

ANEXO B

INDICE DE MOVILIDAD SOSTENIBLE PARA CORREDORES VIALES IMCV

Guía de indicadores

ÍNDICE DE MOVILIDAD SOSTENIBLE PARA CORREDORES VIALES - IMCV

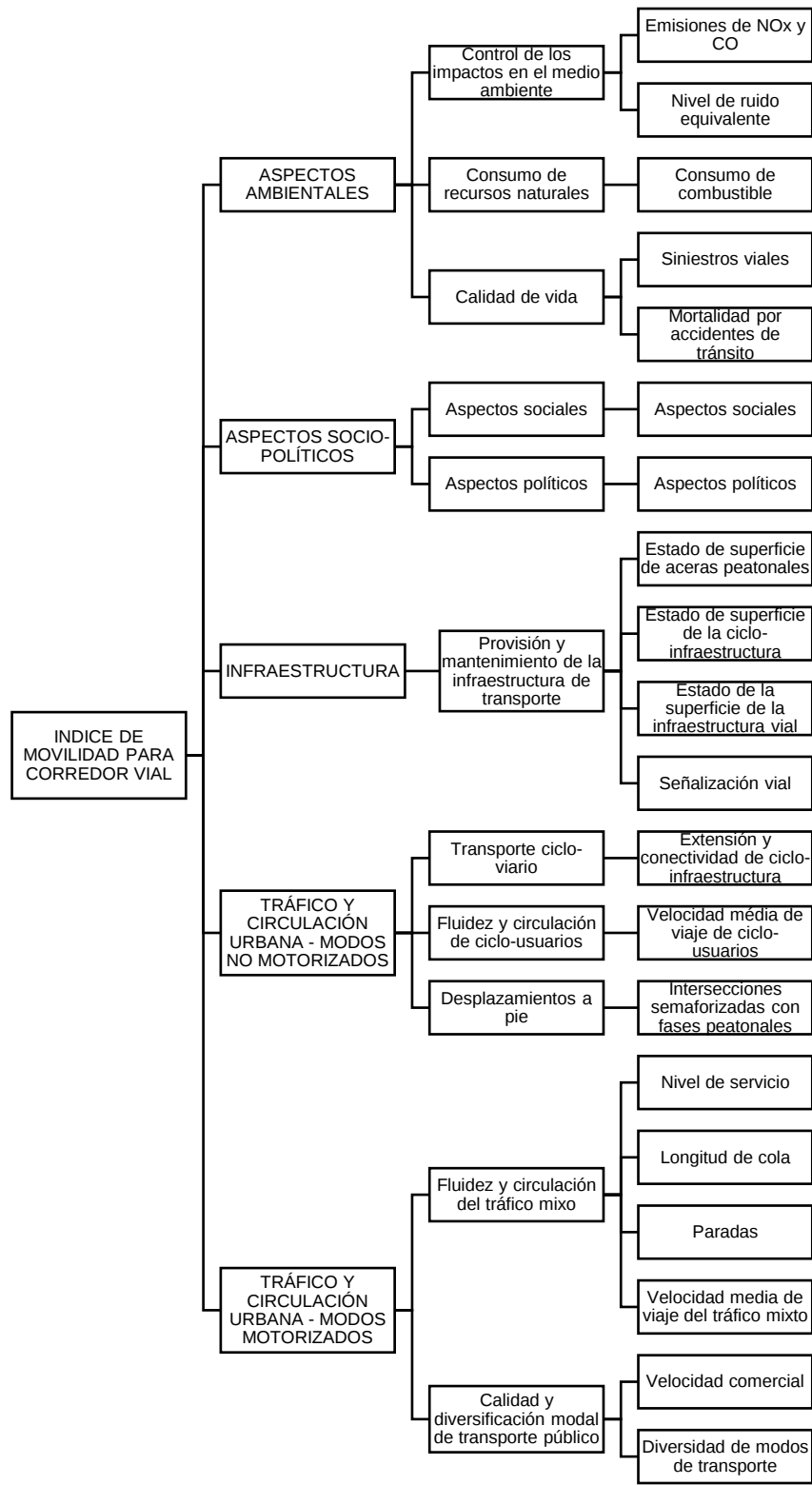
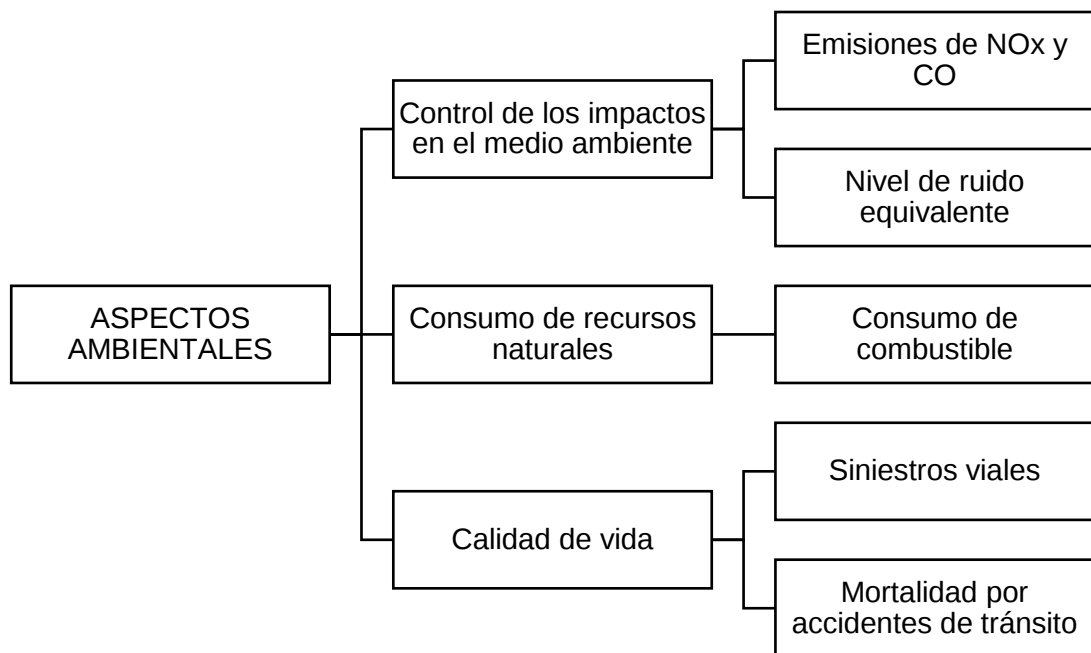


TABLA DE CONTENIDO

1	ASPECTOS AMBIENTALES	5
1.1	CONTROL DE LOS IMPACTOS EN EL MEDIO AMBIENTE	5
1.1.1	Emisiones de NOx y CO.....	5
1.1.2	Nivel de ruido equivalente	8
1.2	CONSUMO DE RECURSOS NATURALES	11
1.2.1	Consumo de combustible	11
1.3	CALIDAD DE VIDA	13
1.3.1	Siniestros viales.....	13
1.3.2	Mortalidad por accidentes de tránsito	15
2	ASPECTOS SOCIO-POLÍTICOS	18
2.1	ASPECTOS SOCIALES.....	18
2.1.1	Aspectos sociales	18
2.2	ASPECTOS POLÍTICOS.....	21
2.2.1	Aspectos políticos.....	21
3	INFRAESTRUCTURA	24
3.1	PROVISIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE	24
3.1.1	Estado de la superficie de aceras peatonales.....	24
3.1.2	Estado de la superficie de la ciclo-infraestructura.....	26
3.1.3	Evaluación del estado de la superficie de infraestructura vial	28
3.1.4	Señalización vial	31
4	TRÁFICO Y CIRCULACIÓN URBANA - MODOS NO MOTORIZADOS	34
4.1	TRANSPORTE CICLO-VIARIO	34
4.1.1	Extensión y conectividad de ciclo-infraestructura	34
4.2	FLUIDEZ Y CIRCULACIÓN DE CICLISTAS	36
4.2.1	Velocidad media de viaje de ciclo-usuarios	36
4.3	DESPLAZAMIENTOS A PIE.....	38
4.3.1	Intersecciones semaforizadas con fases peatonales.....	38
5	TRÁFICO Y CIRCULACIÓN URBANA - MODOS MOTORIZADOS.....	41
5.1	FLUIDEZ Y CIRCULACIÓN DEL TRÁFICO MIXTO	41
5.1.1	Nivel de servicio	41
5.1.2	Longitud de cola	43
5.1.3	Paradas por vehículo.....	45
5.1.4	Velocidad media de tráfico de tráfico mixto.....	47
5.2	CALIDAD Y DIVERSIFICACIÓN MODAL EN TRANSPORTE PÚBLICO	49
5.2.1	Velocidad comercial de transporte público.....	49
5.2.2	Diversidad de modos de transporte	51
	BIBLIOGRAFÍA.....	53

DOMINIO ASPECTOS AMBIENTALES



1 ASPECTOS AMBIENTALES

1.1 CONTROL DE LOS IMPACTOS EN EL MEDIO AMBIENTE

1.1.1 Emisiones de NOx y CO

DOMINIO 1	Aspectos ambientales
TEMA 1.1	Control de los impactos en el medio ambiente
INDICADOR 1.1.1	Emisiones de NOx y CO

A. Definición

Cantidad de emisiones de óxido de nitrógeno (NOx) y monóxido de carbono (CO), producidos por tráfico vehicular motorizado que transita por el corredor vial, comparado con las correspondientes emisiones para un escenario de situación inicial.

B. Unidad de medida

Valor del factor de emisiones en relación a un escenario de situación inicial.

C. Referencias

Costa, M. S. (2008), Giraldo Serna, K. J. (2011).

D. Relevancia

La emisión de contaminantes gaseosos es uno de los principales impactos negativos de los sistemas de transporte a la calidad de vida urbana. Tanto el NOx como el CO en corredor vial, no sólo impacta negativamente en la salud de los habitantes a los costados del corredor vial, sino que también perjudica a usuarios de modos motorizados y no motorizados.

E. Información

La siguiente información corresponde a la información necesitada para calcular el indicador a través de modelos matemáticos.

- Tipo de vehículos: vehículo de pasajeros, vehículos de carga liviana, vehículos de carga pesada;
- Tipo de combustible: gasolina o diésel;
- Modelo de vehículo: año de fabricación del vehículo;
- Capacidad del motor: relacionado con la capacidad del motor;
- Velocidad: hace referencia a la velocidad de movimiento del vehículo;
- Factores de emisión de contaminantes: valores que representan la cantidad producida (en masa) de un contaminante por unidad de distancia recorrida.

F. Fuente de información

Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente (DAGMA), Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire de Cali (SVCAC), Corporación autónoma regional del Valle del Cauca (CVC), encuestas y estudios específicos de tránsito y del estado de la calidad del aire.

G. Método de cálculo

El cálculo de la emisión contaminante NOx y CO, se puede realizar de varias formas:

- Estudios específicos a través de equipamiento especializado ubicado en puntos estratégicos de control a lo largo del corredor vial;
- Modelos de microsimulación que permitan obtener resultados de emisiones contaminantes a partir de la modelación de tráfico vehicular que transita sobre el corredor vial durante un periodo de tiempo de análisis, considerando composición vehicular, velocidades, volúmenes, entre otros. Softwares avanzados de microsimulación como PTV VISSIM©, permiten obtener resultados de emisiones contaminantes a partir de la creación de nodos evaluadores;
- Modelos matemáticos basados en las características vehiculares del flujo que transita por un corredor vial, tales como volúmenes, velocidades, tipo de combustible consumido por el vehículo, modelo de vehículo, capacidad de carga y capacidad del motor.

De acuerdo con Giraldo (2011), un método aceptable para el cálculo de emisiones es el de CORINAIR, propuesta por primera vez en 1995 por el Centro Europeo para Asuntos de Emisiones Atmosféricas, a través de contratos con la Agencia Europea Ambiental. Este método está basado en factores de emisión en función de los parámetros o informaciones mencionadas en el numeral E. Estas informaciones pueden ser recopiladas a partir de encuestas, filmaciones, estudios de tránsito e información secundaria.

Dado que los autores no encontraron en la literatura un valor de referencia o parámetro de control para la cantidad de emisiones de NOx y CO para un corredor vial, se sugiere definir una puntuación de 0.50 para no castigar de alguna forma el índice cuando se esté evaluando un escenario de situación inicial. Sin embargo, cuando se vaya a dar una puntuación a escenarios de situación comparativa, se propone calcular un porcentaje de diferencia entre la cantidad de emisiones entre el escenario inicial y el escenario comparativo, de la siguiente forma:

$$\frac{CO_c - CO_i}{CO_c} = F_{CO}$$

$$\frac{NOx_c - NOx_i}{NOx_c} = F_{NOx}$$

$$\frac{F_{CO} + F_{NOx}}{2} = F_{emisiones}$$

Donde:

CO = emisiones de CO (g/h);
NOx = emisiones de NOx (g/h);
F = porcentaje de diferencia (%);
i = escenario situación inicial;
c = escenario situación comparativa;

El factor de emisiones relaciona las emisiones contaminantes de dos escenarios y permite inferir el porcentaje de cambio o impacto. Las cantidades de emisiones de NOx y CO se podrán calcular por métodos numéricos o con la ayuda de herramientas de software especializado tal como se

sugirió en el numeral G.

H. Normalización

La evaluación del indicador se debe realizar conforme al numeral G, con base en la escala de evaluación presentada en la siguiente tabla:

Tabla 1. Escala de evaluación para el indicador 1.1.1.

Puntuación	Valores de referencia ¹ Porcentaje de diferencia de emisiones en relación a un escenario inicial.
1.00	$F_{emisiones} \leq -100\%$: Las emisiones del escenario comparativo son al menos un 50% menos que las emisiones del escenario inicial.
0.75	$F_{emisiones} = -50\%$: Las emisiones del escenario comparativo son un 25% menos que las emisiones del escenario inicial.
0.50	$F_{emisiones} = 0\%$: Las emisiones del escenario comparativo son iguales que las emisiones del escenario inicial.
0.25	$F_{emisiones} = 50\%$: Las emisiones del escenario comparativo son un 25% más que las emisiones del escenario inicial.
0.00	$F_{emisiones} \geq 100\%$: Las emisiones del escenario comparativo son al menos un 50% más que las emisiones del escenario inicial.

En la ausencia de datos que posibiliten el cálculo confiable y preciso del indicador, su evaluación debe ser hecha por un técnico o gestor con conocimiento en el tema.

En caso de valores intermedios a los indicados en el cuadro, hacer interpolación para obtener la respectiva puntuación del indicador.

¹ Valores de referencia propuestos por los autores.

1.1.2 Nivel de ruido equivalente

DOMINIO 1	Aspectos ambientales
TEMA 1.1	Control de los impactos en el medio ambiente
INDICADOR 1.1.2	Nivel de ruido equivalente

A. Definición

Nivel de ruido equivalente producido por el flujo de tránsito a lo largo del corredor vial en dB(A), en relación al nivel de ruido equivalente estándar máximo permisible en dB(A).

B. Unidad de medida

Promedio de valores de referencia resultantes de comparar niveles de ruido equivalente y niveles de ruido permisibles.

C. Referencias

Calixto, A. *et al.* (2003), Resolución 0627 (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2006), Ramírez y Domínguez (2011).

D. Relevancia

El ruido proveniente del tráfico vehicular constituye la principal fuente emisora de este contaminante en las ciudades y corredor vial. El ruido asociado a los sistemas de tránsito urbano causa un deterioro ambiental y de estrés, impactando negativamente en la calidad de vida (Moser y Robin, 2006). También constituye un problema de salubridad pública, efectos como dificultad para dormir, efectos cardiovasculares y fisiológicos, de desempeño y salud mental, pueden ser no sólo de largo plazo, sino incluso acumulativos. (Ramírez y Domínguez, 2011).

E. Información

Estudios de aforos vehiculares que documenten la composición vehicular.

F. Fuente de información

Empresas dedicadas a la consultoría de proyectos de ingeniería de tránsito e Información histórica y/o secundaria.

G. Método de cálculo

Se sugiere una metodología para la predicción del ruido producido por el tráfico vehicular que circula por una vía, en este caso, el corredor vial. De acuerdo con Calixto *et al.* (2003), es posible calcular el nivel de ruido equivalente a partir de descriptores estadísticas basados a su vez en medidas de campo. El modelo matemático planteado por Calixto toma como recurso un volumen horario total, Q , y el porcentaje de vehículos pesados – buses, camiones –, VP , obteniendo como producto los niveles equivalentes de ruido, L_{eq} , aproximados a los medidos en campo a un límite de buffer de 25 metros. La ecuación final queda como sigue:

$$L_{eq} = 7.7 \log[Q(1 + 0.0095 \times VP)]$$

Donde:

L_{eq} = Nivel de ruido equivalente emitido por el tráfico vehicular (dB(A));

VP = Porcentaje de vehículos pesados, comparado con el número total de vehículos (%);

Q = Número de vehículos en hora de tráfico mixto.

Para poder hacer uso de la ecuación se sugiere seguir los siguientes pasos:

- Se debe delimitar el corredor vial o tramo en estudio, identificándole y midiéndole en km.
- Con el fin de comparar el ruido del tráfico vehicular con los estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental, se recomienda dividir el corredor vial en segmentos, de modo que se pueda diferenciar los sectores contemplados por la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental (Resolución 0627 del 07 de abril de 2006). Se pueden considerar nodos y reguladores de flujo vehicular como intersecciones y pares, como delimitantes de los segmentos sobre el corredor vial, de modo que correspondan a un sector de análisis de ruido.
- Posteriormente se deberá identificar a ambos costados de la vía los sectores contemplados en la Tabla 2. Los estándares mínimos permisibles de niveles de ruido ambiental en dB(A), deberán ser comparados con el nivel de ruido equivalente medido o calculado para cada segmento del corredor vial, es decir, para cada tramo se realiza la comparación de niveles de ruido.
- Si el nivel de ruido equivalente calculado es inferior al mínimo estándar máximo permisible reconocido en el segmento del corredor vial, la puntuación será 1. Si el nivel de ruido equivalente calculado es superior a 85 dB(A) – valor de referencia como nivel máximo de exposición de ruido (Metidieri et tal., 2013) –, entonces la puntuación será 0. A valores intermedios de nivel de ruido calculado entre niveles de ruido mínimos estándar y máximos de exposición, se les calculará la puntuación por medio de interpolación. El valor final de referencia resultará de promediar los valores de referencia calculados para cada segmento de corredor vial.

A continuación, se anexa la tabla de estándares máximos de niveles de emisión de ruido, de acuerdo con la Resolución 0627 de 2006.

Tabla 2. Estándares máximos permisibles de niveles de emisión de ruido expresados en decibeles dB(A).

Sector	Subsector	Estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental en dB(A)	
		Día	Noche
Sector A. Tranquilidad y silencio	Hospitales, bibliotecas, guarderías, sanatorios, hogares geriátricos	55	45
Sector B. Tranquilidad y ruido moderado	Zonas residenciales o exclusivamente destinadas para desarrollo habitacional, hotelería y hospedajes.	65	50
	Universidades, colegios, escuelas, centros de estudio e investigación		
	Parques en zonas urbanas diferentes a los parques mecánicos al aire libre		
Sector C. Ruido intermedio Restringido	Zonas con usos permitidos industriales, como industrias en general, zonas portuarias, parques industriales, zonas francas	75	70
	Zonas con usos permitidos comerciales, como centros comerciales, almacenes, locales o instalaciones de tipo comercial, talleres de mecánica automotriz e industrial, centros deportivos y recreativos, gimnasios, restaurantes, bares, tabernas, discotecas, bingos, casinos	70	55
	Zonas con usos permitidos de oficinas	65	50
	Zonas con usos institucionales		
	Zonas con otros usos relacionados, como parques mecánicos al aire libre, áreas destinadas a espectáculos públicos al aire libre, vías troncales, autopistas, vías arterias, vías principales.	80	70
Sector D. Zonas suburbana o rural de tranquilidad y ruido moderado	Residencial suburbana	55	45
	Rural habitada destinada a explotación agropecuaria		
	Zonas de recreación y descanso, como parques naturales y reservas naturales		

Fuente: Resolución 0627 de 2006, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo territorial.

H. Normalización

La evaluación del indicador se debe realizar conforme al numeral G, con base en la escala presentada en la siguiente tabla:

Tabla 3. Escala de evaluación para el indicador 1.1.2.

Puntuación	Valores de referencia ²
	Promedio de valores de referencia resultantes de comparar niveles de ruido equivalente y niveles de ruido permisibles
1.00	Promedio de valores de referencia = 1.00: el promedio de valores de referencia indica que el ruido equivalente calculado de tráfico vehicular, es menor que los niveles de ruido permisibles.
0.00	Promedio de valores de referencia = 0.00: el promedio de valores de referencia indica que el ruido equivalente calculado de tráfico vehicular, es mayor que 85 db(A).

En la ausencia de datos que posibiliten el cálculo confiable y preciso del indicador, su evaluación debe ser hecha por un técnico o gestor con conocimiento en el tema.

En caso de valores intermedios a los indicados en el cuadro, hacer interpolación para obtener la respectiva puntuación del indicador.

² Valores de referencia propuestos por los autores, con base en estándares máximos y mínimos.

1.2 CONSUMO DE RECURSOS NATURALES

1.2.1 Consumo de combustible

DOMINIO 1	Aspectos ambientales
TEMA 1.2	Consumo de recursos naturales
INDICADOR 1.2.1	Consumo de combustible

A. Definición

Cantidad de litros de gasolina consumidos por el tráfico motorizados que circula a lo largo del corredor vial.

B. Unidad de medida

Valor del factor de litros/kilómetro (L/km) en relación a un escenario de situación inicial.

C. Referencias

Zhang, L. (2011), Costa, M. S. (2008).

D. Relevancia

El uso de vehículos motorizados y el consumo de combustibles fósiles están relacionados con el uso excesivo de los recursos-renovables, contaminación de agua y aire. El consumo de gasolina contribuye al aumento de la generación de gases contaminantes. Costa, M. S. (2008).

E. Información

Tasas de consumo de combustible, condiciones operativas del tráfico vehicular que transita por el corredor vial.

F. Fuente de información

Investigaciones y estudios específicos

G. Método de cálculo

Dado que los autores no encontraron en la literatura un valor de referencia o parámetro de control para la cantidad litros/kilometro consumidos en el corredor vial, se sugiere definir una puntuación de 0.50 para no castigar de alguna forma el índice cuando se esté evaluando un escenario de situación inicial. Sin embargo, cuando se vaya a dar una puntuación a escenarios de situación comparativa, se propone calcular un porcentaje de diferencia entre la cantidad de emisiones entre el escenario inicial y el escenario comparativo, de la siguiente forma:

$$\frac{L/km_c - L/km_i}{L/km_c} = F_{L/km}$$

Donde:

L/km = litros/kilómetro (L/km);

F = porcentaje de diferencia (%);
 i = escenario situación inicial;
 c = escenario situación comparativa;

El factor de combustible relaciona las cantidades por kilómetro de dos escenarios y permite inferir el porcentaje de cambio o impacto. Las cantidades de consumo de combustible se podrán calcular por modelos matemáticos como el propuesto por Costa, M. S. (2008), en la guía de indicadores, o con la ayuda de herramientas de software especializado como VISSIM©.

H. Normalización

La evaluación del indicador se debe realizar conforme al numeral G, con base en la escala presentada en la siguiente tabla:

Tabla 4. Escala de evaluación para el indicador 1.2.1.

Puntuación	Valores de referencia ³ Porcentaje de diferencia de L/km en relación a un escenario inicial.
1.00	$F_{L/km} \leq -100\%$: L/km del escenario comparativo son al menos un 50% menos que los L/km del escenario inicial.
0.75	$F_{L/km} = -50\%$: L/km del escenario comparativo son un 25% menos que los L/km del escenario inicial.
0.50	$F_{L/km} = 0\%$: L/km del escenario comparativo son iguales que los L/km del escenario inicial.
0.25	$F_{L/km} = 50\%$: L/km del escenario comparativo son un 25% más que los L/km del escenario inicial.
0.00	$F_{L/km} \geq 100\%$: L/km del escenario comparativo son al menos un 50% más que los L/km del escenario inicial.

En la ausencia de datos que posibiliten el cálculo confiable y preciso del indicador, su evaluación debe ser hecha por un técnico o gestor con conocimiento en el tema.

En caso de valores intermedios a los indicados en el cuadro, hacer interpolación para obtener la respectiva puntuación del indicador.

³ Valores de referencia propuestos por los autores.

1.3 CALIDAD DE VIDA

1.3.1 Siniestros viales

DOMINIO 1	Aspectos ambientales
TEMA 1.3	Calidad de Vida
INDICADOR 1.3.1	Siniestros Viales

A. Definición

Accidentes de tránsito.

B. Unidad de medida

Valor del índice de peligrosidad de accidentes totales, *Ipat*.

C. Referencias

Lozano, S. P. (1987), Bogotá (Colombia). Alcaldía Mayor. Secretaría de Tránsito y Transporte, & Triana, W. F. C. (2005), Costa, M. S. (2008)

D. Relevancia

Los accidentes de tránsito tienen implicaciones en el campo económico, social y ambiental. La Organización Mundial de la salud (OMS) considera los accidentes de tránsito como uno de los mayores problemas de salud pública en el mundo, especialmente en países en vía de desarrollo, consecuencia de la motorización acelerada en las urbanizaciones sin estar ir de la mano del mejoramiento o implementación de infraestructura vial adecuada (IBGE, 2004).

E. Información

Número de accidentes, fecha del siniestro, lugar, transito promedio diario (veh/día).

F. Fuente de información

Departamento Administrativo de Planeación Municipal (DAPM), Secretaría de Movilidad y Seguridad vial, investigaciones y estudios específicos, Instituto de investigación y desarrollo en prevención de la violencia y promoción de la convivencia social (CISALVA).

G. Método de cálculo

De acuerdo al Manual de planeación y diseño para la administración del tránsito y transporte (Secretaría de Tránsito y Transporte, & Triana, W. F. C., 2005) los siniestros viales se pueden obtener a partir del indicador *Ipat* (*Índice de peligrosidad de accidentes totales*), el cual relaciona el número total de accidentes registrados en un año con la cantidad de vehículos que circulan por un sector determinado o tramo de vía. Su modelo matemático se expone a continuación.

$$Ipat = (10^8 N) / (TPD * 365 * L)$$

Donde:

N = número de accidentes.

TPD = transito promedio diario (Veh/día).

L = longitud del tramo (km).

H. Normalización

La evaluación del indicador se debe realizar conforme al numeral G, con base en la escala presentada en la siguiente tabla:

Tabla 5. Escala de evaluación para el indicador 1.3.1.

Puntuación	Valores de referencia ⁴
	Valor del índice de peligrosidad de accidentes totales.
1.0	$I_{pat} = 0$ (0 accidentes de tránsito)
0.8	$I_{pat} = 0.3$
0.6	$I_{pat} = 0.6$
0.4	$I_{pat} = 0.9$
0.2	$I_{pat} = 1.2$
0.0	$I_{pat} \geq 1.5$

En la ausencia de datos que posibiliten el cálculo confiable y preciso del indicador, su evaluación debe ser hecha por un técnico o gestor con conocimiento en el tema.

En caso de valores intermedios a los indicados en el cuadro, hacer interpolación para obtener la respectiva puntuación del indicador.

⁴ Valores de referencia propuestos por los autores con base en valores de referencia del *índice de peligrosidad de accidentes totales* en Secretaría de Tránsito y Transporte, & Triana, W. F. C. (2005).

1.3.2 Mortalidad por accidentes de tránsito

DOMINIO 1	Aspectos ambientales
TEMA 1.3	Calidad de Vida
INDICADOR 1.3.2	Mortalidad por accidentes de tránsito

A. Definición

Personas fallecidas producto de accidentes de tránsito.

B. Unidad de medida

Valor del índice de peligrosidad de accidentes con víctimas, *Ipav*.

C. Referencias

Lozano, S. P. (1987), Bogotá (Colombia). Alcaldía Mayor. Secretaría de Tránsito y Transporte, & Triana, W. F. C. (2005), Costa, M. S. (2008).

D. Relevancia

La mortalidad por accidentes de tránsito representa un problema de salud pública. Es significativo porque constituye una de las principales causas de muerte, tiene una tendencia clara al aumento tanto en cifras y afecta principalmente a adolescentes y adultos en los años comúnmente más productivos. Por todo esto, el sector de salud pública tiene una gran responsabilidad de incrementar esfuerzos para evitar las muertes que producen los accidentes de tránsito. Alfaro Alvarez, C., & Díaz Coller, C. (1977).

E. Información

Número de accidentes con víctimas fatales, fecha del siniestro, lugar, tránsito promedio diario (veh/día).

F. Fuente de información

Departamento Administrativo de Planeación Municipal (DAPM), Secretaría de Movilidad y Seguridad vial, investigaciones y estudios específicos, Instituto de investigación y desarrollo en prevención de la violencia y promoción de la convivencia social (CISALVA).

G. Método de cálculo

De acuerdo al Manual de planeación y diseño para la administración del tránsito y transporte (Secretaría de Tránsito y Transporte, & Triana, W. F. C., 2005) la mortalidad por accidentes de tránsito se puede obtener a partir del *Índice de peligrosidad de accidentes con víctimas (Ipav)*, el cual relaciona el número total de accidentes con víctimas registrados en un año con la cantidad de vehículos que circulan por un sector determinado o tramo de vía.

$$Ipav = (10^8 N_v) / (TPD * 365 * L)$$

Donde:

N_v = número de accidentes con víctimas fatales;

TPD = tránsito promedio diario (Veh/día);

L = longitud del tramo (km).

H. Normalización

La evaluación del indicador se debe realizar conforme al numeral G, con base en la escala presentada en la siguiente tabla:

Tabla 6. Escala de evaluación para el indicador 1.3.2.

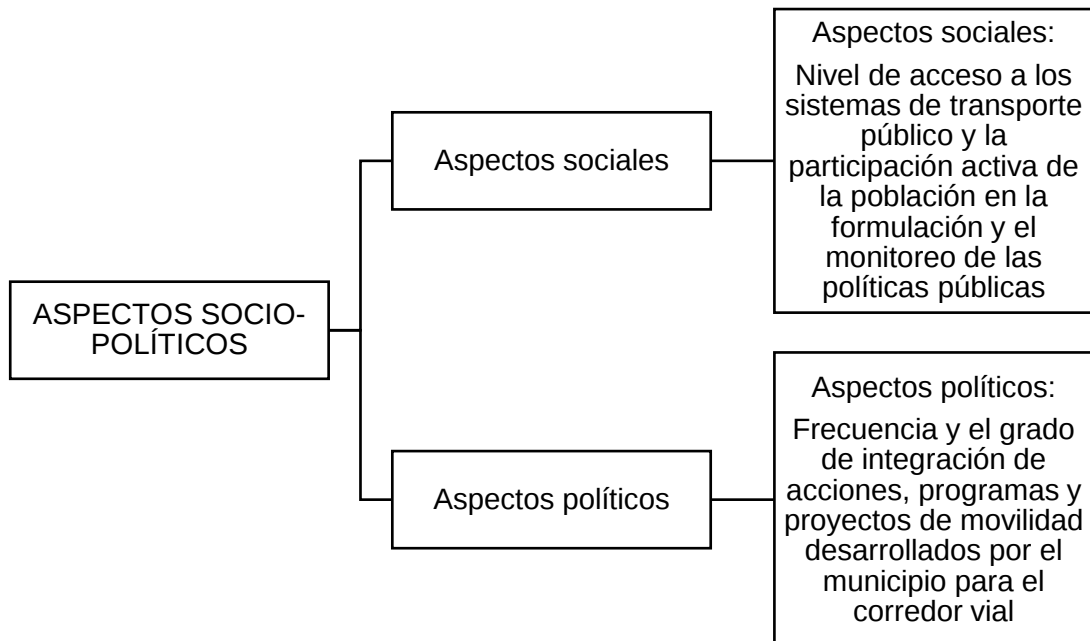
Puntuación	Valores de referencia ⁵ Valor del índice de peligrosidad de accidentes con víctimas
1.0	$I_{pav} = 0$ (0 muertos)
0.8	$I_{pav} = 0.2$
0.6	$I_{pav} = 0.4$
0.4	$I_{pav} = 0.6$
0.2	$I_{pav} = 0.8$
0.0	$I_{pav} \geq 1.0$

En la ausencia de datos que posibiliten el cálculo confiable y preciso del indicador, su evaluación debe ser hecha por un técnico o gestor con conocimiento en el tema.

En caso de valores intermedios a los indicados en el cuadro, hacer interpolación para obtener la respectiva puntuación del indicador.

⁵ Valores de referencia propuestos por los autores con base en valores de referencia del *índice de peligrosidad de accidentes con víctimas* en Secretaría de Tránsito y Transporte, & Triana, W. F. C. (2005).

DOMINIO ASPECTOS SOCIO-POLÍTICOS



2 ASPECTOS SOCIO-POLÍTICOS

2.1 ASPECTOS SOCIALES

2.1.1 Aspectos sociales

DOMINIO 2	Aspectos socio-políticos
TEMA 2.1	Aspectos sociales
INDICADOR 2.1.1	Aspectos sociales

A. Definición

El indicador *aspectos sociales* busca retratar el nivel de acceso a los sistemas de transporte público, la participación activa de la población en la formulación, y el monitoreo de las políticas públicas. Se consideran estos aspectos como condición necesaria para que se presente un desarrollo una movilidad sostenible en el corredor vial.

B. Unidad de medida

Promedio de valores de referencias de aspectos sociales como medida de control para retractor cuantitativamente el estado de los mismos.

C. Referencias

Miranda, H. D. F. (2010), Street Design Manual (Department of Transportation of New York - DOT, 2015), Costa, M. S. (2008).

D. Relevancia

La disponibilidad y calidad de la información ofrecida al ciudadano en el área de influencia del corredor vial y/o sus usuarios puede facilitar la utilización y la eficiencia de los servicios públicos del transporte presente en el corredor vial, lo que se puede traducir en mayor atracción de los usuarios, contribuyendo al equilibrio modal, reduciendo la dependencia del automóvil, de los congestionamientos y emisión de contaminantes. La distribución de las oportunidades y recursos de manera equilibrada debe garantizar a todos los ciudadanos el acceso equitativo a los espacios, actividades y servicios urbanos sobre el corredor vial.

E. Información

Acciones que retratan el nivel de acceso a los sistemas de transporte público y la participación activa de la población en la formulación y el monitoreo de las políticas públicas.

F. Fuente de información

Técnicos y gestores con conocimiento en el tema, Departamento Administrativo de Planeación Municipal (DAPM).

G. Método de cálculo

Para el cálculo del indicador se consideran tres sub-indicadores contenidos dentro del aspecto social. A continuación, se enlistan y definen:

- **Información disponible al ciudadano:** existencia y diversidad de información sobre la movilidad sostenible del corredor vial para el ciudadano y/o usuario del corredor vial, incluyendo: informaciones sobre los sistemas de transporte en todas sus modalidades, servicios de auxilio al usuario, canales de comunicación, información sobre condiciones de tráfico y circulación, entre otras.

Tabla 7. Escala de evaluación: Información disponible al ciudadano.

Puntuación	Valores de referencia Informaciones disponibles al ciudadano
1.00	Existe información sobre servicios de transporte público, canales de comunicación para denuncias y reclamaciones, información de las condiciones de tránsito y circulación e informaciones sobre planos y proyectos de transporte con relación directa al corredor vial
0.75	Existe información sobre servicios de transporte público, canales de comunicación para denuncias y reclamaciones, e información sobre la condición de tránsito y circulación del corredor vial
0.50	Existe información sobre servicios de transporte público y canales de comunicación para denuncias e reclamaciones
0.25	Existe información sobre servicios de transporte público sobre el corredor vial
0.00	No hay disponibilidad de cualquier tipo de información sobre el transporte y la movilidad del corredor vial

Fuente: Elaboración propia con base en Costa, M. S., (2008).

- **Educación para el desarrollo sostenible:** Existencia de acciones continuas de formación y sensibilización, programas y proyectos desarrollados por el municipio en materia de educación para el desarrollo sostenible.

Tabla 8. Escala de evaluación: Educación para el desarrollo sostenible en el corredor vial.

Puntuación	Valores de referencia Educación para el desarrollo sostenible en el corredor vial
1.00	Existen acciones específicas de formación en movilidad sostenible para los habitantes en el área del corredor vial y sus usuarios
0.00	El municipio no dispone de ninguna acción en materia de educación para el desarrollo sostenible.

Fuente: Elaboración propia con base en Costa, M. S., (2008).

- **Participación en la toma de decisión:** incentivo y viabilidad por parte de la administración municipal para la participación popular en los procesos de elaboración, implementación y monitoreo de las políticas, acciones y proyectos de transporte y movilidad urbana.

Tabla 9. Escala de evaluación: Participación en toma de decisión.

Puntuación	Valores de referencia: Participación en la toma de decisión
1.00	Incentivo y viabilidad de la participación popular en el desarrollo de políticas, acciones y proyectos de transporte para el corredor vial en todas las etapas
0.00	No hay incentivo ni viabilidad de la participación popular en el desarrollo de políticas, acciones y proyectos de movilidad sostenible sobre el corredor vial y su área de influencia

Fuente: Elaboración propia con base en Costa, M. S., (2008).

El cálculo de cada sub-indicador debe realizarse con el apoyo de un gestor técnico o especialista con conocimiento y dominio del tema. Para calcular el valor de referencia se debe promediar la puntuación obtenida para los sub-indicadores disponibles.

H. Normalización

La evaluación del indicador se debe realizar conforme al numeral G, con base en la escala presentada en la siguiente tabla:

Tabla 10. Escala de evaluación para el indicador 2.1.1.

Puntuación	Valores de referencia ⁶
	Promedio de valores de referencias de aspectos sociales.
1.00	Promedio de valores de referencia = 1.00
0.75	Promedio de valores de referencia = 0.75
0.50	Promedio de valores de referencia = 0.50
0.25	Promedio de valores de referencia = 0.25
0.00	Promedio de valores de referencia = 0.00

En caso de valores intermedios a los indicados en el cuadro, hacer interpolación para obtener la respectiva puntuación del indicador.

⁶ Valores de referencia propuestos por los autores.

2.2 ASPECTOS POLÍTICOS

2.2.1 Aspectos políticos

DOMINIO 2	Aspectos socio-políticos
TEMA 2.1	Aspectos políticos
INDICADOR 2.2.1	Aspectos políticos

A. Definición

El indicador *aspectos políticos* busca retratar la frecuencia y el grado de integración de acciones, programas y proyectos de movilidad desarrollados por el municipio para el corredor vial.

B. Unidad de medida

Promedio de valores de referencia de aspectos políticos como medida de control para retratar cuantitativamente el estado de los mismos.

C. Referencias

Miranda, H. D. F. (2010), Costa, M. S. (2008).

D. Relevancia

Las políticas dirigidas a los sistemas de transporte, deben definir y realizar seguimiento continuo a proyectos urbanos incluyentes, que generen condiciones de accesibilidad de personas y bienes a sus lugares de destino como objetivo prioritario. El carácter de impacto producto de políticas de movilidad sostenible urbana es eminentemente integrador, favoreciendo la calidad de vida y la actividad económica sobre el área de influencia directa del corredor vial.

E. Información

Acciones que retratan el nivel de acceso a los sistemas de transporte público y la participación activa de la población en la formulación y el monitoreo de las políticas públicas; Departamento Administrativo de Planeación Municipal (DAPM).

F. Fuente de información

Técnicos y gestores.

G. Método de cálculo

Para el cálculo del indicador se consideran tres sub-indicadores contenidos dentro del aspecto político. A continuación, se enlistan y definen:

- **Inversiones en infraestructura, sistemas de transportes y movilidad sostenible:** inversiones para la mejoría de los servicios en sistemas de transportes y la movilidad sostenible sobre el corredor vial

Tabla 11. Escala de evaluación: Inversiones en infraestructura, sistemas de transporte y movilidad sostenible.

Puntuación	Valores de referencia Inversiones en infraestructura, sistemas de transporte y movilidad sostenible
1.00	Obras de infraestructura, inversión en la provisión y mejoría de servicios de transporte colectivo, proyectos para modos no motorizados de transporte y mejora de las necesidades de personas con necesidades especiales sobre el corredor vial
0.66	Obras de infraestructura, inversión en la provisión y mejoría de servicios de transporte colectivo, proyectos para modos no motorizados de transporte sobre el corredor vial
0.33	Obras de infraestructura, inversión en la provisión y mejoría de servicios de transporte colectivo sobre el corredor vial
0.00	No hay inversión en infraestructura, inversión en la provisión y mejoría de servicios de transporte colectivo sobre el corredor vial

Fuente: Elaboración propia con base en Costa, M. S., (2008).

- **Políticas de movilidad sostenible:** Existencia o desarrollo de políticas de transporte y movilidad sostenible sobre el corredor vial.

Tabla 12. Escala de evaluación: estado de las políticas de movilidad sostenible sobre el corredor vial.

Puntuación	Valores de referencia Estado de las políticas de movilidad sostenible sobre el corredor vial
1.00	Fase de implantación
0.75	Fase de institucionalización
0.50	Fase de desarrollo de estudios
0.25	Fase de movilización y contratación de consultoría especializada
0.00	El municipio no posee políticas para la implantación o desarrollo de movilidad sostenible para el corredor vial

Fuente: Elaboración propia con base en Costa, M. S., (2008).

El cálculo de cada sub-indicador debe realizarse con el apoyo de un gestor técnico o profesional con conocimiento y dominio del tema. Para calcular el valor de referencia se debe promediar la puntuación obtenida para los sub-indicadores disponibles.

H. Normalización

La evaluación del indicador se debe realizar conforme al numeral G, con base en la escala presentada en la siguiente tabla:

Tabla 13. Escala de evaluación para el indicador 2.2.1.

Puntuación	Valores de referencia⁷ Promedio de valores de referencias de aspectos políticos.
1.00	Promedio de valores de referencia = 1.00
0.75	Promedio de valores de referencia = 0.75
0.50	Promedio de valores de referencia = 0.50
0.25	Promedio de valores de referencia = 0.25
0.00	Promedio de valores de referencia = 0.00

En caso de valores intermedios a los indicados en el cuadro, hacer interpolación para obtener la respectiva puntuación del indicador.

⁷ Valores de referencia propuestos por los autores.

DOMINIO INFRAESTRUCTURA



3 INFRAESTRUCTURA

3.1 PROVISIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE

3.1.1 Estado de la superficie de aceras peatonales

DOMINIO 3	Infraestructura
TEMA 3.1	Provisión de la superficie de la ciclo-infraestructura
INDICADOR 3.1.1	Estado de la superficie de aceras peatonales

A. Definición

Estado físico de la superficie de las aceras, evaluando la presencia de grietas, levantamiento de pavimento, entre otras patologías en el pavimento, así como la presencia de materiales antideslizantes.

B. Unidad de medida

Porcentaje de la superficie con patologías en el pavimento o con materiales antideslizantes.

C. Referencias

Observatorio MOVIS (2017), Langsner, G. (1962), Cruz y Palacios (2012).

D. Relevancia

Las aceras o andenes, entendidos como parte del espacio público contribuyen a la cohesión social. Es un bien colectivo que debe garantizar sostenibilidad a la movilidad peatonal, siendo adecuado, cómodo, flexible y funcional. Por ende, es de suma importancia que el estado y tipo de superficie sea apropiado los desplazamientos a pie. (MECEP, 2004).

E. Información

Departamento Administrativo de Planeación Municipal (DAPM), Secretaría de Movilidad, Plan Integral de Movilidad Urbana (PIMU), investigaciones y estudios específicos.

F. Fuente de información

- Base cartográfica del corredor vial con aceras peatonales identificadas;
- Aceras peatonales pavimentadas.

G. Método de cálculo

En la base georreferenciada del municipio o del corredor vial, se debe delimitar el corredor vial o tramo en estudio, identificándole y midiéndole en km. En caso de la inexistencia de un levantamiento completo por parte de la administración municipal de las aceras peatonales y su estado, pueden ser utilizadas imágenes aéreas, fotos de satélite e imágenes de Google Street View para la identificación de los respectivos tramos y sus aceras peatonales

La evaluación del estado de la superficie de las aceras peatonales se realiza revisando las patologías que presenta. Las patologías de la superficie de las aceras se refieren a baches, grietas, piel de cocodrilo, levantamiento, desprendimiento del pavimento, entre otras. De forma cualitativa se debe evaluar la superficie de la acera para clasificarla como bueno, regular o malo.

Con el fin de evaluar el corredor vial de forma aproximada, se propone dividir al corredor vial en secciones, delimitadas por tramos de una longitud definida a criterio del evaluador, o bien, delimitados por algún tipo de control de tráfico, como intersecciones controladas por pare o semáforo. La calificación del corredor vial se debe realizar para todo el corredor vial. El valor de referencia global del indicador es obtenido a partir de la valoración cualitativa promedio de todos los tramos.

H. Normalización

La evaluación del indicador se debe realizar conforme al numeral G, con base en la escala presentada en la siguiente tabla:

Tabla 14. Escala de evaluación para el indicador 3.1.1.

Puntuación	Valores de referencia⁸
	Estado de la superficie de las aceras peatonales en relación a patologías del pavimento y la presencia de materiales antideslizantes
1.00	El estado de la superficie de las aceras peatonales es bueno, es decir, entre el 70% y el 100% de la superficie se encuentra sin patologías en el pavimento o presenta materiales antideslizantes.
0.50	El estado de la superficie de las aceras peatonales es regular, es decir, entre el 30%y el 70% de la superficie se encuentra sin patologías en el pavimento o presenta materiales antideslizantes..
0.00	El estado de la superficie de las aceras peatonales es malo, es decir, menos del 30% de la superficie se encuentra sin patologías en el pavimento o presenta materiales antideslizantes.

En la ausencia de datos que posibiliten el cálculo confiable y preciso del indicador, su evaluación debe ser hecha por un técnico o gestor con conocimiento en el tema.

En caso de valores intermedios a los indicados en el cuadro, hacer interpolación para obtener la respectiva puntuación del indicador.

⁸ Valores de referencia propuestos por los autores con base en el Observatorio de Movilidad Sostenible - MOVIS.

3.1.2 Estado de la superficie de la ciclo-infraestructura

DOMINIO 3	Infraestructura
TEMA 3.1	Provisión y mantenimiento de la infraestructura de transporte
INDICADOR 3.1.2	Estado de la superficie de la ciclo-infraestructura

A. Definición

Estado físico de la superficie de la red de ciclo-infraestructura, evaluando la presencia de patologías en el pavimento.

B. Unidad de medida

Porcentaje de la superficie de la red de ciclo-infraestructura con patologías en el pavimento.

C. Referencias

Observatorio MOVIS (2017), Langsner, G. et al. (1962), Cruz y Palacios (2012), Martínez Arguelles, G. et al. (2011).

D. Relevancia

El transporte en bicicleta a través de una red de ciclo-infraestructura juega un papel importante en la movilidad sobre el corredor vial. Además de efectivas políticas que incentiven el uso de la bicicleta, es fundamental mantener la red de ciclo-infraestructura en buenas condiciones, permitiendo un ágil y seguro desplazamiento de los usuarios entre su origen y su destino. Martínez Arguelles, G. et al. (2011).

E. Información

- Base cartográfica del corredor vial con aceras peatonales identificadas;
- Aceras peatonales pavimentadas.

F. Fuente de información

Departamento Administrativo de Planeación Municipal (DAPM), Secretaría de Movilidad, Plan Integral de Movilidad Urbana (PIMU), investigaciones y estudios específicos.

G. Método de cálculo

En la base georreferenciada del municipio o del corredor vial, se debe delimitar el corredor vial o tramo en estudio, identificándole y midiéndole en km. En caso de la inexistencia de un levantamiento completo por parte de la administración municipal de la ciclo-infraestructura y su estado, pueden ser utilizadas imágenes aéreas, fotos de satélite e imágenes de Google Street View para la identificación de los respectivos tramos y el estado de la infraestructura.

La evaluación del estado de la superficie de la infraestructura se realiza revisando las patologías que presenta. Las patologías de la superficie de las aceras se refieren a baches, grietas, piel de cocodrilo, levantamiento, desprendimiento del pavimento, entre otras. De forma cualitativa se debe evaluar la superficie de la ciclo-infraestructura para clasificarla como buena, regular o mala.

Con el fin de evaluar el corredor vial de forma aproximada, se propone dividir al corredor vial en secciones, delimitadas por tramos de una longitud definida a criterio del evaluador, o bien,

delimitados por algún tipo de control de tráfico, como intersecciones controladas por pare o semáforo. El valor de referencia global del indicador es obtenido a partir de la valoración cualitativa promedio de todos los tramos.

H. Normalización

La evaluación del indicador se debe realizar conforme al numeral G, con base en la escala presentada en la siguiente tabla:

Tabla 15. Escala de evaluación para el indicador 3.1.2.

Puntuación	Valores de referencia ⁹
	Estado de la superficie de la ciclo-infraestructura en relación a la patologías existentes en el pavimento.
1,00	El estado de la superficie de la ciclo-infraestructura es bueno, es decir, entre el 70% y el 100% de la superficie se encuentra sin patologías en el pavimento.
0,50	El estado de la superficie de la ciclo-infraestructura es regular, es decir, entre el 30% y el 70% de la superficie se encuentra sin patologías en el pavimento
0,00	El estado de la superficie de la ciclo-infraestructura es mala, es decir, menos del 30% de la superficie se encuentra sin patologías en el pavimento.

En la ausencia de datos que posibiliten el cálculo confiable y preciso del indicador, su evaluación debe ser hecha por un técnico o gestor con conocimiento en el tema.

En caso de valores intermedios a los indicados en el cuadro, hacer interpolación para obtener la respectiva puntuación del indicador.

⁹ Valores de referencia propuestos por los autores con base en el Observatorio de Movilidad Sostenible - MOVIS.

3.1.3 Evaluación del estado de la superficie de infraestructura vial

DOMINIO 3	Infraestructura de transportes
TEMA 3.1	Provisión y mantenimiento de la infraestructura de transporte
INDICADOR 3.1.3	Estado de la superficie de la infraestructura vial

A. Definición

Evaluación del estado de la superficie vial del pavimento de la infraestructura vial del corredor vial para tránsito vehicular motorizado.

B. Unidad de medida

Estado de la superficie de la infraestructura vial del corredor vial.

C. Referencias

Observatorio MOVIS (2017), Langsner, G. et al. (1962), Cruz y Palacios (2012).

D. Relevancia

La pavimentación de vías y su conservación mejoran el acceso del servicio de transporte, especialmente los de transporte público, implicando el aumento de la accesibilidad de la población. Un buen estado del pavimento contribuye a la reducción de los costos de viaje, especialmente los asociados a la manutención de vehículos. Además de eso, implican beneficios económicos y ambientales, permitiendo el óptimo desplazamiento de personas y bienes, contribuyendo a una mejor movilidad. (Costa, M. S., 2008).

E. Información

- Base cartográfica del municipio o del corredor vial;
- Vías o tramos pavimentados, clasificados según el tipo de pavimento y estado.

F. Fuente de información

Departamento Administrativo de Planeación Municipal (DAPM), Secretaría de Movilidad, Plan Integral de Movilidad Urbana (PIMU), investigaciones y estudios específicos.

G. Método de cálculo

En la base georreferenciada del municipio o del corredor vial, se debe delimitar el corredor vial o tramo en estudio, identificándole y midiéndole en km. En caso de la inexistencia de un levantamiento completo por parte de la administración municipal de la extensión de las vías pavimentadas, pueden ser utilizadas imágenes aéreas y fotos de satélite para la identificación de los respectivos tramos.

La evaluación del estado del pavimento puede ser realizada a través de un indicador de serviciabilidad propuesto por la prueba AAASHO en 1962. Este indicador corresponde a la percepción que tienen los usuarios del nivel de servicio del pavimento, en la cual se realiza la evaluación mediante una escala que varía de 0 a 5, siendo 5 el valor para pavimentos con una superficie perfecta y 0 para un pavimento con una superficie en malas condiciones. En la siguiente tabla se presenta la escala de calificación de la serviciabilidad según la norma AASHO del 1962:

Tabla 16. Escala de calificación de serviciabilidad según AASHO.

Calificación		Descripción
Cuantitativo	Cualitativa	
[5.0 – 4.0]	MUY BUENO	Sólo los pavimentos nuevos (o casi nuevos) son los suficientemente suaves y sin deterioro para calificar en la categoría. La mayor parte de los pavimentos construidos o recarpeteados durante el año de inspección normalmente se clasifican como muy buenos.
(4.0 – 3.0]	BUENA	Los pavimentos de esta categoría, si bien no son tan suaves como los “Muy Buenos”, entregan un manejo de primera clase y muestran muy poco o ningún signo de deterioro superficial. Los pavimentos flexibles pueden estar comenzando a mostrar signos de ahuellamientos y fisuración aleatoria. Los pavimentos rígidos pueden estar empezando a mostrar evidencias de un nivel de deterioro superficial, como desconches y fisuras menores.
(3.0 – 2.0]	REGULAR	En esta categoría la calidad de manejo es notablemente inferior a la de los pavimentos nuevos y puede presentar problemas para altas velocidades de tránsito. Los defectos superficiales en los pavimentos flexibles pueden incluir ahuellamientos, parches y agrietamiento. Los pavimentos rígidos en este grupo pueden presentar fallas en las juntas, agrietamientos, escalonamiento y pumping.
(2.0 – 1.0]	MALA	Los pavimentos en esta categoría se han deteriorado hasta un punto donde puedan afectar la velocidad del tránsito de flujo libre. Los pavimentos flexibles pueden tener grandes baches y grietas profundas; el deterioro incluye pérdida de áridos, agrietamiento y ahuellamientos; y ocurre en un 50% o más de la superficie. El deterioro en pavimentos rígidos incluye desconche de juntas escalonamiento, parches, agrietamiento y bombeo.
(1.0 – 0.0]	MUY MALA	Los pavimentos en esta categoría se encuentran en una situación de extremo deterioro. Los caminos se pueden transitar a velocidades reducidas y con considerables problemas de manejo. Existen grandes baches y grietas profundas. El deterioro ocurre en un 75 % o más de la superficie.

Fuente: Langsner G. et tal. (1962).

Con el fin de evaluar el corredor vial de forma aproximada, se propone dividir al corredor vial en secciones, delimitadas por tramos de una longitud definida a criterio del evaluador, o bien, delimitados por algún tipo de control de tráfico, como pares e intersecciones. La calificación del corredor vial se debe realizar para todo el corredor vial, considerando todos los sentidos, calzadas y carriles. El valor de referencia global del indicador es obtenido a partir de la valoración cualitativa promedio de todos los tramos.

H. Normalización

La evaluación del indicador se debe realizar conforme al numeral G, con base en la escala presentada en la siguiente tabla:

Tabla 17. Escala de evaluación para el indicador 3.1.3.

Puntuación	Valores de referencia¹⁰
	Estado de la superficie de la infraestructura vial del corredor vial
0.00	El estado de la superficie de la infraestructura vial es muy buena
0.75	El estado de la superficie de la infraestructura vial es buena
0.50	El estado de la superficie de la infraestructura vial es regular
0.25	El estado de la superficie de la infraestructura vial es mala
0.00	El estado de la superficie de la infraestructura vial es muy mala

En la ausencia de datos que posibiliten el cálculo confiable y preciso del indicador, su evaluación debe ser hecha por un técnico o gestor con conocimiento en el tema.

En caso de valores intermedios a los indicados en el cuadro, hacer interpolación para obtener la respectiva puntuación del indicador.

¹⁰ Valores de referencia propuestos por los autores con base en el Observatorio de Movilidad Sostenible - MOVIS.

3.1.4 Señalización vial

DOMINIO	Infraestructura de transportes
TEMA	Provisión y mantenimiento de la infraestructura de transporte
INDICADOR 3.1.4	Señalización vial

A. Definición

Existencia y estado de la señalización vertical y horizontal sobre el corredor vial, para modos motorizados y no motorizados.

B. Unidad de medida

Evaluación numérica de la existencia y estado de la señalización vertical y horizontal sobre el corredor vial.

C. Referencias

Berceruelo, M. L. (2013), Inventario de señalización (Agencia Nacional de Infraestructura - ANI 2014), Manual de señalización vial: Dispositivos para la regulación del tránsito en calles, carreteras y ciclorutas de Colombia (Ministerio de Transporte, 2015).

D. Relevancia

La calidad de la señalización vial horizontal y vertical, está relacionada con la seguridad, la reducción de accidentes y la correcta orientación de aquel que transita por el corredor vial. La calidad de la señalización tiene una gran importancia para los peatones, ciclistas y personas con necesidades especiales o con restricciones de movilidad, modos usualmente vulnerables frente a los modos motorizados.

Una señalización vial de calidad sobre un corredor vial debe ser suficiente, encontrarse bien distribuido, presentar buena visibilidad, ser legible, comprensible y se debe regir bajo las normas técnicas.

E. Información

Inventario de señalización horizontal y vertical, evaluando la existencia y estado de las mismas.

F. Fuente de información

- Departamento Administrativo de Planeación Municipal (DAPM);
- Información primaria y secundaria de investigaciones y estudios específicos.

G. Método de cálculo

En caso de no tener información secundaria de alguna dependencia o información histórica, se sugiere realizar un inventario de la señalización vertical y horizontal presente en el corredor vial. El inventario se puede realizar por segmentos de corredor vial (tramos definidos entre nodos o intersecciones de control vehicular), evaluando la existencia y el estado de la señalización, para después realizar una ponderación del corredor vial en su totalidad y obtener una calificación cualitativa global de la señalización vial sobre el corredor vial.

El inventario se debe revisar con base en el Manual de Señalización Vial (2015), sin ignorar la

señalización pertinente para los modos no motorizados. En cuanto al estado de la señalización vertical se debe revisar el poste y el tablero, su legibilidad, pintura, estructura y limpieza, dando una calificación de estado *buena*, *regular*, *mala*. Para la señalización horizontal se debe revisar el estado de la pintura y su legibilidad, dando una calificación de estado *buena*, *regular*, *mala*. Se revisa la señalización para el corredor vial de acuerdo con la siguiente tabla. (ANI, 2014).

Tabla 18. Escala de evaluación: Estado de la señalización para modos motorizados y no motorizados.

Tipo de señalización	Estado		
	Mala	Regular	Buena
Señalización horizontal para modos motorizados	Mala	Regular	Buena
Señalización horizontal para modos no motorizados	Mala	Regular	Buena
Señalización vertical para modos motorizados	Mala	Regular	Buena
Señalización vertical para modos no motorizados	Mala	Regular	Buena

Fuente: Elaboración propia.

Para obtener un valor numérico que evalúe toda la señalización del corredor vial, se sugiere asignar puntuaciones numéricas a cada estado, por ejemplo: 1 = “Mala”, 2 = “Regular”, 3 = “Buena”. La valoración de referencia resulta de promediar los valores numéricos de las cuatro categorías de señalización, para luego normalizar a un rango de cero a uno.

H. Normalización

La evaluación del indicador se debe realizar conforme al numeral G, con base en la escala presentada en la siguiente tabla:

Tabla 19. Escala de evaluación para el indicador 3.1.4.

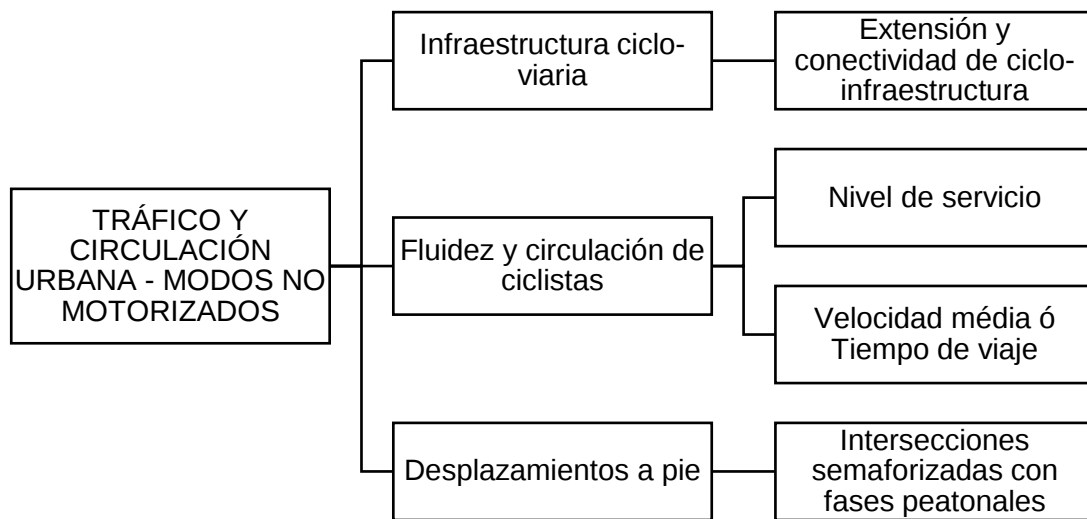
Puntuación	Valores de referencia ¹¹
	Valor normalizado de la evaluación numérica del estado y existencia de la señalización vertical y horizontal para modos motorizados y no motorizados.
1.00	Valor normalizado = 1.00
0.80	Valor normalizado = 0.80
0.60	Valor normalizado = 0.60
0.40	Valor normalizado = 0.40
0.20	Valor normalizado = 0.20
0.00	Valor normalizado = 0.00

En la ausencia de datos que posibiliten el cálculo confiable y preciso del indicador, su evaluación debe ser hecha por un técnico o gestor con conocimiento en el tema.

En caso de valores intermedios a los indicados en el cuadro, hacer interpolación para obtener la respectiva puntuación del indicador.

¹¹ Valores de referencia propuestos por los autores con base en Costa (2008).

DOMINIO TRÁFICO Y CIRCULACIÓN URBANA MODOS NO MOTORIZADOS



4 TRÁFICO Y CIRCULACIÓN URBANA - MODOS NO MOTORIZADOS

4.1 TRANSPORTE CICLO-VIARIO

4.1.1 Extensión y conectividad de ciclo-infraestructura

DOMINIO	Modos no motorizados
TEMA	Transporte ciclo-viario
INDICADOR 4.1.1	Extensión y conectividad de ciclo-infraestructura

A. Definición

Extensión y conectividad de la ciclo-infraestructura en el corredor vial.

B. Unidad de medida

Porcentaje evaluando la extensión y conectividad de la ciclo-infraestructura en el corredor vial

C. Referencias

Costa, M. S. (2008), Pardo, C., & Sanz, A. (2016).

D. Relevancia

El incentivo al uso y la provisión de infraestructura para el transporte no motorizado son acciones esenciales para la movilidad sustentable. Esta infraestructura debe ser optima con el fin de proporcionar comodidad y seguridad a los usuarios. La conectividad de las vías para las bicicletas es un aspecto importante a ser promovido, con el fin de ampliar la seguridad, reducir los tiempos de desplazamiento y ampliar las opciones para el desplazamiento a través de modos no motorizados de transporte. (Costa, M. S., 2008).

E. Información

- Base cartográfica del corredor vial, extensión del corredor vial
- Red de infraestructura para bicicletas incluyendo: ciclo rutas, ciclo bandas, ciclo ruta compartida con peatones.

F. Fuente de información

Departamento Administrativo de Planeación Municipal (DAPM), Observatorio de Movilidad Sostenible (MOVIS), Plan Integral de Movilidad Urbana (PIMU).

G. Método de cálculo

El cálculo del indicador consiste en la determinación de un parámetro de referencia para la extensión y conectividad de la ciclo-infraestructura sobre el corredor vial, generando una puntuación que refleje las principales características del sistema vial para el uso de la bicicleta. Para el cálculo de la extensión de la ciclo-infraestructura se recomienda el siguiente procedimiento:

- En la base cartográfica del corredor vial, se debe identificar la extensión longitudinal de la ciclo-infraestructura existente, revisando los sentidos del corredor vial. Se debe identificar también la extensión longitudinal por sentido para el corredor vial. En esta etapa se puede

hacer uso de bases cartográficas digitales o impresas, Sistemas de Información Geográficas y de Diseño Asistido por Computador.

- El parámetro es obtenido a través del cociente entre la extensión total de ciclo-infraestructura y la extensión total del corredor vial, expresado en porcentaje (%).

La conectividad de la red de ciclo-infraestructura es definida con base en los siguientes aspectos:

- La ciclo-infraestructura identificada en el corredor vial, debe ser continua y bien definida. Sin importar el tipo de infraestructura para el ciclista, debe existir una óptima transición dispuesta para el ciclista, ignorando los posibles controles de flujo vehicular con los que se pueda encontrar. De forma cualitativa, se debe expresar la conectividad en porcentaje (%) teniendo en cuenta la ausencia de barreras físicas que impidan o restrinjan los desplazamientos de los ciclistas y la segmentación de la ciclo-infraestructura si existe.

Con base en los dos elementos, se debe identificar la respectiva puntuación del indicador, resultando de multiplicar los porcentajes de extensión y conectividad, de la siguiente forma:

$$\text{Puntuación} = \% \text{ de corredor vial con ciclo-infraestructura} * \% \text{ de conectividad}$$

H. Normalización

La evaluación del indicador se debe realizar conforme al numeral G, con base en la escala presentada en la siguiente tabla:

Tabla 20. Escala de evaluación para el indicador 4.1.1.

Puntuación	Valores de referencia¹² Porcentaje evaluando la extensión y conectividad de la ciclo-infraestructura en el corredor vial
1.00	100% = el corredor vial presenta ciclo-infraestructura y alta conectividad.
0.00	0% = No hay presencia de ciclo-infraestructura en el corredor vial.

En la ausencia de datos que posibiliten el cálculo confiable y preciso del indicador, su evaluación debe ser hecha por un técnico o gestor con conocimiento en el tema.

En caso de valores intermedios a los indicados en el cuadro, hacer interpolación para obtener la respectiva puntuación del indicador.

¹² Valores de referencia propuestos por los autores con base en Costa (2008).

4.2 FLUIDEZ Y CIRCULACIÓN DE CICLISTAS

4.2.1 Velocidad media de viaje de ciclo-usuarios

DOMINIO	Modos no motorizados
TEMA	Reducción de viajes
INDICADOR 4.2.1	Velocidad media de viaje de ciclo-usuarios

A. Definición

Velocidad media de viaje en bicicleta observada a lo largo del corredor vial.

B. Unidad de medida

Kilómetros/hora (km/h).

C. Referencias

Pardo, C., & Sanz, A. (2016).

D. Relevancia

De acuerdo con la Guía de Ciclo-infraestructura para ciudades colombianas, para distancias de desplazamiento menores a 5 km, la bicicleta es más rápida que cualquier otro medio de transporte, teniendo en cuenta los tiempos de acceso a los vehículos, así como las etapas desde los paraderos o los estacionamientos hasta el destino final.

La sustitución de desplazamientos en vehículos motorizados a pie o en bicicleta se traduce en una reducción de la inseguridad de las vías, como también ocurre si se disminuye el volumen de los vehículos y su velocidad. Por ese motivo, es prescindible que las nuevas políticas ciclo-inclusivas desarrollen modelos de velocidades urbanas, capaces de reducir la inseguridad y mejorar la velocidad media de los ciclistas.

E. Información

- Levantamientos de campo sobre el corredor vial o segmentos de interés del mismo, para medición de la velocidad en hora pico, relacionando distancia recorrida al tiempo medio gastado para recorrerlo;
- O, encuestas origen destino u otros estudios específicos de transporte y movilidad urbana que permiten obtener datos referentes a la distancia media de los desplazamientos realizados sobre el corredor vial.

F. Fuente de información

Departamento Administrativo de Planeación Municipal (DAPM), órganos, empresas o consultorios de tránsito y transporte; información secundaria de estudios de tránsito.

G. Método de cálculo

Con base en levantamientos de campo se obtiene la velocidad media de curso, estimada a partir de bicicletas que recorren tramos del corredor vial, relacionando la distancia recorrida con el tiempo medio gastado para recorrerla. El tiempo de curso consiste en el tiempo total para recorrer el tramo seleccionado, permitiendo de esta forma incorporar aspectos relacionadas a la operación

vial e impactos de tráfico. Rafael Cal y Mayor R., & Cárdenas, J. (2010)

Para el cálculo del valor de referencia del indicador se deben seguir los siguientes pasos:

- Definición de tramos en el corredor vial, delimitados por controles de flujo vehicular o nodos y considerando los sentidos del corredor vial.
- Realización de toma de velocidades por segmento, calculando tiempo entre puntos de control de cada tramo definido. En esta etapa pueden ser utilizados equipamientos GPS, mapas de vías, registro fotográfico, aplicaciones móviles, entre otros recursos que permitan el registro de los segmentos escogidos y los tiempos de viaje. El cálculo de las velocidades medias de viaje por segmento, se calculan a partir de la siguiente ecuación.

$$V = \frac{D}{T}$$

Donde:

V = velocidad media de viaje en km/h;

D = distancia del segmento en km;

T = tiempo de desplazamiento en horas.

- La velocidad media de viaje de ciclo-usuarios en el corredor vial resulta de promediar los valores de velocidades de tramo, ponderando respecto de la longitud del segmento.

De acuerdo con la Guía de ciclo-infraestructura de Colombia (2016), la velocidad media de viaje para un tipo de ciclista urbano cotidiano es de 15 a 20 km/h. No obstante, se recomienda adoptar parámetros compatibles con las características de los sistemas de transporte y movilidad de cada municipio. Se considera este dato para los valores de referencia.

H. Normalización

La evaluación del indicador se debe realizar conforme al numeral G, con base en la escala presentada en la siguiente tabla:

Tabla 21. Escala de evaluación para el indicador 4.2.1.

Puntuación	Valores de referencia ¹³ Velocidad media de ciclistas, en horario pico
1.00	Igual o superior a 18 km/h
0.80	15 km/h
0.60	12 km/h
0.40	9 km/h
0.20	6 km/h
0.00	Igual o inferior a 3 km/h

En la ausencia de datos que posibiliten el cálculo confiable y preciso del indicador, su evaluación debe ser hecha por un técnico o gestor con conocimiento en el tema.

En caso de valores intermedios a los indicados en el cuadro, hacer interpolación para obtener la respectiva puntuación del indicador.

¹³ Valores de referencia propuestos por los autores de acuerdo con Pardo, C., & Sanz, A. (2016).

4.3 DESPLAZAMIENTOS A PIE

4.3.1 Intersecciones semaforizadas con fases peatonales

DOMINIO	Tráfico y circulación urbana
TEMA	Desplazamientos a pie
INDICADOR 4.3.1	Intersecciones semaforizadas con fases peatonales

A. Definición

Dentro del plan de señales de una intersección semaforizada, puede haber fases dedicadas a uno o varios grupos de señales, incluyendo movimientos de vehículos y peatones.

B. Unidad de medida

Porcentaje de intersecciones que contemplan movimientos peatonales dentro de los grupos de señales de fases en intersecciones semaforizadas del corredor vial.

C. Referencias

Cal y Mayor & Cárdenas (2007), Cuevas, D. (2005), Observatorio de Movilidad Sostenible MOVIS, (2019).

D. Relevancia

La no inclusión de grupos de señales dedicados a movimientos peatonales en planes de semaforización, tiene un impacto evidenciado en las tasas de accidentalidad y en la pérdida de tiempo en sus desplazamientos. Cuevas, D. (2005).

E. Información

Planes de señales, inventario de semaforización – cabeza y soportes –.

F. Fuente de información

Secretaría de Movilidad, Secretaría de Infraestructura, Sistema Integrado de Transporte Masivo, estudios de infraestructura semafórica y de tiempos de planes de señales, información secundaria proveniente de grupos, técnicos, estudios y consultores en temas de tránsito, transporte, infraestructura vial y movilidad.

G. Método de cálculo

Para evaluar el indicador se sugiere seguir los siguientes pasos:

- Se debe identificar en el corredor vial todas las intersecciones semaforizadas, ya sea que estén en completo, parcial o funcionamiento nulo. Posterior a ello, se debe reconocer el plan de señales para cada una de las intersecciones.
- En el plan de señales, se debe revisar la existencia de grupos de señales para movimientos peatonales. Estos grupos, deben garantizar el derecho de paso para todos los posibles movimientos peatonales dentro de la intersección.
- El valor de referencia del indicador resulta del porcentaje de intersecciones semaforizadas con existencia de grupos de señales para movimientos peatonales, e intersecciones

semaforizadas totales en el corredor vial de estudio. Como condición, todas las intersecciones con planes de señales con grupos de señales peatonales, deben ser coherentes con la infraestructura existente en las intersecciones, es decir, no aportará al porcentaje una intersección que registra movimientos peatonales protegidos por semáforo, pero que en la infraestructura no se representa tal plan de señales.

H. Normalización

La evaluación del indicador se debe realizar conforme al numeral G, con base en la escala presentada en la siguiente tabla:

Tabla 22. Valores de referencia para el indicador 4.3.1.

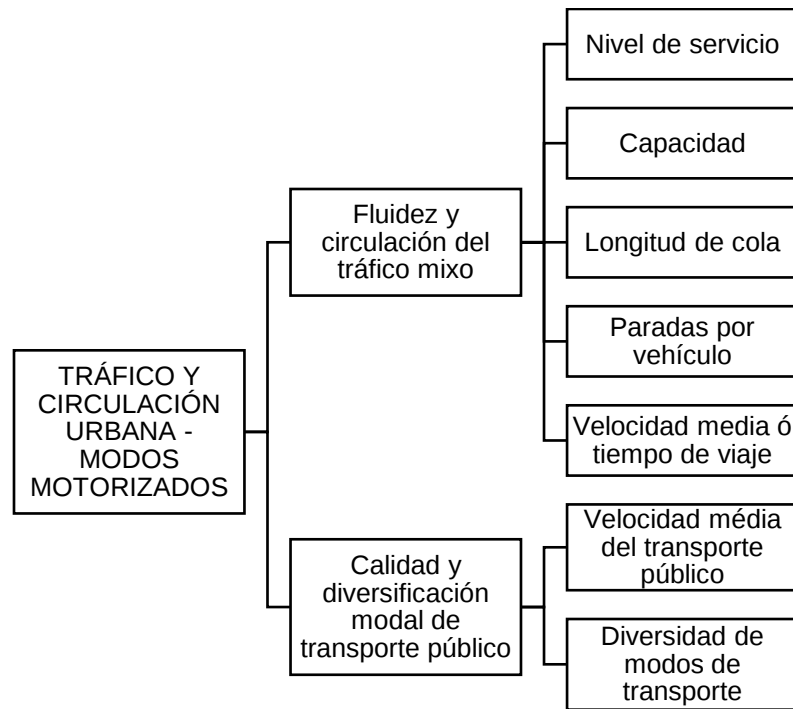
Puntuación	Valores de referencia¹⁴
	Porcentaje de intersecciones que contemplan movimientos peatonales dentro de los grupos de señales de fases en intersecciones semaforizadas del corredor vial.
1.00	100%
0.75	75%
0.50	50%
0.25	25%
0.00	0%

En la ausencia de datos que posibiliten el cálculo confiable y preciso del indicador, su evaluación debe ser hecha por un técnico o gestor con conocimiento en el tema.

En caso de valores intermedios a los indicados en el cuadro, hacer interpolación para obtener la respectiva puntuación del indicador.

¹⁴ Valores de referencia propuestos por los autores.

DOMINIO TRÁFICO Y CIRCULACIÓN URBANA MODOS MOTORIZADOS



5 TRÁFICO Y CIRCULACIÓN URBANA - MODOS MOTORIZADOS

5.1 FLUIDEZ Y CIRCULACIÓN DEL TRÁFICO MIXTO

5.1.1 Nivel de servicio

DOMINIO	Tráfico y Circulación Urbana - Modos Motorizados
TEMA	Fluidez y circulación tráfico mixto
INDICADOR 5.1.1	Nivel de servicio

A. Definición

Condiciones de operación del flujo vehicular que transita por el corredor vial.

B. Unidad de medida

Nivel de servicio del corredor vial o promedio de niveles de servicio de los segmentos que componen el corredor vial.

C. Referencias

Manual HCM (2010).

D. Relevancia

El Nivel De Servicio (NDS) indica o describe las condiciones de operación del flujo vehicular que transita por el corredor vial. Indica que el NDS da evidencia de la afectación de factores internos como la velocidad, volumen, composición del tránsito, etc. y de factores externos como la anchura de los carriles, distancia libre lateral, pendientes, etc.

E. Información

Características operaciones del flujo de tránsito como velocidad media de viaje y capacidad y demanda.

F. Fuente de información

Departamento Administrativo de Planeación Municipal (DAPM), Secretaría de Movilidad, Observatorio de Movilidad – MOVIS, investigaciones y estudios específicos.

G. Método de cálculo

De acuerdo al HCM (2010), hay dos medidas de desempeño usados para caracterizar el NDS vehicular del flujo vehicular en un sentido vial a lo largo de los segmentos de calles urbanas – equivalentes a corredor viales –. Estas dos medidas son la velocidad y la relación volumen/capacidad – v/c –. La Tabla 23 lista los umbrales establecidos por el HCM para el tráfico mixto en segmentos de calles urbanas.

Tabla 23. Criterio de NDS para segmentos de vías urbanas.

Velocidad de desplazamiento como un porcentaje de la velocidad a flujo libre (%)	NDS de acuerdo a relación v/c	
	≤ 1.0	≥ 1.0
>85	A	F
>67-85	B	F
>50-67	C	F
>40-50	D	F
>30-40	E	F
≤ 30	F	F

Fuente: Adaptado de HCM 2010.

Los estudios de tránsito pertinentes deben ser hechos en días hábiles en hora de máxima demanda o horas pico. Se recomienda que sean hechas varias observaciones en días distintos, con el fin de aumentar la confiabilidad de los datos y evitar que eventos aislados o atípicos puedan distorsionar los valores obtenidos para el cálculo del NDS.

Otra forma de calcular el nivel de servicio de un segmento de corredor vial acotado por intersecciones semaforizadas o señales de pare, es a partir de modelos de simulación, bien sean de mesomodelación o micromodelación.

El cálculo del indicador es obtenido a partir del promedio ponderado de valores numéricos de los niveles de servicio (NDS) de los segmentos del corredor vial con respecto a sus respectivas longitudes.

H. Normalización

La evaluación del indicador se debe realizar conforme al numeral G, con base en la escala presentada en la siguiente tabla:

Tabla 24. Escala de evaluación para el indicador 5.1.1.

Puntuación	Valores de referencia ¹⁵
	Valor del nivel de servicio del corredor vial.
1.00	El NDS del corredor vial es A
0.80	El NDS del corredor vial es B
0.60	El NDS del corredor vial es C
0.40	El NDS del corredor vial es D
0.20	El NDS del corredor vial es E
0.00	El NDS del corredor vial es F

En la ausencia de datos que posibiliten el cálculo confiable y preciso del indicador, su evaluación debe ser hecha por un técnico o gestor con conocimiento en el tema.

En caso de valores intermedios a los indicados en el cuadro, hacer interpolación para obtener la respectiva puntuación del indicador.

¹⁵ Valores de referencia propuestos por los autores con base en los criterios de NDS en el HCM, 2010.

5.1.2 Longitud de cola

DOMINIO	Tráfico y circulación urbana - modos motorizados
TEMA	Fluidez y circulación del tráfico mixto
INDICADOR 5.1.2	Longitud de cola

A. Definición

La cola es el resultado de la demanda excediendo la capacidad para un periodo de tiempo, reflejándose como una hilera de vehículos detenidos con una longitud característica.

B. Unidad de medida

Promedio de las relaciones porcentuales entre la longitud de cola y la longitud de almacenamiento de los segmentos del corredor vial.

C. Referencias

Manual HCM (2010), Manual de Ingeniería de Tráfico (Capítulo 5 – Recolección de información, 2005).

D. Relevancia

Las colas son una importante medida de operación y una consideración de diseño para intersecciones y sus accesos. Colas que son más largas que la longitud de almacenamiento del segmento, pueden crear varios tipos de problemas operacionales como bloquear el acceso, provocar bloqueos en intersecciones aguas arriba, entre otras.

E. Información

Conteos de longitudes de cola a lo largo del corredor vial.

F. Fuente de información

Departamento Administrativo de Planeación Municipal (DAPM), Secretaría de Movilidad, Observatorio de Movilidad – MOVIS, investigaciones y estudios específicos.

G. Método de cálculo

Las longitudes pueden ser calculadas a través de modelos matemáticos, modelos de simulación de tráfico y estudios en campo.

- Modelos matemáticos: las características de las colas pueden ser modeladas a partir de la tasa de llegada, tasa de servicio y los tiempos del plan señales. La longitud de cola puede ser estimada para propósitos de planeación, asumiendo una densidad de almacenamiento – densidad promedio de vehículos en la cola – y luego usando la relación matemática en la ecuación siguiente.

$$QL = \frac{T * (v - c)}{N * d_s}$$

Donde:

QL = longitud de cola (km);

T = duración del análisis de periodo (h);
 v = demanda (veh/h);
 c = capacidad (veh/h);
 N = número de carriles;
 d_s = densidad de almacenamiento (veh/km/ln).

- Modelos de simulación: en modelos de meso y micro-modelación, se pueden calcular las longitudes de cola. A partir de la construcción de modelos de tráfico con representación precisas de las condiciones operativas del corredor vial, los programas de software de simulación consiguen calcular y/o representar de forma aproximada las longitudes de cola promedio.
- Estudios en campo: la longitud de cola promedio, puede ser calculada realizando toma de información cada periodo de tiempo para un tiempo total de estudio. Estos conteos de cola se sugieren realizar en el tiempo todo rojo del acceso en estudio. La longitud de cola se puede realizar a partir del conteo de autos en hilera y luego asumiendo una longitud del auto más espaciamiento promedio.

El estudio de tránsito de longitud de cola debe ser hecho en días hábiles en hora de máxima demanda o horas pico. Se recomienda que sean hechas varias observaciones en días distintos, con el fin de aumentar la confiabilidad de los datos y evitar que eventos aislados o atípicos puedan distorsionar los valores obtenidos para el cálculo de la longitud de cola. El valor de referencia final se calcula del promedio de las relaciones porcentuales para cada segmento.

H. Normalización

La evaluación del indicador se debe realizar conforme al numeral G, con base en la escala presentada en la siguiente tabla:

Tabla 25. Valores de referencia para el indicador 5.1.2.

Puntuación	Valores de referencia ¹⁶
	Promedio de las relaciones porcentuales entre la longitud de cola y la longitud de almacenamiento de los segmentos del corredor vial.
1.00	Las longitudes de cola promedio alcanzan el 0% de las longitudes de almacenamiento de los segmentos del corredor vial.
0.75	Las longitudes de cola promedio alcanzan el 25% de las longitudes de almacenamiento de los segmentos del corredor vial.
0.50	Las longitudes de cola alcanzan el 50% de las longitudes de almacenamiento de los segmentos del corredor vial.
0.25	Las longitudes de cola promedio alcanzan el 75% de las longitudes de almacenamiento de los segmentos del corredor vial.
0.00	Las longitudes de cola promedio alcanzan el 100% o más de las longitudes de almacenamiento de los segmentos del corredor vial.

En la ausencia de datos que posibiliten el cálculo confiable y preciso del indicador, su evaluación debe ser hecha por un técnico o gestor con conocimiento en el tema.

En caso de valores intermedios a los indicados en el cuadro, hacer interpolación para obtener la respectiva puntuación del indicador.

¹⁶ Valores de referencia propuestos por los autores.

5.1.3 Paradas por vehículo

DOMINIO	Tráfico y circulación urbana - modos motorizados
TEMA	Fluidez y circulación del tráfico mixto
INDICADOR 5.1.3	Paradas por vehículo

A. Definición

Se refiere a la cantidad de paradas promedio que un vehículo debe hacer como consecuencia de las dinámicas operacionales del corredor vial, como intersecciones controladas por semáforo o pare. Las paradas pueden ser clasificadas como completas y parcial. Las paradas parciales ocurren cuando el conductor baja la velocidad sin detenerse. Esto pasa cuando los vehículos se unen a una cola que ya se está moviendo o despejando.

B. Unidad de medida

Valor del factor de paradas en relación a un escenario de situación inicial.

C. Referencias

Olszewski, P. (1993).

D. Relevancia

Las paradas es una medida usada para caracterizar la calidad operacional de una intersección o acceso señalizado. Evalúa el desempeño de los accesos de la intersección y están relacionadas con la estimación de consumo de combustible y la emisión de gases contaminantes.

E. Información

Características operativas del flujo de tránsito sobre el corredor vial.

F. Fuente de información

Departamento Administrativo de Planeación Municipal (DAPM), Secretaría de Movilidad, Observatorio de Movilidad – MOVIS, investigaciones y estudios específicos.

G. Método de cálculo

Dado que los autores no encontraron en la literatura un valor de referencia o parámetro de control para la cantidad de paradas realizadas en el corredor vial para un periodo de tiempo, se sugiere definir una puntuación de 0.50 para no castigar de alguna forma el índice cuando se esté evaluando un escenario de situación inicial. Sin embargo, cuando se vaya a dar una puntuación a escenarios de situación comparativa, se propone calcular un porcentaje de diferencia entre la cantidad de paradas entre el escenario inicial y el escenario comparativo, de la siguiente forma:

$$F_{paradas} = \frac{P_c - P_i}{P_c}$$

Donde:

$F_{paradas}$ = porcentaje de diferencia de paradas (%);

P = cantidad de paradas promedio de acuerdo a la tipología y distribución vehicular;
 i = escenario situación inicial;
 c = escenario situación comparativa;

El factor de paradas relaciona las paradas vehiculares de dos escenarios y permite inferir el porcentaje de cambio o impacto. Las cantidades de paradas vehiculares en los segmentos del corredor vial se podrán calcular por métodos numéricos o con la ayuda de herramientas de software especializado.

H. Normalización

La evaluación del indicador se debe realizar conforme al numeral G, con base en la escala presentada en la siguiente tabla:

Tabla 26. Valores de referencia para el indicador 5.1.3.

Puntuación	Valores de referencia ¹⁷ Porcentaje de diferencia de paradas promedio vehiculares en relación a un escenario inicial.
1.00	$F_{paradas} \leq -100\%$: paradas promedio vehiculares del escenario comparativo son al menos un 50% menos que las paradas promedio vehiculares del escenario inicial.
0.75	$F_{paradas} = -50\%$: paradas promedio vehiculares del escenario comparativo son un 25% menos que las paradas promedio vehiculares del escenario inicial.
0.50	$F_{paradas} = 0\%$: paradas promedio vehiculares del escenario comparativo son iguales que las paradas promedio vehiculares del escenario inicial.
0.25	$F_{paradas} = 50\%$: paradas promedio vehiculares del escenario comparativo son un 25% más que las paradas promedio vehiculares del escenario inicial.
0.00	$F_{paradas} \geq 100\%$: paradas promedio vehiculares del escenario comparativo son al menos un 50% más que los paradas promedio vehiculares del escenario inicial.

En la ausencia de datos que posibiliten el cálculo confiable y preciso del indicador, su evaluación debe ser hecha por un técnico o gestor con conocimiento en el tema.

En caso de valores intermedios a los indicados en el cuadro, hacer interpolación para obtener la respectiva puntuación del indicador.

¹⁷ Valores de referencia propuestos por los autores.

5.1.4 Velocidad media de tráfico de tráfico mixto

DOMINIO	Tráfico y circulación urbana
TEMA	Fluidez y circulación
INDICADOR 5.1.4	Velocidad media de recorrido de tráfico

A. Definición

La velocidad media de recorrido es una medida de operación del tráfico, basada en el tiempo de viaje observado para una longitud conocida de corredor vial o de segmento de corredor vial. Es equivalente a la longitud del segmento dividido entre el tiempo de viaje promedio de los vehículos atravesando el segmento, incluyendo todos los tiempos de demora por paradas. (HCM, 2010).

B. Unidad de medida

Velocidad de desplazamiento como un porcentaje de la velocidad a flujo libre (%).

C. Referencias

Manual HCM (2010), Cal y Mayor, Cárdenas (2007).

D. Relevancia

La velocidad media de desplazamiento es una medida de sustentabilidad de los sistemas de transporte. Constituye un parámetro de interés que permite evaluar el desempeño (nivel de servicio) de un corredor vial, verificando sus condiciones de operación y seguridad.

E. Información

- Levantamientos de campo sobre el corredor vial o segmentos de interés del mismo, para medición de la velocidad en hora pico, relacionando distancia recorrida al tiempo medio gastado para recorrerlo;
- O, encuestas origen destino u otros estudios específicos de transporte y movilidad urbana que permiten obtener datos referentes a la distancia media de los desplazamientos realizados sobre el corredor vial.

F. Fuente de información

Departamento Administrativo de Planeación; órganos, empresas o consultorios de tránsito y transporte; información secundaria de estudios de tránsito.

G. Método de cálculo

Con base en levantamientos de campo se obtiene la velocidad media de recorrido, estimada a partir de vehículos de transporte individual motorizado que recorren tramos del corredor vial, relacionando la distancia recorrida con el tiempo medio gastado para recorrerla. El tiempo de curso consiste en el tiempo total para recorrer el tramo seleccionado, permitiendo de esta forma incorporar aspectos relacionadas a la operación vial e impactos de tráfico. Para el cálculo del indicador se deben realizar las siguientes actividades:

- Definición de segmentos en el corredor vial, delimitados por controles de flujo vehicular o nodos.

- Realización de toma de velocidades por segmento, calculando tiempo entre puntos de control de cada tramo definido con ayuda de equipamiento electrónico.
- La velocidad media de recorrido en un segmento se obtiene a partir el promedio de velocidades tomadas para diferentes tipologías vehiculares, ponderado conforme a la composición vehicular identificada para el tramo.
- La velocidad media de recorrido en el corredor vial se obtiene a partir del promedio de las velocidades calculadas de los segmentos, ponderado respecto a la longitud de los segmentos.

De acuerdo al HCM (2010), la velocidad de desplazamiento, equivalente a la velocidad media de recorrido, está asociada al nivel de servicio. En la Tabla 27 el HCM (2010) relaciona el nivel de servicio con porcentajes de velocidad de desplazamiento respecto a la velocidad a flujo libre – BFFS, por sus siglas en ingles. El BFFS, refleja el carácter del tráfico y los lineamientos de las vías, en este caso, es equivalente a la máxima velocidad permitida –. De acuerdo a esto, se construye definen los valores de referencia y sus puntuaciones en el literal H.

Tabla 27. Criterio de Nivel De Servicio para segmentos de vías urbanas

Velocidad de desplazamiento como un porcentaje de la velocidad a flujo libre (%)	NDS de acuerdo a relación v/c	
	≤ 1.0	≥ 1.0
≥85	A	F
>67-85	B	F
>50-67	C	F
>40-50	D	F
>30-40	E	F
≤30	F	F

Fuente: Adaptado del HCM (2010).

H. Normalización

La evaluación del indicador se debe realizar conforme al numeral G, con base en la escala presentada en la siguiente tabla:

Tabla 28. Escala de evaluación para el indicador 5.1.4.

Puntuación	Valores de referencia ¹⁸ Velocidad de desplazamiento como un porcentaje de la velocidad a flujo libre
1.00	≥85%
0.80	>67-85
0.60	>50-67
0.40	>40-50
0.20	>30-40
0.00	≤30

En la ausencia de datos que posibiliten el cálculo confiable y preciso del indicador, su evaluación debe ser hecha por un técnico o gestor con conocimiento en el tema.

En caso de valores intermedios a los indicados en el cuadro, hacer interpolación para obtener la respectiva puntuación del indicador.

¹⁸ Valores de referencia propuestas por los autores con base en los criterios del HCM (2010).

5.2 CALIDAD Y DIVERSIFICACIÓN MODAL EN TRANSPORTE PÚBLICO

5.2.1 Velocidad comercial de transporte público

DOMINIO	Tráfico y circulación urbana - modos motorizados
TEMA	Calidad y diversificación modal del transporte público
INDICADOR 5.2.1	Velocidad comercial de transporte público

A. Definición

Velocidad comercial (velocidad media de desplazamiento) del transporte público sobre el corredor vial.

B. Unidad de medida

Kilómetros/hora (km/h).

C. Referencias

Costa, M. S. (2008), William y Hewlett (2010)

D. Relevancia

La velocidad comercial del vehículo es más importante que la velocidad máxima, representa la velocidad promedio que incluye el tiempo de espera en estaciones y/o paradas. Luego, un sistema con distancias cortas entre las estaciones o con tiempos largos de abordaje y descenso, será castigado en términos de velocidad promedio. William y Hewlett (2010).

E. Información

- Velocidad de operación o velocidad comercial de servicio de transporte público por autobús;
- O, levantamientos de campo en el corredor vial para la medición de velocidad media de desplazamiento de bus de transporte público en hora pico;
- O, encuestas origen destino u otros estudios específicos de transporte y movilidad urbana que permitan obtener datos referentes a la distancia media de los desplazamientos sobre el corredor vial y los tiempos medios de viaje en bus de transporte público.

F. Fuente de información

Departamento Administrativo de Planeación (DAPM), órganos o empresas de tránsito y transporte, operadoras de servicio de transporte público.

G. Método de cálculo

La velocidad comercial está definida como la velocidad de los desplazamientos en bus urbano, durante un determinado tiempo de análisis. Se incluye el tiempo de recorrido y tiempo de parada en puntos o terminales distribuidas a lo largo de las rutas que transiten por el corredor vial.

En caso de que no existan datos sobre la velocidad media del bus urbano en horario pico por partes de las operadoras y órganos gestores, se pueden hacer levantamientos de campo para obtener la velocidad media, estimada a partir de vehículos recorriendo el corredor vial. En esta

situación el tiempo de recorrido consiste en el tiempo total usado para recorrer el corredor vial o un tramo de él, incluso las paradas en puntos y terminales a lo largo del corredor vial.

Los levantamientos deben ser hechos en días hábiles en hora de máxima demanda o horas pico. Se recomienda que sean hechas varias observaciones en días distintos, con el fin de aumentar la confiabilidad de los datos y evitar que eventos aislados o atípicos puedan distorsionar los valores obtenidos para la velocidad media del tráfico.

Para el cálculo del indicador con base en esta metodología se deben realizar las siguientes actividades:

- Realización de recorrido con una monitorización de las distancias y respectivos tiempos de desplazamientos, con registro de informaciones por segmento. En esta etapa se pueden utilizar equipos GPS, *palm top* y otros recursos que permitan el registro de segmentos recorridos y los tiempos de viaje.
- El cálculo de las velocidades por segmento, se realiza con la siguiente ecuación:

$$V = \frac{D}{T}$$

Donde:

V = velocidad media del tramo (km/h);

D = distancia del tramo (km);

T = tiempo de desplazamiento (horas).

- El valor de referencia resulta de promediar las velocidades comerciales por segmentos, siendo ponderadas a partir de la longitud del segmento.

H. Normalización

La evaluación del indicador se debe realizar conforme al numeral G, con base en la escala presentada en la siguiente tabla:

Tabla 29. Escala de evaluación para el indicador 5.2.1.

Puntuación	Valores de referencia ¹⁹
	Velocidad media de servicio de transporte público por bus en horario pico.
1.00	Igual o superior a 25 km/h
0.66	20 km/h
0.33	15 km/h
0.20	Igual o inferior a 10 km/h

En la ausencia de datos que posibiliten el cálculo confiable y preciso del indicador, su evaluación debe ser hecha por un técnico o gestor con conocimiento en el tema.

En caso de valores intermedios a los indicados en el cuadro, hacer interpolación para obtener la respectiva puntuación del indicador.

¹⁹ Valores de referencia propuestos por los autores de acuerdo con Ferraz y Torres (2001), William y Hewlett (2010). En la última se definen que un nivel de servicio aceptable, generalmente se define como la capacidad que tiene un sistema de transporte para alcanzar una velocidad comercial promedio de 25 km/h.

5.2.2 Diversidad de modos de transporte

DOMINIO 5	Calidad y diversificación modal en transporte público
TEMA 5.2	Diversificación modal
INDICADOR 5.2.2	Diversidad de modos de transporte

A. Definición

Número de modos de transporte disponibles en el corredor vial.

B. Unidad de medida

Número.

C. Referencias

Costa, M. S. (2008).

D. Relevancia

La diversidad de modos de transporte contribuye a ampliar la accesibilidad y reducir la dependencia al automóvil privado. En un corredor vial, la diversidad y equilibrio entre los diferentes modos de transporte, propician la movilidad sostenible.

E. Información

Modos y servicios de transporte disponibles en el municipio:

- Privado o individual:
 - Modos motorizados – automóvil y/o motocicleta;
- Semipúblico:
 - Taxis;
 - Vans;
 - Servicios especiales (alquiler, servicios programados por teléfono);
- Público, colectivo:
 - Bus o microbús;
 - BRT;
 - Tranvía;
 - Tren ligero;
 - Metro;
 - Tren urbano o metropolitano;
 - Otros modos de transporte – monorriel, ascensor, funicular, teleférico, balsas, etc.).

F. Fuente de información

Departamento Administrativo de Planeación Municipal (DAPM), empresas operadoras de transporte, órganos o autoridades gestoras de transporte, levantamientos de campo.

G. Método de cálculo

Se deben identificar las opciones (modos de transporte) disponibles a lo largo del corredor vial, conforme lo definido en el ítem G. El valor de referencia del indicador es obtenido por la sumatoria del número de modos disponibles.

Los modos de transporte no motorizados (a pie y bicicleta) son modos de locomoción primarios y esenciales en todas las ciudades y, por tanto, no son considerados en el cálculo del indicador.

Los valores de referencia pueden ser ajustados de modo que sean coherentes con las tendencias de sistemas de transporte en la ciudad, región o incluso país donde se encuentre el corredor vial.

H. Normalización

La evaluación del indicador se debe realizar conforme al numeral G, con base en la escala presentada en la siguiente tabla:

Tabla 30. Valores de referencia para el indicador 5.2.2.

Puntuación	Valores de referencia ²⁰ Número de modos de transporte (público, semipúblico y privado) que transitan por el corredor vial
1.00	7 o más (caminando, ciclismo, automóvil particular, taxi, bus colectivo, buses de tránsito rápido, sistemas sobre rieles)
0.75	6 (caminando, ciclismo, automóvil particular, taxi, bus colectivo, buses de tránsito rápido)
0.50	5 (caminando, ciclismo, automóvil particular, taxi, bus colectivo)
0.25	4 (caminando, ciclismo, automóvil particular y taxi)
0.00	3 (caminando, ciclismo y automóvil particular)

En la ausencia de datos que posibiliten el cálculo confiable y preciso del indicador, su evaluación debe ser hecha por un técnico o gestor con conocimiento en el tema.

En caso de valores intermedios a los indicados en el cuadro, hacer interpolación para obtener la respectiva puntuación del indicador.

²⁰ Valores de referencia propuestos por los autores con base en Costa (2008).

BIBLIOGRAFÍA

- COSTA, M. S. (2008). *Um Índice de Mobilidade Urbana Sustentável*. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.
- Giraldo Serna, K. J. (2011). *Caracterización y estimación de emisiones vehiculares en la Universidad Autónoma de Occidente* (Bachelor's thesis, Universidad Autónoma de Occidente).
- Calixto, A., Diniz, F. B., & Zannin, P. H. (2003). The statistical modeling of road traffic noise in an urban setting. *Cities*, 20(1), 23-29.
- Resolución 0627 (2006). Diario oficial de la República de Colombia, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo territorial. 12 de mayo de 2006.
- Ramírez González, A., & Domínguez Calle, E. A. (2011). El ruido vehicular urbano: Problemática agobiante de los países en vías de desarrollo. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 35(137), 509-530.
- Moser, G., Robin, M. 2006. Environmental annoyances: an urbanspecific threat to quality of life? *Revue européenne de psychologie appliquée* 56:35-41.
- Metidieri, M. M., Rodrigues, H. F. S., de Oliveira, F. J. M. B., Ferraz, D. P., de Almeida Neto, A. F., & Torres, S. (2013). Noise-Induced Hearing Loss (NIHL): literature review with a focus on occupational medicine. *International archives of otorhinolaryngology*, 17(02), 208-212.
- Zhang, L., Ji, M., & Ferrari, N. (2011). *Comprehensive highway corridor planning with sustainability indicators* (No. MD-11-SP009B4E). Maryland. State Highway Administration.
- Lozano, S. P. (1987). Estudio de los puntos críticos por accidentalidad en vías troncales de los departamentos de Cundinamarca, Tolima y Huila. I Parte. *Ingeniería e Investigación*, (16), 55-67.
- Bogotá (Colombia). Alcaldía Mayor. Secretaría de Tránsito y Transporte, & Triana, W. F. C. (2005). *Manual de planeación y diseño para la administración del tránsito y el transporte*. Alcaldía Mayor.
- de Indicadores Sociais, I. S. (2002). Rio de Janeiro: IBGE, 2004.
- Alfaro Alvarez, C., & Díaz Coller, C. (1977). Los accidentes de tránsito: Creciente problema para la salud pública.
- Miranda, H. D. F. (2010). *Mobilidade urbana sustentável e o caso de Curitiba* (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo).
- DOT, N. (2009). Street design manual.
- Cruz, C., Palacios, Y., & DE, E. I. D. U. M. (2012). GESTIÓN VIAL EN ALGUNOS TRAMOS DE VIA PARA EL MANTENIMIENTO Y RECUPERACIÓN DE LA MALLA VIAL EN CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE LA ESTRELLA. *Medellín, Colombia: Universidad de Medellín*, 7.
- Langsner, G., Huff, T. S., & Liddle, W. J. (1962). Use of Road Test Findings by AASHO Design Committee. *Highway Research Board Special Report*, (73).
- Alcaldía de Santiago de Cali. (2005). Estudio plan maestro de ciclo-rutas (PLAMACIR).

- Langsner, G., Huff, T. S., & Liddle, W. J. (1962). Use of Road Test Findings by AASHO Design Committee. *Highway Research Board Special Report*, (73).
- Cruz, C., Palacios, Y., & DE, E. I. D. U. M. (2012). GESTIÓN VIAL EN ALGUNOS TRAMOS DE VIA PARA EL MANTENIMIENTO Y RECUPERACIÓN DE LA MALLA VIAL EN CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE LA ESTRELLA. *Medellín, Colombia: Universidad de Medellín*, 7.
- Olszewski, P. (1993). Overall delay, stopped delay, and stops at signalized intersections. *Journal of Transportation Engineering*, 119(6), 835-852.
- Martínez Arguelles, G., Fuentes, L. G., & Torregroza Aldana, L. M. (2011). Revisión del sistema de gestión de pavimentos de la red ciclorrutas de Bogotá. *Revista ingeniería de construcción*, 26(2), 150-170.
- Langsner, G., Huff, T. S., & Liddle, W. J. (1962). Use of Road Test Findings by AASHO Design Committee. Highway Research Board Special Report, (73).
- Berceruelo, M. L. J. (2013). Seguridad vial: influencia de la señalización vertical. *Carreteras: Revista técnica de la Asociación Española de la Carretera*, (190), 41-49.
- ANI, (2014). Inventario señalización vertical. Recuperado de https://www.ani.gov.co/sites/default/files/formato//gcsp-f-60_inventario_senalizacion_vertical_v2.xlsx
- Ministerio de Transporte (2015). Manual de señalización vial: Dispositivos para la regulación del tránsito en calles, carreteras y ciclorutas de Colombia. Recuperado 11 mayo 2016 de: https://www.mintransporte.gov.co/Documentos/documentos_del_ministerio/Manuales/manuales_de_senalizacion_vial.
- Pardo, C., & Sanz, A. (2016). Guía de ciclo-infraestructura para ciudades colombianas.
- Observatorio de Movilidad Sostenible MOVIS, Cali (2019). *Indicadores de Movilidad Sostenible*, Consultado 27 de mar. de 19, <http://www.cali.gov.co/observatorios/publicaciones/>
- Ministerio de Transporte de Colombia. (2016). Despacio: Guía de ciclo-infraestructura para ciudades colombianas. (C. Pardo & A. Sanz, Eds.). Bogotá D.C.: Ministerio de Transporte de Colombia.
- Rafael Cal y Mayor R., & Cárdenas, J. (2010). Ingeniería de tránsito: fundamentos y aplicaciones. Editorial Félix Varela.
- Cuevas, D. (2005). *Verificación de criterios de semaforización desde el punto de vista peatonal* (Doctoral dissertation, Tesis de Maestría, Universidad de los Andes).
- Manual-HCM, H. C. (2010). Transportation Research Board. *National Research*.
- Cal y Mayor Reyes Spíndola, R., & Cárdenas Grisales, J. (2007). *Ingeniería de tránsito: fundamentos y aplicaciones*. Alfaomega Grupo Editor.
- Manual-HCM, H. C. (2010). Transportation Research Board. *National Research*.
- William, F., & Hewlett, F. (2010). Guía para la planificación de sistemas BRT.