	1.6
5.5	1.7
6	1.8

Tabla 5.Factor de proyección, tasa de crecimiento

PESO VEHICULAR Y PESO POR EJE

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 mixtas.

Los vehículos, transmiten las cargas al pavimento a través de las ruedas, que como se dijo, están dispuestas en ejes. La configuración de los vehículos pesados está enmarcada en la Resolución 4100 de 2004 modificada – Resolución 1782 de 2009 – Ministerio de Transporte. En la siguiente imagen 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 imagen se indica la carga máxima para los ejes más frecuentes.

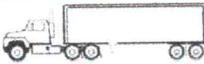
Ilustración 10. Representación esquemática de los vehículos de transporte de carga más comunes en el país (fuente: Resolución 4100 de 2004 modificada – Resolución 1782 de



ESTUDIO DE TRÁNSITO, CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO

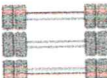
PROYECTO: "MEJORAMIENTO EN PAVIMENTO RÍGIDO DE LA CARRERA 16 ENTRE CALLE 5 Y CALLE 5A EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SINCÉ, SUCRE"

2009). Tomado de: *Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito; página 43.*

Designación	Configuración	Descripción
2		Camión de dos ejes Camión sencillo
3		Camión de tres ejes Dobletrque
3S2		Tractocamión de tres ejes con semirremolque de dos ejes
3S3		Tractocamión de tres ejes con semirremolque de tres ejes

22

Ilustración 11. Esquematización de los diferentes tipos de ejes y su carga máxima (fuente: 4100 de 2004 modificada – Resolución 1782 de 2009 – Ministerio de Transporte). Tomado de: *Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito; página 44.*

Descripción	Configuración	Peso, t
Eje simple direccional		6.0
Eje simple llanta doble		11.0
Eje tandem llanta doble		22.0
Eje tridem llanta doble		24.0

8.5 FACTOR DAÑO (FD)

Valor por el cual se debe multiplicar el número de repeticiones de carga aplicadas por un eje de peso determinado para cuantificar el número de repeticiones equivalentes del eje de referencia.

En el caso de que no se tengan suficientes, y confiables, datos de representación del tránsito actual y proyectado, se puede recurrir a la Tabla 1-12, en la que se hace una aproximación ponderada de los valores para el exponencial "n", dependiendo del tipo de eje, para un índice de servicio final de 2,5. Este valor es aplicable solo para los pavimentos de concreto.



ESTUDIO DE TRÁNSITO, CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO

PROYECTO: "MEJORAMIENTO EN PAVIMENTO RÍGIDO DE LA CARRERA 16 ENTRE CALLE 5 Y CALLE 5A EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SINCÉ, SUCRE"

$$Fe = \left[\frac{Pi}{Pe} \right]^n$$

Ecuación 1-1.

Eje	Direccional	Sencillo de llanta doble	Tándem	Trídem
Carga patrón (kN)	60.00	81.81	132.14	184.00
Exponencial	4	4.5	4.2	4.3

23

Para el cálculo de factores daño se tienen en cuenta las cargas máximas por eje estipulados en la Resolución 4100 de 2004 modificada – Resolución 1782 de 2009 – Ministerio de Transporte, las cargas de los buses y C2P fueron estimadas, más sin embargo no sobrepasan las máximas permitidas.

BUSES:

Eje Simple Direccional: Peso máximo 6.0 Ton=58.84kn

Eje Simple Llanta Doble: Peso Estimado 9.0 Ton=88.26kn

$$Fe = \left(\frac{58.84}{60} \right)^4 = 0.92$$

$$Fe = \left(\frac{88.26}{81.81} \right)^{4.5} = 1.41$$

$$FD = 0.92 + 1.41 = 2.33$$

C2P:

Eje Simple Direccional: Peso máximo 6.0 Ton=58.84kn

Eje Sencillo De llanta Doble: Peso Estimado 10.0 Ton=98.07kn

$$Fe = \left(\frac{58.84}{60} \right)^4 = 0.92$$

$$Fe = \left(\frac{98.07}{81.81} \right)^{4.5} = 2.26$$

$$FD = 0.92 + 2.26 = 3.18$$

C2G:



ESTUDIO DE TRÁNSITO, CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO

PROYECTO: "MEJORAMIENTO EN PAVIMENTO RÍGIDO DE LA CARRERA 16 ENTRE CALLE 5 Y CALLE 5A EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SINCÉ, SUCRE"

Eje Simple Direccional: Peso máximo 6.0 Ton=58.84kn

Eje Sencillo De Lanta Doble: Peso máximo 11.0 Ton=107.87kn

$$Fe = \left(\frac{58.84}{60} \right)^4 = 0.92$$

$$Fe = \left(\frac{107.87}{81.81} \right)^{4.5} = 3.47$$

$$FD = 0.92 + 3.47 = 4.39$$

C3:

Eje Simple Direccional: Peso máximo 6.0 Ton=58.84kn

Eje Tándem Lanta Doble: Peso máximo 22.0 Ton=215.75kn

$$Fe = \left(\frac{58.84}{60} \right)^4 = 0.92$$

$$Fe = \left(\frac{215.75}{132.14} \right)^{4.2} = 7.83$$

$$FD = 0.92 + 7.83 = 8.75$$

8.6 REPETICIONES ESPERADAS (RE)

Determinar el número de repeticiones esperadas (RE) de cada tipo de eje (por carga por eje), a partir del número de vehículos acumulados del tipo (nv-i) en el periodo de diseño estructural (PDE):

Tabla 6. Factor Daño.
Fuente: Propia

Factor Daño				
Tipo	Factor Daño Vacío	Factor Daño Cargado	Cantidad vehículos	Transito equivalente
AUTOS		0	8	0
BUSES		1	0	0
C2P	0.01	1.01	3	3.03
C2G	0.08	2.72	3	8.16



ESTUDIO DE TRÁNSITO, CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO

PROYECTO: "MEJORAMIENTO EN PAVIMENTO RÍGIDO DE LA CARRERA 16 ENTRE CALLE 5 Y CALLE 5A EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SINCÉ, SUCRE"

C3	0.24	3.72	0	0
C5	0.25	4.88	0	0
Total			14	11

Tabla 7. Factor Camión para Camiones
Fuente: Propia

Determinación de factor camión para camiones			
Tipo	Porcentaje	Factor Daño Cargado	Factor Camión para camiones
TOTAL	43%	0	1.865
C2P	21%	1.01	
C2G	21%	2.72	
C3	0%	3.72	
C5	0%	4.88	

Tabla 8. Factor camión de Buses
Fuente: Propia

Determinación de factor camión para Buses			
Tipo	Porcentaje	Factor Daño Cargado	Factor Camión para camiones
TOTAL	0%		0
BUSES	0%	1	

Tabla 9. Factor Camión Total.
Fuente: Propia

Determinación de factor camión total	
1.87	



ESTUDIO DE TRÁNSITO, CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO
PROYECTO: "MEJORAMIENTO EN PAVIMENTO RÍGIDO DE LA CARRERA 16 ENTRE CALLE 5 Y CALLE 5A EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SINCÉ, SUCRE"

26

*Tabla 10. Cálculo del tránsito equivalente y total.
Fuente: Propia*

CÁLCULO DEL TRÁNSITO EQUIVALENTE DIARIO Y TOTAL				
TRANSITO PROMEDIO DIARIO (TPD)	14	TASA DE CRECIMIENTO % (g)	2%	
% DE VEHICULOS PESADOS EN EL CARRIL DE DISEÑO (B)	50	FACTOR CAMION	1.87	
% DE VEHICULOS COMERCIALES (A)	42.86	PERIODO DE DISEÑO (Años)	20	

VEHICULOS	PORCENTAJE	NUMERO DE VEHICULOS DIARIOS	FACTOR DAÑO	TRANSITO EQUIVALENTE DIARIO
VEHICULOS	%	14		
AUTOS	57.1	8	0	0
BUSES	0.0	0	1	0
C2P	21.4	3	1.01	3
C2G	21.4	3	2.72	8
C3	0.0	0	3.72	0
C5	0.0	0	4.88	0
TRANSITO EQUIVALENTE DIARIO				11

TRANSITO EQUIVALENTE TOTAL ACUMULADO (N 8.2)	50114
--	-------

*Tabla 11. Cálculo de espectro de cargas.
Fuente: propia.*

CÁLCULO DE ESPECTRO DE CARGAS											
TIPO DE VEHICULOS	NUMERO DE VEHICULOS ACUMULADOS	EJES SIMPLES RUEDA SIMPLE				SIMPLE RUEDA DOBLE		EJES TANDEM			TRIDEM
		0	4	6	7	6	10	20	21	22	25
AUTOS	28637		28637								
BUSES	0			0							
C2P	10739			3222		7517					
C2G	10739			3222		7517					
C3	0			0				0			
C5	0			0				0		0	
TOTAL	50114	0	28637	6443	0	15034	0	0	0	0	0



ESTUDIO DE TRÁNSITO, CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO
PROYECTO: "MEJORAMIENTO EN PAVIMENTO RÍGIDO DE LA CARRERA 16 ENTRE CALLE 5 Y CALLE 5A EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SINCÉ, SUCRE"

27

Tabla 12. Transito total acumulado para el periodo de diseño.
Fuente: Propia

TRANSITO EQUIVALENTE TOTAL ACUMULADO PARA EL PERIODO DE DISEÑO			
PERIODO	AÑO	EJES EQUIVALENTES DE TRANSITO POR AÑO	EJES EQUIVALENTES DE TRANSITO TOTAL ACUMULADO POR AÑOS
1	2025	2063	2063
2	2026	2104	4166
3	2027	2146	6312
4	2028	2189	8501
5	2029	2233	10733
6	2030	2277	13011
7	2031	2323	15333
8	2032	2369	17703
9	2033	2417	20119
10	2034	2465	22584
11	2035	2514	25098
12	2036	2564	27663
13	2037	2616	30279
14	2038	2668	32947
15	2039	2721	35668
16	2040	2776	38444
17	2041	2831	41275
18	2042	2888	44164
19	2043	2946	47109
20	2044	3005	50114

8.7 COMPONENTE DE TRÁNSITO ATRAÍDO

El análisis de la componente de tránsito atraído es dispendioso y requiere de herramientas más refinadas para su cuantificación. Para iniciar la discusión de este tipo de análisis, se debe estar seguro que el proyecto vial si ocasionará cambios en el comportamiento de los usuarios. Es decir, se deben allegar argumentos o indicios que hagan pensar que usuarios de otras carreteras e incluso de otros modos de transporte si van a hacer uso de la nueva opción. Entre las razones que podrían hacer cambiar al usuario de ruta, se tienen:

- Condiciones de operación más atractivas.



ESTUDIO DE TRÁNSITO, CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO

PROYECTO: "MEJORAMIENTO EN PAVIMENTO RÍGIDO DE LA CARRERA 16 ENTRE CALLE 5 Y CALLE 5A EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SINCÉ, SUCRE"

- Recorridos más cortos, y ahorros en tiempos de viaje.
- Disminución en los costos globales de transporte.
- Mejoras en la seguridad de circulación.

Existen varios métodos para estimar el tránsito atraído, entre los cuales se reseñan los siguientes:

- A. **Estudio de origen y destino:** Este método consiste en la aplicación de un estudio de origen y destino que permita establecer los flujos entre pares origen-destino, flujos básicos, que en forma potencial podrían utilizar el proyecto en el futuro. Los flujos básicos constituyen la demanda potencial para el proyecto, y con la aplicación de un porcentaje de desvío, se calcula la magnitud de la componente de tránsito desviado.
- B. **Estudio de utilización del proyecto por usuarios potenciales:** Este es el método más sencillo y más utilizado. Se lleva a cabo a través de una encuesta a usuarios potenciales, es las que se indaga si harían uso o no del nuevo proyecto. A partir de la respuesta de los usuarios se estimaría un porcentaje del tránsito normal como el correspondiente a la componente de tránsito atraído.

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 período de aparición de uno o dos años después que la carretera ha sido abierta al servicio.

Teniendo en cuenta que se puede tomar un valor entre 5% y 25%, se decide trabajar con un valor intermedio de 10% ya que estas vías, aun con su estado deteriorado, son preferidas para transitar y en buen estado serían mucho más atractivas para los usuarios, esto por un tiempo de 2 años.

EJES EQUIVALENTES DE TRANSITO TOTAL ACUMULADO EN EL AÑO 2: 4166 Veh/año.

$$\text{Transito Atraído} = 4166 \frac{\text{veh}}{\text{año}} * 10\% = 417 \frac{\text{Veh}}{\text{año}}$$

$$\text{Transito Atraído} = 417 * 2 = 834 \text{ Vehículos durante los dos años.}$$



ESTUDIO DE TRÁNSITO, CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO
PROYECTO: "MEJORAMIENTO EN PAVIMENTO RÍGIDO DE LA CARRERA 16 ENTRE CALLE 5 Y CALLE 5A EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SINCÉ, SUCRE"

8.8 COMPONENTE DE TRÁNSITO GENERADO

Es el crecimiento que se presenta por el incremento que en la producción agrícola, pecuaria, minera, industrial, comercial o turística que se genera en una zona, en este caso por el mejoramiento de una vía existente.

Es importante realizar un detallado análisis de la producción y la necesidad de transporte que se requiere, así como el incremento que se presenta debido al mejoramiento en la calidad de vida de los habitantes del área de influencia directa.

Para ello se debe acopiar información detallada de usos del suelo actual y potencial y probables rendimientos. Esta información puede ser recopilada en las UMATAS, secretaría de Agricultura y Planes de Desarrollo. En el ejemplo de pronóstico de la componente de tránsito generado que se presenta a continuación se incluye un procedimiento para estimar esta componente.

Cuando el ingeniero no disponga de información más detallada, puede hacer uso de los factores relacionados en la Tabla 2.16, obtenidos del seguimiento a proyectos de pavimentación en vías en el país.

Tabla 13. Porcentaje de tránsito generado como función del tránsito normal (Tabla 2.16)

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.

Teniendo en cuenta que las vías en estudio se encuentran en el casco urbano del municipio de Sincé no se determinará en este caso el tránsito generado debido a que no tendríamos parámetros para determinarlos.

$$\text{Tránsito Generado} = N^{\circ} \frac{\text{veh}}{\text{año}} \text{ año de proyección} * \% \text{ de tránsito generado}$$

Con base a la determinación del número de repeticiones esperadas, el tránsito atraído y el generado determinamos el tránsito de diseño.

$$\text{Tránsito de diseño} = \text{Rep. Esperadas} + \text{Tránsito atraído} + \text{Tránsito generado}$$

$$\text{Tránsito de diseño} = 3005 \frac{\text{veh}}{\text{año}} + 834 \frac{\text{veh}}{\text{año}} + 0$$



ESTUDIO DE TRÁNSITO, CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO

PROYECTO: "MEJORAMIENTO EN PAVIMENTO RÍGIDO DE LA CARRERA 16 ENTRE CALLE 5 Y CALLE 5A EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SINCÉ, SUCRE"

$$\text{Tránsito de diseño} = 3839 \frac{\text{veh}}{\text{año}}$$

De acuerdo a la información de los conteos, y con la proyección de que las vías en estudio serán vías de tránsito bajo, se tiene que el tránsito proyectado corresponde a T0; es decir, con un número de ejes equivalentes menor de 1.000.000 en el período de diseño del pavimento (corresponde a 50144 ejes equivalentes en el carril de diseño aproximadamente).

Tabla 14. Categorías de tránsito para la selección de espesores.

Categoría	Tipo de Vía	TPDs	Ejes acumulados de 8.2
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 1000	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

9. CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO

CAPACIDAD

Se define la Capacidad de una carretera de dos carriles como el máximo número de vehículos que puede circular, por un punto o tramo uniforme de la vía en los dos sentidos durante cierto período de tiempo, en las condiciones imperantes de vía y de tránsito. La Capacidad se expresa en vehículos por hora, aunque puede medirse en períodos menores de una hora. El valor de la Capacidad depende de la duración del período en que se mida.

Este valor de la Capacidad definido para "condiciones imperantes" difiere del volumen máximo que puede circular por la vía en un momento dado. El volumen máximo posible depende de factores tales como la composición vehicular, la velocidad de circulación y las condiciones atmosféricas, que pueden cambiar en cualquier momento. Si el volumen máximo posible disminuye y resulta momentáneamente menor que la demanda del tránsito, ocurrirá congestión, al no poder pasar por un punto de la vía todos los vehículos que llegan a ese punto. En este caso muchos vehículos deberán detenerse, formar una cola y ponerse en movimiento nuevamente, circulando con un volumen menor que el volumen que llegaba antes de la detención, lo que disminuye la velocidad de la corriente



ESTUDIO DE TRÁNSITO, CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO

PROYECTO: "MEJORAMIENTO EN PAVIMENTO RÍGIDO DE LA CARRERA 16 ENTRE CALLE 5 Y CALLE 5A EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SINCÉ, SUCRE"

vehicular y por ende el volumen máximo posible. Estas circunstancias suelen originar una onda perturbadora de detenciones vehiculares que se propaga corriente arriba hasta que la falta de demanda la disipe. Por consiguiente, es muy peligroso que la demanda de tránsito se aproxime a la Capacidad de una vía. La proximidad a este límite se mide por la relación entre el volumen de demanda y la Capacidad, relación que muchos llaman Factor de utilización de la Capacidad.

Pocas son las carreteras de dos carriles en Colombia donde se alcance la Capacidad. Mucho antes de llegar a ese extremo, la calidad del servicio que prestan esas vías es tan deficiente que generalmente se buscan y encuentran otras alternativas.

El cálculo de la Capacidad parte de una Capacidad máxima en condiciones ideales, la que disminuye a medida que las condiciones particulares de la vía en estudio se apartan de estas. Las condiciones ideales son aquellas en las que no existen restricciones geométricas, de tránsito ni ambientales.

31

NIVEL DE SERVICIO Y PARÁMETROS QUE LO DESCRIBEN

Se define el Nivel de Servicio de un sector de una carretera de dos carriles como la calidad del servicio que ofrece esta vía a sus usuarios, que se refleja en grado de satisfacción o contrariedad que experimentan al usar la vía.

Se establecieron dos medidas de efectividad que reflejan esa calidad de servicio, siendo la principal el porcentaje de reducción la velocidad media de los vehículos que transitan por la carretera, de acuerdo con la velocidad ideal para el tramo en estudio. La velocidad media describe el grado de movilidad.

Se han definido seis niveles para Colombia que van desde el A al F, así:

Nivel de Servicio A

Representa flujo libre en una vía cuyas especificaciones geométricas son adecuadas. Hay libertad para conducir con la velocidad deseada y la facilidad de maniobrar dentro de la corriente vehicular es sumamente alta, al no existir prácticamente interferencia con otros vehículos y contar con condiciones de vía que no ofrecen restricción por estar de acuerdo con la topografía de la zona.

Nivel de Servicio B

Comienzan a aparecer restricciones al flujo libre o las especificaciones geométricas reducen algo la velocidad. La libertad para conducir con la velocidad deseada y la facilidad de maniobrar dentro de la corriente vehicular se ven disminuidas, al



ESTUDIO DE TRÁNSITO, CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO
PROYECTO: "MEJORAMIENTO EN PAVIMENTO RÍGIDO DE LA CARRERA 16 ENTRE CALLE 5 Y CALLE 5A EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SINCÉ, SUCRE"

ocurrir ligeras interferencias con otros vehículos o existir condiciones de vía que ofrecen pocas restricciones. Para mantener esta velocidad es preciso adelantar con alguna frecuencia otros vehículos. El nivel general de libertad y comodidad que tiene el conductor es bueno.

Nivel de Servicio C

Representa condiciones medias cuando el flujo es estable o empiezan a presentarse restricciones de geometría y pendiente. La libertad para conducir con la velocidad deseada dentro de la corriente vehicular se ve afectada al presentarse interferencias tolerables con otros vehículos, deficiencias de la vía que son en general aceptables. El nivel general de libertad y comodidad que tiene el conductor es adecuado.

Nivel de Servicio D

El flujo todavía es estable y se presentan restricciones de geometría y pendiente. No existe libertad para conducir con la velocidad deseada dentro de la corriente vehicular, al ocurrir interferencias frecuentes con otros vehículos, o existir condiciones de vía más defectuosas. El nivel general de libertad y comodidad que tiene el conductor es deficiente.

Nivel de Servicio E

Representa la circulación a Capacidad cuando las velocidades son bajas, pero el tránsito fluye sin interrupciones. En estas condiciones es prácticamente imposible adelantar, por lo que los niveles de libertad y comodidad son muy bajos. La circulación a Capacidad es muy inestable, ya que pequeñas perturbaciones al tránsito causan congestión. Aunque se han tomado estas condiciones para definir el nivel E, este nivel también se puede alcanzar cuando limitaciones de la vía obligan a ir a velocidades similares a la velocidad a Capacidad, en condiciones de inseguridad.

Nivel de Servicio F

Representa la circulación congestionada, cuando el volumen de demanda es superior a la Capacidad de la vía y se rompe la continuidad del flujo. Cuando eso sucede, las velocidades son inferiores a la velocidad a Capacidad y el flujo es muy irregular. Se suelen formar largas colas y las operaciones dentro de estas se caracterizan por constantes paradas y avances cortos. También condiciones sumamente adversas de la vía pueden hacer que se alcancen velocidades e irregularidades en el movimiento de los vehículos semejantes a las descritas anteriormente.



ESTUDIO DE TRÁNSITO, CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO

PROYECTO: "MEJORAMIENTO EN PAVIMENTO RÍGIDO DE LA CARRERA 16 ENTRE CALLE 5 Y CALLE 5A EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SINCÉ, SUCRE"

CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO

Este se realiza independientemente del estimativo de la Capacidad. Al igual que la Capacidad, el Nivel de Servicio se calcula partiendo de una velocidad en condiciones casi ideales, la que se va reduciendo mediante la aplicación de distintos factores de corrección.

33

VARIABLES RELATIVAS A LA VÍA.

I. ANCHO DE CARRIL Y ANCHO DE BERMA

Normalmente la obtención de estos datos no presenta problemas, pero se debe mencionar que cuando se habla de ancho de bermas se trata del ancho de la berma a un solo lado de la calzada, pues se supone una vía con bermas iguales a ambos lados. No se ha previsto el caso de una vía con bermas a un solo costado.

En el caso de vías tortuosas es importante cerciorarse que en las curvas se tenga el Sobreancho necesario acorde con el vehículo de diseño. De no ser el caso, se recomienda tomar el valor de ancho de corona en la curva más cerrada, restarle el ancho de bermas y sobreanchos y dividir entre dos para obtener el valor del ancho de carril, pues son frecuentes carreteras de alta montaña con diseños insuficientes en este sentido y donde las mediciones hechas en alineamientos rectos pueden producir errores. El efecto del ancho de carril y del ancho de bermas en la Capacidad es pequeño, pero puede ser importante en el Nivel de Servicio.

II. TIPO DE TERRENO

Se debe recordar que, aparte de la pendiente longitudinal de la vía, la pendiente transversal o pendiente del terreno también influye en la determinación de este dato, con el fin de no confundir un sector horizontal corto que se encuentre en un ascenso fuerte con un terreno plano. Se recomienda en casos como ese que se utilice el tipo de terreno que esté de acuerdo con la topografía general de la zona y no solamente con la pendiente longitudinal de la vía en el sector estudiado.

III. PORCENTAJE DE ZONAS DE NO REBASE

Esta es una variable algo difícil de medir en el campo, y representa las zonas donde no es prudente realizar operaciones de adelantamiento. Una primera aproximación para su estimación es observando la demarcación horizontal de la vía. En la Parte III del manual se proponen valores promedios por tipo de terreno, que pueden ser utilizados en caso de no disponer de información más precisa.



ESTUDIO DE TRÁNSITO, CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO
PROYECTO: "MEJORAMIENTO EN PAVIMENTO RÍGIDO DE LA CARRERA 16 ENTRE CALLE 5 Y CALLE 5A EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SINCÉ, SUCRE"

IV. PUENTES

Los datos geométricos y de superficie de rodadura del tablero de los puentes se utilizan en este manual sin diferenciarlos de los que provienen de la carretera propiamente dicha, aunque es posible que los puentes ejerzan un efecto psicológico más restrictivo sobre los conductores. Si se trata de puentes estrechos que pueden acomodar dos carriles, sus tableros constituyen de por sí sectores críticos que limitan la Capacidad y disminuyen el Nivel de Servicio en proporción a su longitud. Si son puentes de un solo carril no se pueden analizar por este método, para estos casos podría optarse por un estudio de velocidad en las horas de mayor demanda.

34

VARIABLES RELATIVAS AL TRÁNSITO

- **Volumen total en ambos sentidos:** en Colombia este dato se puede obtener utilizando los aforos que se realizan por parte del Instituto Nacional de Vías Inviás anualmente en la red nacional o por la Agencia Nacional de Infraestructura en caso de las carreteras concesionadas.
- **Porcentaje de tránsito en ascenso:** la precisión en su determinación puede influir en la exactitud de las conclusiones que se alcanzan al utilizar el manual. En primer lugar, la distribución asimétrica del tránsito es típica de las carreteras congestionadas en las entradas a las ciudades (las famosas "operaciones retorno" son un ejemplo), y se debe tener en cuenta que este parámetro influye sobre la capacidad de la vía tanto o más que la pendiente. Por lo tanto, su determinación correcta es la de mayor importancia.

En segundo lugar, es posible que, al analizar una carretera, los peores niveles de servicio no correspondan a la situación de la hora pico. Suele suceder que la operación en los días laborables esté caracterizada por la presencia de vehículos pesados en grandes cantidades (es típica la cifra de 50 % de camiones) con distribuciones por sentido cercanas al 50 %, y su influencia sobre la velocidad puede ser mayor que la de los volúmenes de fin de semana con gran desequilibrio por sentidos (del orden del 80 %) pero compuestos principalmente por automóviles. Es por lo tanto conveniente en este tipo de vías analizar ambas situaciones:

1. Cuando el volumen de tránsito es máximo
2. Cuando el número de camiones es máximo

- **Porcentaje de vehículos pesados.** Esta información se debe obtener tanto para la hora pico como para toda la semana, al igual que en el caso



ESTUDIO DE TRÁNSITO, CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO
PROYECTO: "MEJORAMIENTO EN PAVIMENTO RÍGIDO DE LA CARRERA 16 ENTRE CALLE 5 Y CALLE 5A EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SINCÉ, SUCRE"

anterior, en aquellas vías que presenten grandes fluctuaciones de este valor, especialmente en las carreteras en las que existen restricciones al paso de vehículos pesados los fines de semana.

9.1 MÉTODO PARA EL CÁLCULO DE LA CAPACIDAD

DESCRIPCIÓN DE LOS FACTORES DE AJUSTE

Con base en observaciones de campo, se considera que la Capacidad de una carretera de dos carriles en Colombia, en condiciones ideales, C_i , es de 3200 automóviles por hora en ambos sentidos.

Los requisitos que definen las condiciones ideales son los siguientes:

- Repartición del tránsito por igual en ambos sentidos.
- Terreno plano y rasante horizontal.
- Carriles de no menos de 3.65 metros de ancho.
- Bermas de no menos de 1.80 metros de ancho, con superficie de rodadura de calidad inferior a la de la calzada y distinta inclinación.
- Superficie de rodadura en condiciones óptimas.
- Alineamiento recto.
- Ausencia de vehículos pesados.
- Visibilidad adecuada para adelantar.
- Señalización horizontal y vertical óptima.

En el método propuesto, la capacidad para condiciones ideales, C se multiplica por varios factores de corrección, i , que reflejan el grado en que no se cumplen los requisitos que definen esas condiciones. Los factores transforman esa capacidad ideal en capacidad para las condiciones estudiadas.

Las características de vía y tránsito que tienen en cuenta esos factores de corrección son las siguientes:

- **Pendientes:** las pendientes reducen la velocidad de los vehículos con respecto a la velocidad que pueden desarrollar en rasante horizontal. La reducción se traduce en un aumento en los intervalos entre vehículos que están en un pelotón y, por ende, en una disminución de la Capacidad. Su efecto se considera en el factor de corrección (F_{pe}).
- **Distribución del tránsito por sentidos:** una carretera de dos carriles puede saturarse cuando tenga un carril saturado, aunque el volumen de tránsito sea muy bajo en el otro carril. Además, se debe considerar las verdaderas oportunidades de adelantamiento que ofrece el tramo en análisis, medido por el porcentaje de zonas de no rebase. El efecto de estas dos variables se considera con el factor de corrección (F_d).



ESTUDIO DE TRÁNSITO, CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO

PROYECTO: "MEJORAMIENTO EN PAVIMENTO RÍGIDO DE LA CARRERA 16 ENTRE CALLE 5 Y CALLE 5A EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SINCÉ, SUCRE"

- **Anchos de carril y berma utilizable:** los carriles y bermas estrechos, más la ausencia o malas condiciones de estas restan confianza a los conductores, lo que se traduce en una disminución de la velocidad, un aumento en los intervalos entre vehículos, y la consiguiente reducción de la capacidad de la vía. El factor que cuantifica este efecto es el F_{cb} .
- **Presencia de vehículos pesados:** la Capacidad se puede definir como el número máximo de intervalos entre vehículos que pasan por un punto de una vía en una hora. Los vehículos pesados reducen ese número de intervalos:
 - ✓ Porque su paso demora más debido a su mayor longitud y a la menor velocidad que desarrollan.
 - ✓ Porque retardan el paso de vehículos más rápidos que los siguen al obligarlos a reducir su velocidad.
 - ✓ Porque el aumento del paso de un vehículo produce un incremento del intervalo.
 - ✓ El efecto de la reducción en Capacidad que causan los vehículos pesados está dado por el factor (F_p).

36

APLICACIÓN DE LOS FACTORES DE CORRECCIÓN

Para el cálculo de la Capacidad los factores de corrección se aplican en forma simultánea. Por tanto, la capacidad en vehículos mixtos por hora (C_{60}) para esas condiciones, suponiendo que no hay variaciones aleatorias del volumen durante esa hora.

Capacidad en vehículos

$$C_{60} = 3200 * F_{pe} * F_d * F_{cb} * F_p$$

Variaciones aleatorias del volumen de tránsito: cuando el volumen horario que circula por un sector uniforme de una vía se acerca a su Capacidad sin alcanzarla; debido a que existen siempre variaciones aleatorias en la demanda de tránsito, puede suceder que en ciertos momentos la demanda exceda la Capacidad y se produzca congestión. Las consecuencias adversas de estas congestiones momentáneas suelen prolongarse mucho más allá de los momentos donde hay déficit de Capacidad y por ese motivo se trata de evitarlas hasta donde sea posible.

Para tener en cuenta esas variaciones aleatorias del volumen de demanda, en los análisis de Capacidad se puede:



ESTUDIO DE TRÁNSITO, CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO

PROYECTO: "MEJORAMIENTO EN PAVIMENTO RÍGIDO DE LA CARRERA 16 ENTRE CALLE 5 Y CALLE 5A EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SINCÉ, SUCRE"

Utilizar el volumen de demanda horario que corresponda al máximo volumen que ocurra normalmente en una fracción de la hora o, reducir la Capacidad para tener en cuenta ese pico dentro de la hora.

En este método se ha optado por la segunda alternativa. La fracción de hora elegida es de cinco minutos y para reducir la Capacidad se procede a multiplicar la Capacidad horaria por un factor menor que la unidad, que la disminuye en una magnitud igual al aumento aleatorio normal del volumen durante el período de cinco minutos de mayor demanda. Este factor es el factor de pico horario (FPH), que se debe estimar tomando el valor correspondiente de la **Tabla. Factores de pico horario basados en períodos de cinco minutos suponiendo llegadas de vehículos aleatorias (FPH)***.

Multiplicando la capacidad C_{60} por (FPH) se calcula la capacidad C_5 en vehículos mixtos (livianos y pesados) por hora, para las condiciones estudiadas, compensando las variaciones aleatorias normales que ocurren durante períodos de cinco minutos.

Capacidad en vehículos

$$C_5 = C_{60} * FPH$$

9.2 MÉTODO PARA EL CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO

INDICADOR DE EFECTIVIDAD

El indicador de efectividad principal que se ha escogido para determinar el Nivel de Servicio es la velocidad media de recorrido de los vehículos que integran la corriente vehicular, que comprende vehículos ligeros y pesados. Otro indicador que se debe observar es el grado de saturación o utilización de la Capacidad, que se halla dividiendo el volumen horario de demanda entre la capacidad C_5 , a fin de conocer si la vía está próxima a saturarse o si ya está saturada. No se incluye en el método el porcentaje de tiempo demorado, pues no se ha establecido su relación con otros parámetros conocidos, pero este indicador puede ser útil para determinar la interferencia del tránsito independientemente de la influencia de las condiciones de la vía. Si hay interés en conocerlo, habría que medirlo directamente en vías existentes.

DESCRIPCIÓN DE LOS FACTORES DE AJUSTE.



ESTUDIO DE TRÁNSITO, CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO

PROYECTO: "MEJORAMIENTO EN PAVIMENTO RÍGIDO DE LA CARRERA 16 ENTRE CALLE 5 Y CALLE 5A EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SINCÉ, SUCRE"

La manera de calcular el Nivel de Servicio es similar a la empleada para estimar la Capacidad: se parte de una velocidad para condiciones casi ideales que se va multiplicando por distintos factores de corrección menores que la unidad, hasta convertirla en la velocidad representativa de las condiciones que se estudian. La velocidad ideal, según mediciones de campo, es de 90 kilómetros por hora. Las características de vía y tránsito que se tienen en cuenta en el cálculo de la velocidad media para las condiciones que se estudian son las siguientes:

- **Pendientes:** las pendientes ejercen un efecto directo en el Nivel de Servicio al influir en la velocidad de los vehículos. Las pendientes ascendentes reducen la velocidad y las descendentes pueden aumentarla o disminuirla, pero generalmente las ascendentes son las críticas y así se consideran en este método. A fin de evitar un paso, la Tabla 6 da directamente la velocidad a flujo libre de los automóviles para pendientes de distintas longitudes e inclinaciones. Es la velocidad media que se ha observado en Colombia cuando los automóviles transitan sin interferencia en vías con características ideales, excepto que su rasante no es siempre horizontal. Puede considerarse que esta velocidad V_1 se desarrolla en condiciones casi ideales y su determinación es el punto de partida para el cálculo del Nivel de Servicio.
- **Utilización de la Capacidad:** cualesquiera que sean las características de la vía que influyen en la velocidad media de una corriente vehicular, la variedad que existe entre las velocidades a que quieren ir los distintos conductores de vehículos causa interacciones entre ellos. Los conductores más lentos retardan a los más rápidos, mientras que los rápidos no obligan a acelerar a los lentos y, por lo tanto, el efecto de las interacciones es reducir la velocidad media de la corriente vehicular.

Cuando los conductores rápidos pueden adelantar a los lentos, el efecto de las interacciones no es tan grande, pero a medida que la vía se va saturando, los sobrepasos van siendo más difíciles y la velocidad media va disminuyendo. Además, parece que conforme aumenta la densidad los conductores van perdiendo confianza y reducen su velocidad. Lo cierto es que la utilización de la capacidad, medida por la relación Volumen-Capacidad, ejerce un efecto innegable sobre la velocidad de los vehículos. Este efecto está representado por el factor f_u de la **Tabla. Factores de corrección al Nivel de Servicio por el efecto de la utilización de la capacidad (f_u)**. Como se trata de un factor de corrección al Nivel



ESTUDIO DE TRÁNSITO, CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO

PROYECTO: "MEJORAMIENTO EN PAVIMENTO RÍGIDO DE LA CARRERA 16 ENTRE CALLE 5 Y CALLE 5A EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SINCÉ, SUCRE"

de Servicio medio que se brinda durante una hora, la relación Volumen-Capacidad se calcula dividiendo el volumen de demanda entre la capacidad C_{60} sin multiplicarla por el factor de pico horario (FPH). Esta relación es menor que la relación volumen/ C_s que se utiliza para observar la probabilidad de ser superada la capacidad durante un pico de cinco minutos.

- **Anchos de carril y berma:** los efectos de las deficiencias en los anchos de carril y berma se hacen sentir más en la velocidad que en la Capacidad. Por esta razón los factores de corrección fcb de la **Tabla. Factores de corrección al Nivel de Servicio por efecto combinado del ancho de carril y berma (fcb)**, que tienen en cuenta ese efecto, son menores que los correspondientes Fcb de la **Tabla. Factores de corrección a la capacidad por distribución por sentidos (Fd)***.

Presencia de vehículos pesados: estos vehículos desarrollan menores velocidades que los vehículos ligeros y su presencia los retarda. La magnitud de este retardo depende de:

- ✓ La velocidad de los automóviles a flujo restringido, pues mientras más rápidamente vayan, mayor será su retardo.
- ✓ La inclinación y longitud de la pendiente del sector que se estudia, ya que ambos factores determinan la velocidad de los vehículos pesados.
- ✓ El porcentaje de vehículos pesados, porque según aumenta este porcentaje se eleva la probabilidad de que causen interferencia al resto de los vehículos.
- ✓ El volumen de tránsito en ambos sentidos, que al aumentar disminuye las oportunidades de sobrepaso e incrementa la longitud de los pelotones detrás de los camiones.

El efecto de los vehículos pesados en el tránsito se tiene en cuenta determinando un factor fp.

- **Tortuosidad:** para tener en cuenta la curvatura hay que comparar la velocidad en tangente, con la máxima velocidad media en el sector que se estudia para esto se determina la tortuosidad del sector analizado.

Determinación del Nivel de Servicio: una vez conocido el valor de la velocidad media V , se determina el Nivel de Servicio de la **Tabla. Definición de Nivel de Servicio con base en la relación entre $VM / V_i * 100$** . Esta tabla ofrece una escala de acuerdo con la pérdida de velocidad como un porcentaje de la velocidad máxima (90 kph) separada para cada tipo de terreno y para el Nivel de Servicio,



ESTUDIO DE TRÁNSITO, CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO

PROYECTO: "MEJORAMIENTO EN PAVIMENTO RÍGIDO DE LA CARRERA 16 ENTRE CALLE 5 Y CALLE 5A EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SINCÉ, SUCRE"

tiene en cuenta que las exigencias de los conductores disminuyen a medida que la topografía se va haciendo más abrupta. La tabla refleja con facilidad pequeños cambios en el diseño detallado de un sector. Mediante la mejora de algunas características de la vía (ancho de carril, berma, radio de curvatura, etc.) se puede modificar el Nivel de Servicio.

40

APLICACIÓN DE LOS FACTORES DE CORRECCIÓN

Los factores de corrección para el cálculo del Nivel de Servicio se aplican en forma consecutiva. El procedimiento es el siguiente:

Paso 1. Tomar la velocidad ideal de automóviles a flujo libre, (V_1), de la **Tabla. Velocidad media ideal de automóviles a flujo libre en pendientes ascendentes (V_1)**, conociendo la inclinación de la pendiente ascendente en estudio y su longitud. Se obtiene la velocidad media de automóviles, en condiciones ideales (excepto por pendiente).

Paso 2. Tomar el factor de corrección por el efecto de la utilización de la capacidad (f_u) de la **Tabla. Factores de corrección al Nivel de Servicio por el efecto de la utilización de la capacidad (f_u)**, conociendo la relación Volumen-Capacidad. Ambas variables son las correspondientes a sesenta minutos. Ese volumen se designa con el símbolo Q .

Factor de utilización

$$(v/c) = Q / C_{60}$$

Paso 3. Tomar el factor de corrección por efecto combinado del ancho de carril y berma (F_{cb}) de la **Tabla. Factores de corrección al Nivel de Servicio por efecto combinado del ancho de carril y berma (F_{cb})**, conociendo el ancho utilizable de la berma y el ancho del carril.

Paso 4. Se procede a calcular la

$$V_2 = V_1 \times f_u \times f_{cv}$$

Paso 5. Determinar el factor de corrección por presencia de vehículos pesados (F_p) de la **Tabla. Equivalentes camión para corrección al Nivel de Servicio por la presencia de vehículos pesados en pendientes ascendentes (F_p)**, conociendo la inclinación y longitud de la pendiente en estudio se determina el factor de



ESTUDIO DE TRÁNSITO, CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO
PROYECTO: "MEJORAMIENTO EN PAVIMENTO RÍGIDO DE LA CARRERA 16 ENTRE CALLE 5 Y CALLE 5A EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SINCÉ, SUCRE"

equivalencia camiones E_c (sin considerar los buses como vehículo pesado) y se calcula el factor de ajuste aplicando la fórmula:

$$fp = 1 / 1 + \%C(E_c - 1)$$

41

Paso 6. Determinar el factor de ajuste por tortuosidad del tramo en estudio de acuerdo con la **Tabla. Factor de corrección al Nivel de Servicio por efecto de la tortuosidad (FT)**, es necesario previamente haber determinado la tortuosidad del tramo en estudio.

Paso 7. Se determina la velocidad media (VM) de acuerdo con la siguiente formula.

$$VM = V_2 \times fp \times ft$$

Paso 8. Se calcula el porcentaje que se ha perdido con respecto a la velocidad ideal.

$$\frac{V_i}{V_o} \times 100\% = X$$

Con este valor X determinamos el N de S en la Tabla. Definición de Nivel de Servicio con base en la relación entre $VM / V_i * 100$.

La velocidad ideal (V_i) corresponde a 90 km.

9.3 DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO

DATOS



ESTUDIO DE TRÁNSITO, CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO

PROYECTO: "MEJORAMIENTO EN PAVIMENTO RÍGIDO DE LA CARRERA 16 ENTRE CALLE 5 Y CALLE 5A EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SINCÉ, SUCRE"

Teniendo en cuenta, que se escogió el aforo del tramo 1 como referencia, se realizará el análisis para este tramo el cual tiene una longitud de 272 metros y cuenta con un pendiente promedio estimada de 4.41%.

Cálculo de la capacidad

Se calcula la Capacidad del sector en vehículos mixtos máximo, que puede circular durante la hora pico, en ambos sentidos sin causar congestión suponiendo que no hay variaciones aleatorias, C60:

$$C60 = C_i \times F_d \times F_{cb} \times F_p$$

Tabla 15. Factores de corrección a la capacidad por pendiente (Fpe).

Pendiente	Longitud de la pendiente (km)											
	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	0.99	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98
2	0.99	0.98	0.98	0.98	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97
3	0.98	0.97	0.96	0.96	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
4	0.98	0.96	0.95	0.94	0.94	0.94	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93
5	0.98	0.95	0.94	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.91	0.91	0.91	0.91
6	0.97	0.95	0.92	0.91	0.91	0.9	0.9	0.9	0.89	0.89	0.89	0.89
7	0.96	0.93	0.91	0.89	0.89	0.87	0.87	0.87	0.86	0.86	0.86	0.86
8	0.96	0.92	0.89	0.87	0.86	0.85	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84
9	0.94	0.89	0.85	0.83	0.82	0.81	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
10	0.92	0.85	0.81	0.79	0.78	0.77	0.76	0.75	0.75	0.74	0.74	0.74
11	0.9	0.81	0.76	0.73	0.72	0.71	0.7	0.69	0.69	0.68	0.68	0.68
12	0.87	0.76	0.71	0.68	0.67	0.64	0.64	0.63	0.63	0.61	0.61	0.61

Fuente: elaboración propia

- Para una longitud de 272 metros y con pendiente promedio de 4.41% (ascendente) se tiene que $F_{pe} = 0.98$.



ESTUDIO DE TRÁNSITO, CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO
PROYECTO: "MEJORAMIENTO EN PAVIMENTO RÍGIDO DE LA CARRERA 16 ENTRE CALLE 5 Y CALLE 5A EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SINCÉ, SUCRE"

Tabla 16. Factores de corrección a la capacidad por distribución por sentidos (Fd)*.

Distribución por sentidos (% en ascenso)	% de zonas de no rebase					
	0	20	40	60	80	100
50	1	1	1	1	1	1
60	0.9	0.89	0.87	0.86	0.85	0.83
70	0.82	0.8	0.78	0.76	0.74	0.71
80	0.75	0.72	0.7	0.67	0.65	0.63
90	0.69	0.66	0.64	0.61	0.58	0.56
100	0.64	0.61	0.58	0.56	0.53	0.5

Tabla 17. Tipo de terreno según la pendiente promedio

Pendiente	Tipo de terreno
< 3%	Plano
3% y 6%	ondulado
6% y 8%	Montañoso
> 8%	Escarpado

Tabla 18. % de zonas de rebase según el tipo de terreno

ZONAS DE REBASE	
Tipo de terreno	Porcentaje de zonas de no rebase %
Plano	0-20
Ondulado	20-40
Montañoso	40-100
Escarpado	40-100

De acuerdo con el tipo de terreno ondulado tendremos un porcentaje entre el 20-40%

- Para una distribución por sentido de 50/50 y con un porcentaje de zonas de no rebase de 20%-40% se tiene un $F_d = 1,00$

Tabla 19. Factores de corrección a la capacidad por efecto combinado del ancho de carril y berma (Fcb)*.



ESTUDIO DE TRÁNSITO, CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO

PROYECTO: "MEJORAMIENTO EN PAVIMENTO RÍGIDO DE LA CARRERA 16 ENTRE CALLE 5 Y CALLE 5A EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SINCÉ, SUCRE"

Ancho de carril (m)				
Berna	3.65	3.5	3.3	3
1.8	1	0.99	0.98	0.96
1.5	0.99	0.99	0.98	0.95
1.2	0.99	0.98	0.97	0.95
1	0.99	0.98	0.97	0.94
0.5	0.98	0.97	0.96	0.93
0	0.97	0.96	0.95	0.92

- Para las vías se tienen un ancho de carril promedio de 2,50 m, pero se trabaja con 3,0 m que es el mínimo en la tabla y sin bermas se tiene un $F_{cb} = 0,92$.



ESTUDIO DE TRÁNSITO, CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO
PROYECTO: "MEJORAMIENTO EN PAVIMENTO RÍGIDO DE LA CARRERA 16 ENTRE CALLE 5 Y CALLE 5A EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SINCÉ, SUCRE"

Tabla 20. Equivalentes camión Ec.

Equivalentes camión factor de corrección a la capacidad por la presencia de vehículos pesados en pendientes ascendentes (Ec)							
Pendiente ascendente %	Longitud de la pendiente (km)	Porcentaje de vehículos pesados (Buses mas camiones)					
		10	20	30	40	50	60
4	1.5	2.9	2.17	2	1.88	1.78	1.75
4	2	3.05	2.33	2.05	1.92	1.86	1.78
4	3	3.2	2.41	2.11	2.02	1.94	1.86
4	4	3.35	2.49	2.17	2.02	1.94	1.9
4	5	3.5	2.49	2.23	2.07	1.99	1.94
5	0.5	1.87	1.81	1.73	1.71	1.67	1.62
5	1	2.76	2.25	2	1.88	1.82	1.75
5	1.5	3.2	2.41	2.11	2.02	1.9	1.9
5	2	3.5	2.49	2.23	2.07	1.99	1.98
5	3	3.66	2.67	2.3	2.12	2.03	1.98
5	4	3.82	2.76	2.36	2.18	2.08	2.02
5	5	3.99	2.76	2.43	2.23	2.13	2.02
6	0.5	2.11	1.95	1.89	1.79	1.74	1.71
6	1	3.35	2.49	2.23	2.07	1.99	1.9
6	1.5	3.66	2.67	2.36	2.18	2.08	1.98
6	2	3.99	2.76	2.43	2.23	2.13	2.02
6	3	4.16	2.94	2.5	2.29	2.17	2.07
6	4	4.33	2.94	2.57	2.35	2.17	2.11
6	5	4.33	3.04	2.64	2.41	2.23	2.16
7	0.5	2.24	2.1	1.94	1.88	1.82	1.78
7	1	3.82	2.76	2.36	2.23	2.13	2.07
7	1.5	4.16	2.94	2.57	2.35	2.23	2.16
7	2	4.51	3.14	2.64	2.47	2.33	2.26
7	3	4.89	3.35	2.64	2.6	2.45	2.31
7	4	5.08	3.46	2.88	2.67	2.51	2.36
7	5	5.08	3.46	2.96	2.67	2.51	2.42
8	0.5	2.49	2.17	2.05	1.92	1.86	1.82
8	1	4.16	2.94	2.57	2.35	2.23	2.16
8	1.5	4.7	3.25	2.79	2.53	2.39	2.31
8	2	5.08	3.46	2.96	2.67	2.51	2.48
8	3	5.49	3.69	3.13	2.81	2.64	2.48
8	4	5.71	3.81	3.22	2.89	2.7	2.54
8	5	5.93	3.94	3.22	2.96	2.77	2.6
9	0.5	2.63	2.33	2.17	2.02	1.94	1.9

- Para una pendiente de ascenso de 4.41% en una longitud de 272 metros y con porcentaje de vehículos pesados de 43% se tiene un $E_c = 1.898$



ESTUDIO DE TRÁNSITO, CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO
PROYECTO: "MEJORAMIENTO EN PAVIMENTO RÍGIDO DE LA CARRERA 16 ENTRE CALLE 5 Y CALLE 5A EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SINCÉ, SUCRE"

A partir del valor de E_c determinamos el valor de F_p , teniendo en cuenta que el porcentaje de vehículos pesados es del 43%.

$$F_p = \left(\frac{1}{1 + P_c(E_c - 1)} \right)$$

$$F_p = \left(\frac{1}{1 + 43\%(1.898 - 1)} \right)$$

$$F_p = 0.72$$

46

Tabla 21. Factores de pico horario basados en períodos de cinco minutos suponiendo llegadas de vehículos aleatorias (FPH)*.

Volumen horario total Veh/h (C60)	Factor de pico horario	Volumen horario total Veh/h (C60) 2	Factor de pico horario 2
100	0.68	1400	0.89
200	0.7	1600	0.9
300	0.72	1800	0.92
400	0.74	2000	0.93
600	0.78	2200	0.95
800	0.81	2400	0.95
1000	0.84	2600	0.96
1200	0.86	2800	0.97

- Para el volumen horario total se tomará el valor de 100veh/h ya que es el menor, en este caso se tiene que FPH = 0.68.

A partir de los datos obtenidos anteriormente se tienen el valor de la capacidad a los 60 minutos.

$$C_{60} = C_i \times F_d \times F_{cb} \times F_p$$

$$C_{60} = 3200 \times 1 \times 0.92 \times 0.72$$

$$C_{60} = 2120 \frac{veh}{h}$$

- Se determina el Volumen mixto máximo que debe circular durante la hora pico sin que se produzca congestión durante el período de cinco minutos de mayor tránsito de esa hora, C_5 es:



ESTUDIO DE TRÁNSITO, CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO
PROYECTO: "MEJORAMIENTO EN PAVIMENTO RÍGIDO DE LA CARRERA 16 ENTRE CALLE 5 Y CALLE 5A EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SINCÉ, SUCRE"

$$C60 \times FPH = C5$$

$$2200 \frac{veh}{h} \times 0.68 = C5$$

$$1442 \frac{veh}{h} = C5$$

47

Determinación del nivel de servicio

- En la siguiente tabla se encuentra la velocidad ideal a flujo libre (Vi) en pendientes ascendentes para una pendiente dada y una longitud caracterizada.

Tabla 22. Velocidad media ideal de automóviles a flujo libre en pendientes ascendentes (Vi).

PEND. ASC. %	Longitud de la pendiente (km)											
	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6
0	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
1	88	86	86	86	85	85	85	85	85	85	85	85
2	86	82	81	81	80	80	80	80	80	80	80	80
3	83	79	77	76	75	75	75	75	75	75	75	75
4	82	77	74	72	70	70	69	69	69	69	68	68
5	81	74	70	68	66	66	65	65	64	64	64	64
6	80	73	67	65	63	62	61	61	60	60	60	60
7	78	69	63	60	59	56	55	55	54	54	54	54
8	76	66	60	55	54	52	51	51	50	50	49	49
9	70	59	52	49	48	46	44	44	43	43	43	43
10	66	52	46	42	41	40	39	38	38	37	37	37
11	61	46	39	38	35	34	33	31	31	30	30	30
12	55	39	34	30	29	27	27	26	26	25	25	25

- Se determina el valor de V1 para una pendiente ascendiente de 4.41% y longitud de 272 metros, V1=82 Km/h.

Con el valor de Q que es el número de vehículos por hora se determina el valor Fu.



ESTUDIO DE TRÁNSITO, CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO
PROYECTO: "MEJORAMIENTO EN PAVIMENTO RÍGIDO DE LA CARRERA 16 ENTRE CALLE 5 Y CALLE 5A EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SINCÉ, SUCRE"

$$Q = \frac{TPD}{24}$$

$$Q = \frac{14 \text{ Vehiculos}}{24 \text{ horas}}$$

$$Q = 0.58 \frac{Veh}{horas}$$

$$Q = 0.6 \frac{Veh}{horas}$$

48

Capacidad Q/C₆₀

$$\text{Relación capacidad} = \frac{Q}{C_{60}}$$

$$\text{Relación capacidad} = \frac{0.6 \frac{veh}{horas}}{2120 \frac{veh}{h}}$$

$$\text{Relación capacidad} = 0.000283$$

$$\text{Relación capacidad} = 0.000283 \sim 0.1$$

Tabla 23. Factores de corrección al Nivel de Servicio por el efecto de la utilización de la capacidad (fu).

Relación Volumen-Capacidad Q/C ₆₀	Factor de corrección fu
0.1	0.99
0.2	0.98
0.3	0.96
0.4	0.92
0.5	0.87
0.6	0.82
0.7	0.75
0.8	0.68
0.9	0.59
1	0.5



ESTUDIO DE TRÁNSITO, CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO

PROYECTO: "MEJORAMIENTO EN PAVIMENTO RÍGIDO DE LA CARRERA 16 ENTRE CALLE 5 Y CALLE 5A EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SINCÉ, SUCRE"

- Se determina el valor de $F_u=0.99$

Tabla 24. Factores de corrección al Nivel de Servicio por efecto combinado del ancho de carril y berma (fcb).

Ancho de la berma (m)	Ancho de carril (m)				
	3.65	3.5	3.3	3	2.7
1.8	1	0.97	0.93	0.85	0.73
1.5	0.98	0.95	0.91	0.83	0.71
1.2	0.96	0.93	0.89	0.81	0.7
1	0.95	0.92	0.88	0.8	0.69
0.5	0.91	0.88	0.84	0.76	0.66
0	0.88	0.85	0.81	0.73	0.63

- Para las vías se tienen un ancho de carril promedio de 2.5m, pero se trabaja con 2.7 m que es el valor mínimo en la tabla y sin bermas se tiene un $F_{cb} = 0.63$.

Determinamos el valor de V_2 para posteriormente hallar F_p .

$$V_2 = V_1 \times F_u \times F_{cb}$$

$$V_2 = 82 \frac{Km}{h} \times 0.99 \times 0.63$$

$$V_2 = 51.14 \frac{Km}{h} \sim 51 \frac{Km}{h}$$



ESTUDIO DE TRÁNSITO, CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO

PROYECTO: "MEJORAMIENTO EN PAVIMENTO RÍGIDO DE LA CARRERA 16 ENTRE CALLE 5 Y CALLE 5A EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SINCÉ, SUCRE"

Tabla 25. Equivalentes camión para corrección al Nivel de Servicio por la presencia de vehículos pesados en pendientes ascendentes (Fp).

Tipo de terreno	Longitud de la pendiente (km)	Velocidad de autos (V2) (km/h)	Porcentaje de vehículos pesados									
			10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Plano (pendiente longitudinal < 3 %)	2	40	1.00	1.00	1.04	1.10	1.12	1.13	1.14	1.13	1.14	1.14
	2	50	1.00	1.02	1.06	1.11	1.14	1.14	1.15	1.14	1.15	1.14
	2	60	1.13	1.23	1.23	1.24	1.24	1.23	1.22	1.21	1.21	1.20
	2	70	1.84	1.63	1.51	1.45	1.42	1.38	1.35	1.32	1.31	1.29
	2	80	2.50	1.98	1.74	1.63	1.56	1.50	1.46	1.42	1.40	1.37
	2	90	2.99	2.23	1.91	1.77	1.67	1.60	1.54	1.49	1.46	1.43
	2.5	40	1.00	1.00	1.04	1.10	1.12	1.13	1.14	1.13	1.14	1.14
	2.5	50	1.00	1.02	1.06	1.11	1.14	1.14	1.15	1.14	1.15	1.14
	2.5	60	1.13	1.23	1.23	1.24	1.24	1.23	1.22	1.21	1.21	1.20
	2.5	70	1.84	1.63	1.51	1.45	1.42	1.38	1.35	1.32	1.31	1.29
	2.5	80	2.60	2.03	1.78	1.66	1.58	1.52	1.48	1.43	1.41	1.38
	2.5	90	3.04	2.26	1.93	1.78	1.68	1.61	1.55	1.50	1.47	1.44
	3	40	1.00	1.00	1.04	1.10	1.12	1.13	1.14	1.13	1.14	1.14
	3	50	1.00	1.02	1.06	1.11	1.14	1.14	1.15	1.14	1.15	1.14
	3	60	1.13	1.23	1.23	1.24	1.24	1.23	1.22	1.21	1.21	1.20
	3	70	1.84	1.63	1.51	1.45	1.42	1.38	1.35	1.32	1.31	1.29
	3	80	2.65	2.06	1.79	1.67	1.60	1.53	1.48	1.44	1.42	1.39
	3	90	3.09	2.28	1.95	1.79	1.69	1.62	1.56	1.51	1.47	1.44
	3.5	40	1.00	1.00	1.04	1.10	1.12	1.13	1.14	1.13	1.14	1.14
	3.5	50	1.00	1.02	1.06	1.11	1.14	1.14	1.15	1.14	1.15	1.14
	3.5	60	1.13	1.23	1.23	1.24	1.24	1.23	1.22	1.21	1.21	1.20
	3.5	70	1.84	1.63	1.51	1.45	1.42	1.38	1.35	1.32	1.31	1.29
	3.5	80	2.65	2.06	1.79	1.67	1.60	1.53	1.48	1.44	1.42	1.39
	3.5	90	3.09	2.28	1.95	1.79	1.69	1.62	1.56	1.51	1.47	1.44
ONDULADO (3 % <= pendiente longitudinal < 6 %)	0.5	20	1.00	1.00	1.04	1.10	1.12	1.13	1.14	1.13	1.14	1.14
	0.5	30	1.00	1.00	1.04	1.10	1.12	1.13	1.14	1.13	1.14	1.14
	0.5	40	1.00	1.00	1.04	1.10	1.12	1.13	1.14	1.13	1.14	1.14
	0.5	50	1.01	1.12	1.16	1.19	1.20	1.19	1.19	1.18	1.18	1.18
	0.5	60	1.51	1.46	1.39	1.36	1.34	1.32	1.30	1.28	1.27	1.25
	0.5	70	2.03	1.74	1.58	1.51	1.46	1.42	1.38	1.35	1.34	1.32
	0.5	80	2.57	2.01	1.77	1.65	1.58	1.52	1.47	1.43	1.41	1.38
	1	20	1.00	1.00	1.04	1.10	1.12	1.13	1.14	1.13	1.14	1.14



ESTUDIO DE TRÁNSITO, CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO

PROYECTO: "MEJORAMIENTO EN PAVIMENTO RÍGIDO DE LA CARRERA 16 ENTRE CALLE 5 Y CALLE 5A EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SINCÉ, SUCRE"

- Como nuestra pendiente esta entre 3% y 6% nos ubicamos en terreno ondulado, el tramo tiene una longitud de 272, $V_2 = 51$ Km/h y porcentaje de vehículos pesados es del 43%, el valor de $F_p = 1.21$

Tabla 26. Factor de corrección al Nivel de Servicio por efecto de la tortuosidad (Ft).

Pendiente (%)	Tortuosidad (°/km)	ft
0	<=40	1.00
<2.5	<110	0.99
<4	<200	0.99
<6	<400	0.98
<8	<800	0.97

51

- El tramo tiene una pendiente promedio de 4.41% por ende el valor de $F_t = 0.98$.

Determinamos el valor de VM

$$VM = V_2 \times F_p \times F_t$$

$$VM = 51 \frac{Km}{h} \times 1.21 \times 0.98$$

$$VM = 60.48 \frac{Km}{h}$$

$$VM = 61 \frac{Km}{h}$$

Tabla 27. Definición de Nivel de Servicio con base en la relación entre $VM / V_i \times 100$.

Tipo de terreno	Nivel de Servicio					
	A	B	C	D	E	F
Piano	>92 %	92 %-80 %	80 %-69 %	69 %-58 %	58 %-47 %	<47 %
Ondulado	>76 %	76 %-66 %	66 %-57 %	57 %-48 %	48 %-38 %	<38 %
Montañoso	>58 %	58 %-50 %	50 %-43 %	43 %-37 %	37 %-29 %	<29 %
Escarpado	>40 %	40 %-34 %	34 %-30 %	30 %-26 %	26 %-20 %	<20 %



ESTUDIO DE TRÁNSITO, CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO

PROYECTO: "MEJORAMIENTO EN PAVIMENTO RÍGIDO DE LA CARRERA 16 ENTRE CALLE 5 Y CALLE 5A EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SINCÉ, SUCRE"

- Haciendo la relación entre VM y Vi ideal de 90km/h tenemos un porcentaje de 67,77 %, con terreno ondulado, por ende, se encuentra en nivel de servicio B.



ESTUDIO DE TRÁNSITO, CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO
PROYECTO: "MEJORAMIENTO EN PAVIMENTO RÍGIDO DE LA CARRERA 16 ENTRE CALLE 5 Y CALLE 5A EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SINCÉ, SUCRE"

10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- De acuerdo con las características de tránsito presentadas, El tramo de vía será diseñado con un NT0.
- En el tramo evaluado, se observó que la pendiente es media y el terreno se mantiene mayormente ondulado. Requiere moderado movimiento de tierras, lo que permite alineamientos más o menos rectos, sin mayores dificultades en el trazado y en la explanación, así como pendientes longitudinales típicamente del 3 al 6 %.
- Según la información obtenida en este estudio se debe proponer una estructura de pavimento para la circulación de vehículos Y gran cantidad de camiones.
- El tramo vial tiene un Nivel de Servicio B: comienzan a aparecer restricciones al flujo libre o las especificaciones geométricas reducen algo la velocidad. La libertad para conducir con la velocidad deseada y la facilidad de maniobrar dentro de la corriente vehicular se ven disminuidas, al ocurrir ligeras interferencias con otros vehículos o existir condiciones de vía que ofrecen pocas restricciones. Para mantener esta velocidad es preciso adelantar con alguna frecuencia otros vehículos. El nivel general de libertad y comodidad que tiene el conductor es bueno.

53

"MEJORAMIENTO EN PAVIMENTO RÍGIDO DE LA CARRERA 16 ENTRE CALLE 5 Y CALLE 5A EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SINCÉ, SUCRE"

ANDREA CAMILA CABALLERO HERNÁNDEZ
INGENIERA CIVIL

Máster en Construcción, Mantenimiento y Explotación de Carreteras
MP N° 081037 - 0565804 COR



ESTUDIO DE TRÁNSITO, CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO
PROYECTO: "MEJORAMIENTO EN PAVIMENTO RÍGIDO DE LA CARRERA 16 ENTRE CALLE 5 Y CALLE 5A EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SINCÉ, SUCRE"

Municipio de Sincé, 28 de febrero del 2025

Señor:

MIGUEL ANTONIO DE LA OSSA LOBO

Secretario de Planeación del municipio de Sincé/Sucre

54

Asunto: Certificación de Estudio

Certifico que he realizado el Estudio de tránsito para el Proyecto **"MEJORAMIENTO EN PAVIMENTO RÍGIDO DE LA CARRERA 16 ENTRE CALLE 5 Y CALLE 5A EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SINCÉ, SUCRE"**, a construirse en el Municipio de Sincé, del Departamento de Sucre, de acuerdo con los requisitos técnicos vigentes, establecidos en el Manual de Diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito del INVIAS, cuyos resultados se encuentran consignados en el estudio de tránsito.

Este no puede ser modificado sin mi autorización una vez sea viabilizado el proyecto.

Para los fines pertinentes, anexo copia de mi Tarjeta Profesional y original del certificado de vigencia y antecedentes profesionales.

"MEJORAMIENTO EN PAVIMENTO RÍGIDO DE LA CARRERA 16 ENTRE CALLE 5 Y CALLE 5A EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SINCÉ, SUCRE"

ANDREA CAMILA CABALLERO HERNÁNDEZ
INGENIERA CIVIL

Máster en Construcción, Mantenimiento y Explotación de Carreteras
MP N° 081037 - 0565804 COR



ESTUDIO DE TRÁNSITO, CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO
PROYECTO: "MEJORAMIENTO EN PAVIMENTO RÍGIDO DE LA CARRERA 16 ENTRE
CALLE 5 Y CALLE 5A EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SINCÉ, SUCRE"



ESTUDIO DE TRÁNSITO, CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO
PROYECTO: "MEJORAMIENTO EN PAVIMENTO RÍGIDO DE LA CARRERA 16 ENTRE
CALLE 5 Y CALLE 5A EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SINCÉ, SUCRE"



Certificado de vigencia y antecedentes disciplinarios
CVAD 2025-3265565

56

CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERÍA
COPNIA

EL DIRECTOR GENERAL

CERTIFICA:

1. Que **ANDREA CAMILA CABALLERO HERNANDEZ**, identificado(a) con Cedula de Ciudadanía 1103122808, se encuentra inscrito(a) en el Registro Profesional Nacional que lleva esta entidad, en la profesión de **INGENIERIA CIVIL** con **MATRICULA PROFESIONAL 081037-0565804 COR** desde el 10 de Mayo de 2021, otorgado(a) mediante Resolución Nacional R2021068286.
2. Que el(la) **MATRICULA PROFESIONAL** es la autorización que expide el Estado para que el titular ejerza su profesión en todo el territorio de la República de Colombia, de conformidad con lo dispuesto en la Ley 842 de 2003.
3. Que el(la) referido(a) **MATRICULA PROFESIONAL** se encuentra **VIGENTE**
4. Que el profesional no tiene antecedentes disciplinarios ético profesionales.
5. Que la presente certificación se expide en Bogotá, D.C., a los ocho (08) días del mes de Enero del año dos mil veinticinco (2025).

Rubén Dario Ochoa Arbeláez

VALIDO PARA "MEJORAMIENTO EN PAVIMENTO RÍGIDO DE LA CARRERA 16 ENTRE CALLE 5 Y CALLE 5A EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SINCÉ, SUCRE"

(*) Con el fin de verificar que el titular autoriza su participación en procesos estatales de selección de contrato, el titular debe firmar el presente documento.
El presente es un documento público expedido electrónicamente con firma digital que garantiza su plena validez jurídica y probatoria según lo establecido en la Ley 527 de 1999. Para verificar la firma digital, consulte las propiedades del documento original en formato .pdf.
Para verificar la integridad e inalterabilidad del presente documento consulte en el sitio web https://tramites.copnia.gov.co/Copnia_Microsite/CertificateOfGoodStanding/CertificateOfGoodStandingStart indicado el número del certificado que se encuentra en la esquina superior derecha de este documento.



ESTUDIO DE TRÁNSITO, CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO
PROYECTO: "MEJORAMIENTO EN PAVIMENTO RÍGIDO DE LA CARRERA 16 ENTRE
CALLE 5 Y CALLE 5A EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SINCÉ, SUCRE"



LA UNIVERSIDAD INTERNACIONAL ISABEL I DE CASTILLA

Hace constar que

Andrea Camila Caballero Hernández

ha cursado los estudios correspondientes al programa que figura en el dorso,
impartido por **Structuralia** y certificado por la **Universidad Internacional Isabel I de Castilla**,
con una duración de 1500 horas (equivalente a 60 ECTS),
por lo que se expide la presente certificación.

MÁSTER EN CONSTRUCCIÓN, MANTENIMIENTO Y EXPLOTACIÓN DE CARRETERAS*

que acredita haber superado con aprovechamiento las mencionadas enseñanzas.

En Burgos, a 28 de agosto de 2023.


EL/LA INTERESADO/A

Andrea Camila Caballero Hernández
Documento Identificativo: 1103122808

Número de Registro: FV: 202208859

RECTOR DE LA UNIVERSIDAD ISABEL I
Alberto Gómez Barahona



ESTUDIO DE TRÁNSITO, CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO
PROYECTO: "MEJORAMIENTO EN PAVIMENTO RÍGIDO DE LA CARRERA 16 ENTRE
CALLE 5 Y CALLE 5A EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SINCÉ, SUCRE"

11. ANEXOS

58





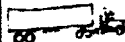




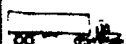
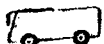


100



PROYECTO		MEJORAMIENTO EN PAVIMENTO RÍGIDO DE LA CARRERA 16 ENTRE CALLE 5 Y CALLE 5A Y LA CALLE 8 Y CARRERA 18 ENTRE CARRERA 16 Y CALLE 10 EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SINCÉ, SUCRE						
FECHA		ESTACION DE AFORO		# 2				
AFORADOR		German Garcia Pellet						
ICONO		     						
HORA INICIO	HORA FIN	MOV.	AUTOMOVILES/ CAMIONETAS	C2-P	C2-G	C3	C5	BUSES
06:00	06:15							
06:15	06:30							
06:30	06:45							
06:45	07:00							
07:00	07:15							
07:15	07:30							
07:30	07:45							
07:45	08:00							
08:00	08:15							
08:15	08:30							
08:30	08:45							
08:45	09:00							
09:00	09:15							
09:15	09:30							
09:30	09:45							
09:45	10:00							
10:00	10:15							
10:15	10:30							
10:30	10:45							
10:45	11:00							
11:00	11:15							
11:15	11:30							
11:30	11:45							
11:45	12:00							
12:00	12:15							
12:15	12:30							
12:30	12:45							
12:45	13:00							
13:00	13:15							
13:15	13:30							
13:30	13:45							
13:45	14:00							
14:00	14:15							
14:15	14:30							
14:30	14:45							
14:45	15:00							
15:00	15:15							
15:15	15:30							
15:30	15:45							
15:45	16:00							
16:00	16:15							
16:15	16:30							
16:30	16:45							
16:45	17:00							
17:00	17:15							
17:15	17:30							
17:30	17:45							
17:45	18:00							
TOTAL			3	2	7			

German Garcia
 FIRMA AFORADOR

PROYECTO		"MEJORAMIENTO EN PAVIMENTO RÍGIDO DE LA CARRERA 16 ENTRE CALLE 5 Y CALLE 5A Y LA CALLE 8 Y CARRERA 18 ENTRE CARRERA 14 Y CALLE 10 EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SINCÉ, SUCRE"						
FECHA		04/02/2023		ESTACION DE AFORO		# 2		
AFORADOR		German Garcia Riera						
ICONO								
HORA INICIO	HORA FIN	MOV.	AUTOMOVILES/ CAMIONETAS	C2-F	C2-G	C3	C5	BUSES
06:00	06:15							
06:15	06:30							
06:30	06:45							
06:45	07:00							
07:00	07:15							
07:15	07:30							
07:30	07:45							
07:45	08:00							
08:00	08:15							
08:15	08:30		1					
08:30	08:45							
08:45	09:00							
09:00	09:15							
09:15	09:30				1			
09:30	09:45							
09:45	10:00							
10:00	10:15							
10:15	10:30		1					
10:30	10:45							
10:45	11:00							
11:00	11:15							
11:15	11:30							
11:30	11:45							
11:45	12:00							
12:00	12:15							
12:15	12:30		1					
12:30	12:45							
12:45	13:00							
13:00	13:15							
13:15	13:30							
13:30	13:45							
13:45	14:00							
14:00	14:15				1			
14:15	14:30							
14:30	14:45							
14:45	15:00							
15:00	15:15							
15:15	15:30							
15:30	15:45							
15:45	16:00							
16:00	16:15							
16:15	16:30							
16:30	16:45							
16:45	17:00							
17:00	17:15		1					
17:15	17:30							
17:30	17:45							
17:45	18:00							
TOTAL			4		2			

German Garcia
 FIRMA AFORADOR

PROYECTO		"MEJORAMIENTO EN PAVIMENTO RÍGIDO DE LA CARRERA 16 ENTRE CALLE 5 Y CALLE 5A Y LA CALLE 8 Y CARRERA 18 ENTRE CARRERA 16 Y CALLE 10 EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SINCÉ, SUCRE"						
FECHA		ESTACION DE AFORO						
AFORADOR								
ICONO								
HORA INICIO	HORA FIN	MOV.	AUTOMOVILES/ CAMIONETAS	C2-F	C2-G	C3	C5	BUSES
06:00	06:15							
06:15	06:30							
06:30	06:45							
06:45	07:00		1					
07:00	07:15							
07:15	07:30							
07:30	07:45							
07:45	08:00							
08:00	08:15							
08:15	08:30							
08:30	08:45							
08:45	09:00							
09:00	09:15							
09:15	09:30							
09:30	09:45			1				
09:45	10:00							
10:00	10:15							
10:15	10:30							
10:30	10:45							
10:45	11:00							
11:00	11:15							
11:15	11:30							
11:30	11:45							
11:45	12:00							
12:00	12:15							
12:15	12:30							
12:30	12:45		1					
12:45	13:00							
13:00	13:15							
13:15	13:30							
13:30	13:45							
13:45	14:00							
14:00	14:15							
14:15	14:30							
14:30	14:45							
14:45	15:00							
15:00	15:15							
15:15	15:30							
15:30	15:45							
15:45	16:00							
16:00	16:15							
16:15	16:30		1					
16:30	16:45							
16:45	17:00							
17:00	17:15							
17:15	17:30							
17:30	17:45							
17:45	18:00							
TOTAL			3	1				

German Garcia

FIRMA AFORADOR

PROYECTO		"MEJORAMIENTO EN PAVIMENTO RIGIDO DE LA CARRERA 16 ENTRE CALLE 5 Y CALLE 5A Y LA CALLE 8 Y CARRERA 10 ENTRE CARRERA 16 Y CALLE 10 EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SINCÉ, SUCRE"						
FECHA		ESTACION DE AFORO		# 2				
AFORADOR		German Garcia Perez						
ICONO		     						
HORA INICIO	HORA FIN	MOV.	AUTOMOVILES/ CAMIONETAS	C2-P	C2-G	C3	C5	BUSES
06:00	06:15							
06:15	06:30							
06:30	06:45							
06:45	07:00							
07:00	07:15							
07:15	07:30							
07:30	07:45							
07:45	08:00							
08:00	08:15				1			
08:15	08:30							
08:30	08:45							
08:45	09:00		1					
09:00	09:15							
09:15	09:30							
09:30	09:45							
09:45	10:00							
10:00	10:15							
10:15	10:30							
10:30	10:45							
10:45	11:00		1					
11:00	11:15							
11:15	11:30							
11:30	11:45							
11:45	12:00			1				
12:00	12:15							
12:15	12:30							
12:30	12:45							
12:45	13:00							
13:00	13:15							
13:15	13:30							
13:30	13:45							
13:45	14:00							
14:00	14:15							
14:15	14:30							
14:30	14:45							
14:45	15:00							
15:00	15:15							
15:15	15:30							
15:30	15:45							
15:45	16:00							
16:00	16:15							
16:15	16:30							
16:30	16:45							
16:45	17:00							
17:00	17:15							
17:15	17:30							
17:30	17:45							
17:45	18:00							
TOTAL			2	1	1			

German Garcia

FIRMA AFORADOR

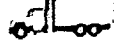
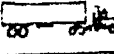
PROYECTO		"MEJORAMIENTO EN PAVIMENTO RIGIDO DE LA CARRERA 16 ENTRE CALLE 5 Y CALLE 5A Y LA CALLE 8 Y CARRERA 18 ENTRE CARRERA 14 Y CALLE 10 EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SINCÉ, SUCRE"						
FECHA		ESTACION DE AFORO						
AFORADOR								
ICONO								
HORA INICIO	HORA FIN	MOV.	AUTOMOVILES/ CAMIONETAS	C2-P	C2-G	C3	C5	BUSES
06:00	06:15							
06:15	06:30							
06:30	06:45							
06:45	07:00							
07:00	07:15			1				
07:15	07:30							
07:30	07:45							
07:45	08:00							
08:00	08:15		1					
08:15	08:30							
08:30	08:45							
08:45	09:00							
09:00	09:15							
09:15	09:30							
09:30	09:45		1					
09:45	10:00							
10:00	10:15							
10:15	10:30							
10:30	10:45							
10:45	11:00							
11:00	11:15							
11:15	11:30							
11:30	11:45							
11:45	12:00							
12:00	12:15							
12:15	12:30							
12:30	12:45							
12:45	13:00							
13:00	13:15							
13:15	13:30							
13:30	13:45		1					
13:45	14:00							
14:00	14:15							
14:15	14:30							
14:30	14:45							
14:45	15:00							
15:00	15:15		1					
15:15	15:30							
15:30	15:45			1				
15:45	16:00							
16:00	16:15							
16:15	16:30							
16:30	16:45							
16:45	17:00							
17:00	17:15							
17:15	17:30							
17:30	17:45							
17:45	18:00							
TOTAL			4	2				

Gelman Garcia
FIRMA AFORADOR

PROYECTO		"MEJORAMIENTO EN PAVIMENTO RÍGIDO DE LA CARRERA 16 ENTRE CALLE 5 Y CALLE 5A Y LA CALLE 8 Y CARRERA 18 ENTRE CARRERA 16 Y CALLE 10 EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SINCÉ, SUCRE"						
FECHA		ESTACION DE AFORO						
AFORADOR								
ICONO								
HORA INICIO	HORA FIN	MOV.	AUTOMOVILES/ CAMIONETAS	C2-F	C2-G	C3	C5	BUSES
04:00	04:15							
04:15	04:30							
04:30	04:45							
04:45	07:00							
07:00	07:15							
07:15	07:30		1					
07:30	07:45							
07:45	08:00							
08:00	08:15			1				
08:15	08:30							
08:30	08:45							
08:45	09:00							
09:00	09:15							
09:15	09:30							
09:30	09:45							
09:45	10:00							
10:00	10:15		1					
10:15	10:30							
10:30	10:45							
10:45	11:00							
11:00	11:15							
11:15	11:30							
11:30	11:45							
11:45	12:00							
12:00	12:15		1					
12:15	12:30							
12:30	12:45							
12:45	13:00							
13:00	13:15							
13:15	13:30							
13:30	13:45							
13:45	14:00							
14:00	14:15							
14:15	14:30		1					
14:30	14:45				1			
14:45	15:00							
15:00	15:15							
15:15	15:30							
15:30	15:45							
15:45	16:00		1					
16:00	16:15							
16:15	16:30							
16:30	16:45							
16:45	17:00							
17:00	17:15							
17:15	17:30							
17:30	17:45							
17:45	18:00							
TOTAL			5	1	1			

German Garcia

FIRMA AFORADOR

PROYECTO			MEJORAMIENTO EN PAVIMENTO RÍGIDO DE LA CARRERA 16 ENTRE CALLE 5 Y CALLE 5A Y LA CALLE 8 Y CARRERA 18 ENTRE CARRERA 16 Y CALLE 10 EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SINCÉ, SUCRE					
FECHA			ESTACION DE AFORO		# 2			
AFORADOR			García		por el			
ICONO								
HORA INICIO	HORA FIN	MOV.	AUTOMOVILES/ CAMIONETAS	C2-P	C2-G	C3	C5	BUSES
04:00	04:15							
04:15	04:30							
04:30	04:45							
04:45	07:00							
07:00	07:15							
07:15	07:30							
07:30	07:45							
07:45	08:00							
08:00	08:15							
08:15	08:30							
08:30	08:45							
08:45	09:00							
09:00	09:15		1					
09:15	09:30							
09:30	09:45							
09:45	10:00							
10:00	10:15							
10:15	10:30							
10:30	10:45							
10:45	11:00							
11:00	11:15							
11:15	11:30							
11:30	11:45							
11:45	12:00							
12:00	12:15							
12:15	12:30							
12:30	12:45							
12:45	13:00							
13:00	13:15							
13:15	13:30							
13:30	13:45							
13:45	14:00		1					
14:00	14:15							
14:15	14:30							
14:30	14:45							
14:45	15:00							
15:00	15:15							
15:15	15:30							
15:30	15:45							
15:45	16:00							
16:00	16:15							
16:15	16:30							
16:30	16:45							
16:45	17:00							
17:00	17:15							
17:15	17:30							
17:30	17:45							
17:45	18:00							
TOTAL			2					

Germán García

FIRMA AFORADOR