

Análisis para la determinación de la Velocidad Media de Recorrido en la metodología del HCM para vías urbanas de Brasileiras

Andrés Felipe Idrobo Samboni

Estudiante de Mestrado, Universidade de Brasília, Brasil

Paulo Cesar Marques da Silva

Profesor, Universidade de Brasília, Brasil

Michelle Andrade

Profesor, Universidade de Brasília, Brasil

RESUMEN

Las metodologías presentadas por el *Highway Capacity Manual* (HCM) son las más empleadas para el estudio de vías urbanas por la comunidad técnica brasileira. Estas metodologías se fundamentan en la determinación y medición de la velocidad media de recorrido (VMR) desarrollada por la corriente de tráfico en un segmento de vía. Este estudio tiene como objetivo encontrar una adecuación en el procedimiento para la determinación de la VMR de los vehículos en vías urbanas, que es utilizada en la metodología HCM 2010, para análisis de capacidad y nivel de servicio en secciones de vías de la ciudad de Brasilia-DF. Este estudio fue desarrollado a partir de análisis de información primaria colectada sobre vías arteriales haciendo una adaptación de la metodología do HCM que pueda ser utilizada con confianza en las vías urbanas del Brasil.

1. INTRODUCCIÓN

Los primeros documentos en estudiar los conceptos de nivel de servicio y capacidad en varias formas de transporte, fueron los estudio realizados en los Estados Unidos por el *Transportation Research Board*, reunidos en el *Highway Capacity Manual* (HCM), que incorporan desde 1950 el conocimiento teórico y experiencias practicas en sus procedimientos, tornándose una importante fuente de referencia para especialistas de transporte en la evaluación de desempeño de los sistemas viarios (TRB, 2010).

Las metodologías presentadas por el HCM son las mas utilizadas nos estudio de vías urbanas por la comunidad técnica brasileira, para fines de planeación, diseño y operación (Paula, 2006). Por esto, es necesario investigar si esa metodología es valida para la realidad nacional, pues adoptar una evaluación errónea generaría un impacto negativo en el sistema de transporte.

Las ediciones del ano 2000 y de 2010 del HCM introdujeron metodologías para el calculo de la capacidad y nivel de servicio en las áreas urbanas, basándose, principalmente, en la velocidad media de recorrido (VMR) también conocido como la velocidad desarrollada por

la corriente de tráfico en un m trecho de vía. El presente trabajo hace un análisis de esa metodología, considerando sus deficiencias con relación a lo que ocurre en las vías urbanas brasileiras.

Mediante este escenario, la presente investigación tuvo como objetivo desarrollar un procedimiento de determinación de velocidad media de recorrido (VMR) de los vehículos en vías urbanas, utilizada en la metodología HCM 2010, para secciones de vías brasileiras. A partir de análisis de información primarias colectada en campo, pretendiendo hacer una adaptación de las metodologías HCM para que pueda ser utilizada con confiabilidad en los estudios de vías urbanas del Brasil, proponiendo alteraciones conceptuales y adaptaciones del método, si ser necesario, a partir dos resultados obtenidos en la verificación da su adecuación mediante la utilización de análisis estadísticos.

2. ESTUDIOS RELACIONADOS CON LA ADECUACIÓN DEL HCM

Las metodologías del HCM, en la mayoría de los casos, no puede ser aplicadas directamente, dada la variabilidad de los comportamientos de los peatones y conductores en el uso de la infraestructura viaria, clima, topografía y vehículo por regiones de estudio, que son diferentes de las condiciones presentadas en América del Norte. Estudios hechos por Prassas (1999) y Loureiro *et al.* (2004) permitieron identificar que el HCM y la utilización de sus procedimientos tienen varias deficiencias y limitaciones en sus metodologías cuando son aplicadas en diferentes lugares.

En el Brasil Gasparini (2002) analizo la adecuación del HCM 2000 para el estudio de vías urbanas brasileiras, investigando el grado de suficiencia de los parámetros ya utilizados por la metodología del HCM 2000 relacionados a la determinación de la velocidad de viaje, así como otros parámetros que puedan influenciar en esa velocidad. La principal conclusión de ese trabajo fue que la distribución y la variación de los flujos en los carriles de tráfico, y la composición del tráfico varían considerablemente y deben influenciar en la velocidad media de recorrido (VMR), evidenciando que los tiempos de recorrido colectadas en campo fueron siempre mas elevados que los calculados por el método de el HCM 2000, indicando su inadecuación para la realidad en las vías analizadas.

Paula (2006) propuso una adaptación del HCM 2000 para el análisis y clasificación del nivel de servicio de vías urbanas en Fortaleza. En sus investigaciones encontró resultados estimados de velocidad media de recorrido (por el HCM) significativamente diferentes de los obtenidos en investigaciones de campo, las cuales no presentaron un patrón específico teniendo valores sobrestimados y valores subestimados en relación a los obtenidos por el HCM. Con esto, los estudios comprobaron que el método de estimación de VMR no se encuentra calibrado, por que ignora aspectos directamente asociados a las características operacionales de las vías arteriales de Fortaleza y de esta forma, su utilización no es adecuada para hacer validaciones precisas de análisis operacional de esta ciudad.

La metodología de determinación de nivel de servicio en vías urbanas por medio del análisis multimodal para automóviles presentado por el HCM 2010 es definido como un conjunto de cuatro métodos (Figura 1). El primero para la determinación de la velocidad de flujo libre-base (VFLB); el segundo para la determinación de la velocidad media de recorrido (VMR) de los trechos de vía analizados; el tercero para la determinación de la tasa media de paradas y el cuarto para la determinación de el nivel de servicio de los trecho de vía, con base en la velocidad de recorrido expresada como un porcentaje de la velocidad de flujo libre-base. Es importante resaltar que cada una de esas variables contienen parámetros que necesitan ser calibrados y validados para su utilización en las ciudades brasileiras.

El modelo de estimación representado por el segundo método es aplicado para lugares, situaciones o escenarios en que a coleta de dados de velocidad media de recorrido de los trechos no es viable, por limitaciones financieras o por la real imposibilidad, en el caso de ser una nueva vía, o por otro motivo relevante. En tanto, conforme ya validado por estudios (Gasparini, 2002; Loureiro *et al*, 2004; Paula, 2006) la aplicación de el modelo de VMR demanda por calibración. Otro agravante es que, según Demarchi (2004), la metodología de coleta de los dados de la VMR propuesto por el HCM no cita, en ninguna oportunidad, la importancia de escoger correctamente las vías a ser analizadas, de determinar el tamaño de la muestra para cada vía o de especificar los procedimientos adecuados para a coleta de esos datos. Estas razones llevan a una estimativa inapropiada de la VMR, pudiendo inducir a una evaluación errónea del NS de las vías urbanas.

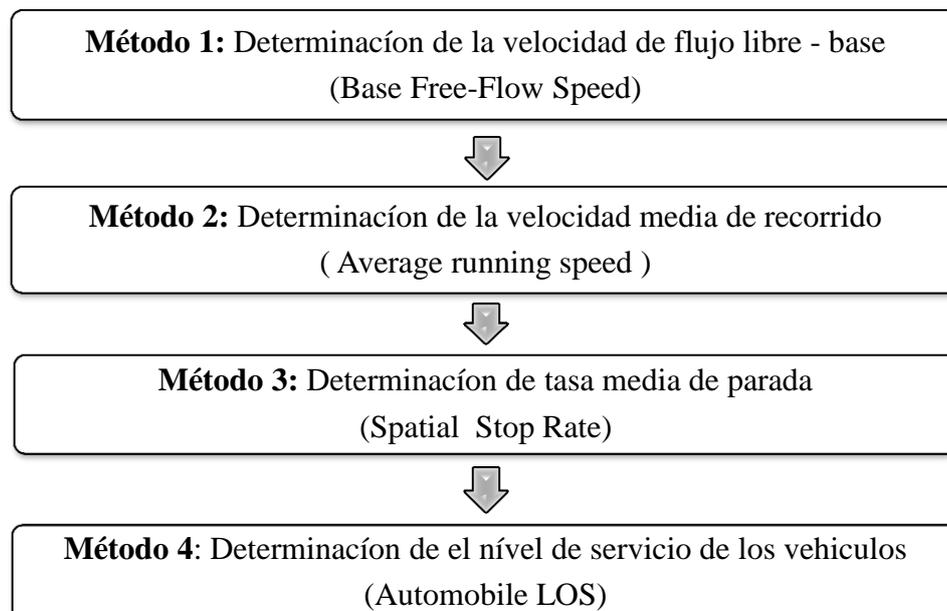


Fig. 1 – Metodología del HCM 2010 para la estimación del NS de vías urbanas.

La estimación de la velocidad media de recorrido (VMR) de un corredor urbano considera dos variables: el tiempo medio en movimiento y los atrasos promedio total dispensado en el trecho, observando toda la corriente de tráfico (Ecuación 1). Esas variables contienen parámetros que deben ser calibrados y validados para su utilización en las ciudades brasileiras que estén de acuerdo con las características físicas y operacionales de el sistema viario existente en el Brasil, debido al hecho que esta metodología ha sido desarrollado para la realidad de un país con grandes diferencias económicas, sociales, culturales, y que poseen sistemas viarios con características geométricas y operacionales bastante diferentes, como de los Estados Unidos.

$$VMP = \frac{3600 L}{5280(t_R + d_t)} \quad (1)$$

donde:

VMP = Velocidade media de Recorrido para el trafico de pasa en el segmento (km/h);

L = Longitud del segmento (km);

t_R = Tiempo en movimiento total en el segmento analizado (s); e

d_t = Atraso de controle en las intersecciones semaforizadas (s/veh.).

3. MÉTODO DE ANÁLISIS DEL HCM 2010 PARA VIAS URBANAS

El manual HCM 2010 considera en sus metodologías una serie de cálculos basados en modelos de análisis de flujo de tráfico en vías urbanas. Los cálculos son usados para estimar el desempeño de las vías urbanas en función de tiempos de velocidad de viaje y tasas de parada para un segmento de vía analizado. Las vías urbanas están compuestas por varios segmentos, que por medio de su análisis individual, permite obtener el rendimiento de todo un trecho de vía. Figura 2.

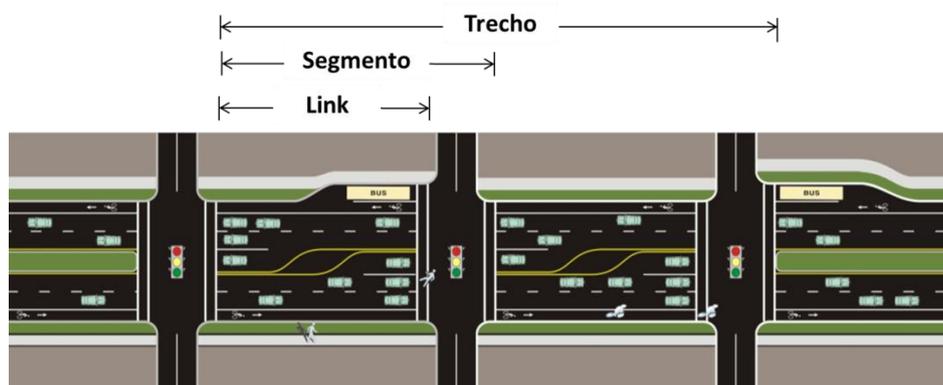


Fig. 2 – Elementos de Análisis en Trechos de vías urbanas.

La metodología del HCM es utilizada para el análisis de un o mas segmentos que conforman un trecho de una vía urbana, siempre que estos tengan una longitud entre 1.6 a 3.2 kilómetros en áreas urbanas centrales, y 2.4 a 8 kilómetros en otras áreas, pudiendo ser de sentido único o doble, debiendo cada sentido ser analizado separadamente. Los

segmentos de vías analizados se caracterizan por tener un tipo de control de tráfico (semáforo, señales de pare o seda el paso), que definen el inicio y fin del segmento. El espaciamiento de estos puntos de control de tráfico y la longitud de los segmentos pueden variar entre 122 a 965 metros en vías urbanas.

Además, las medidas para estimar el rendimiento de cada segmento en el sentido da viaje incluyen parámetros de velocidad de recorrido, tasas de parada y la percepción de viaje por parte del conductor que es una indicación de satisfacción relativa del viajante con relación al servicio prestado a lo largo del segmento. El calculo y determinación de estos parámetros sirve para la determinación del nivel de servicio de las vías urbanas. Las variables que son consideradas para el cálculo de nivel de servicio son mostradas en la Figura 3.

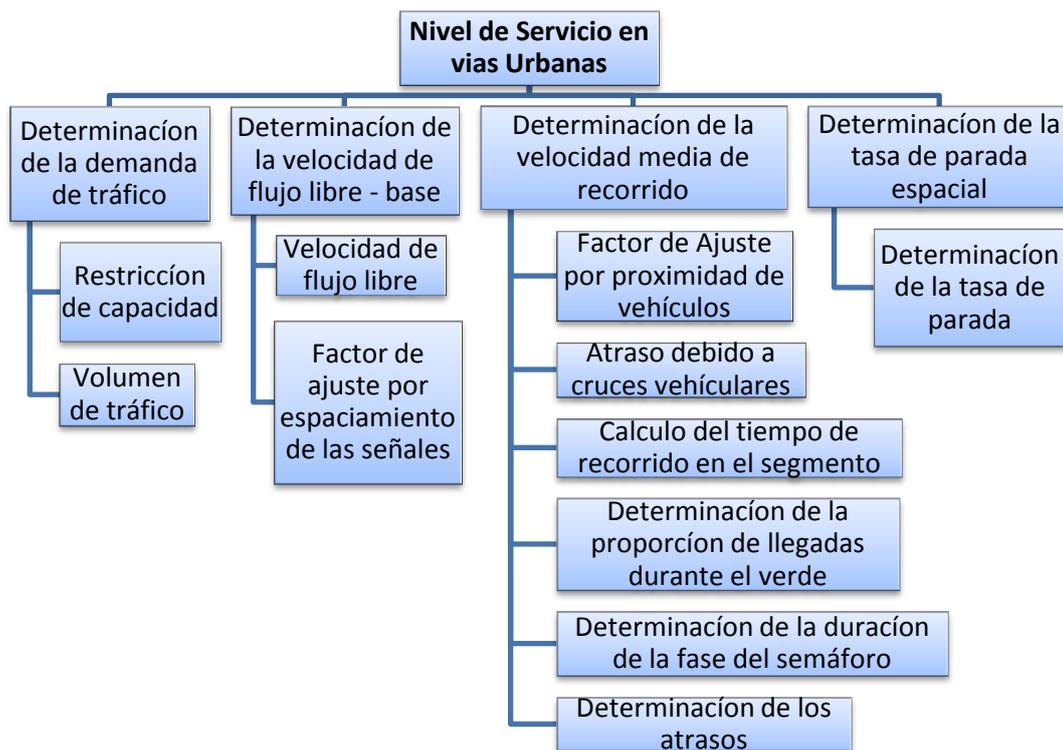


Fig. 3 – Metodología para segmentos de vías Urbanas

3.1 Limitaciones de la Metodología

En general, la metodología empleada en el manual HCM 2010, puede ser usada para validar el desempeño de la mayoría de los flujos de tráfico que viajan a lo largo de un segmento de una vía. Sin embargo, la metodología no aborda todas las condiciones de tráfico o tipos de control. Si en el análisis de desempeño de una vía se tienen una o más de esas limitaciones, que pueden tener una importante influencia en el desempeño de una vía, se debe considerar la utilización de otras metodologías o herramientas.

La metodología no tiene en consideración el efecto de las siguientes condiciones en el funcionamiento operacional de un segmento de una vía:

- estacionamiento a lo largo del segmento;
- variabilidad por el tipo de longitud del segmento;
- limitaciones de la capacidad entre las intersecciones (puntos de estrechos);
- formación de filas de vehículos en la entrada de la intersección
- paradas en el segmento por causa de vehículos que giran hacia los puntos de acceso;
- las bicicletas que comparten el tráfico vehicular de la vía; y
- el congestionamiento en las intersecciones, o cruzamientos de ferrovías que interrumpen el tráfico.

4. METODOLOGÍA

Esta investigación trato de estudiar el comportamiento del flujo de tráfico en vías arteriales urbanas considerando que este tipo de vías son responsables por gran parte de los desplazamientos de tráfico de pasajeros en las ciudades. De esta forma, se pretendió escoger una muestra de las vías de la ciudad de Brasilia para que se pueda verificar la adecuación de la metodología del HCM 2010 para vías arteriales de la ciudad y proponer las adaptaciones necesarias para su utilización en la realidad local.

La metodología propuesta fue estructurada en cuatro etapas:

4.1 Lugares seleccionados para el Estudio

El estudio propuesto de verificación de la adecuación de la metodología del HCM 2010, fue realizado en vías de la ciudad de Brasilia con características de vías arteriales con flujo interrumpido. El sistema viario del Distrito Federal de Brasilia esta conformado por un conjunto de vías que conforman el área urbana del Plano Piloto.

El sistema viario urbano del Plano Piloto, esta compuesto en su mayoría por vías que concentran los mayores flujos de viaje, y son clasificados desde el punto de vista funcional, como vías arteriales secundarias, colectoras, locales y vías parque, que tienen el papel de conectar lugares de grande demande y centros urbanos.

Por la necesidad de conocer la realidad de las vías brasilienses, fueron escogidas las vías arteriales W-3 y L-2 do Plano Piloto de la ciudad de Brasilia, por poseer características como uso del suelo, composición de tráfico y geometría de las vías, entre otros factores semejantes al tipo de clasificación de vías que el manual HCM contempla. De igual forma, por tratarse de vías de una ciudad planeada, donde puede cambiar el comportamiento operacional del tráfico, este tipo de vías escogidas presentan características similares de operación a cualquier tipo de vías brasileiras (Figura 4).

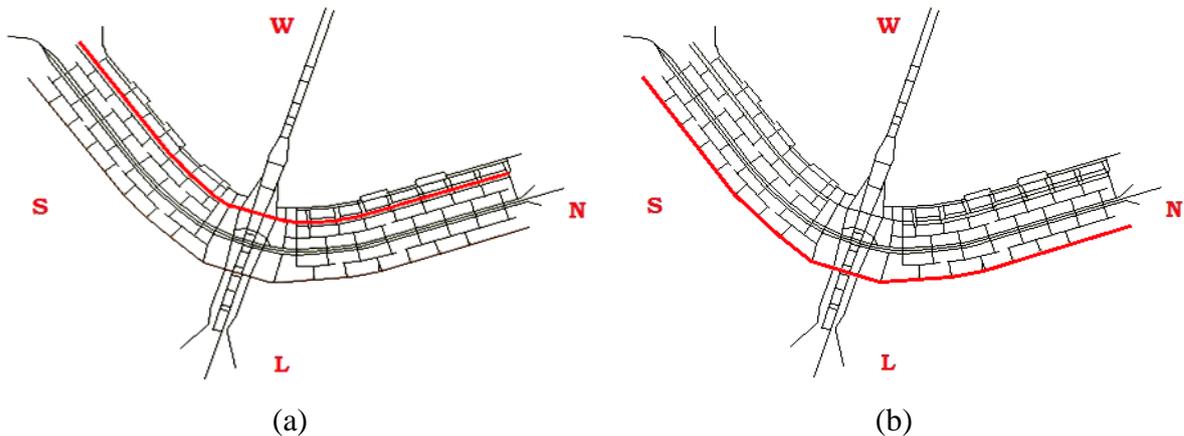


Fig. 4 – Corredores de la muestra escogidos: (a) Vía arterial W3, (b) Vía arterial L2.

4.2 Estudios de volúmenes de tráfico, velocidad y atraso.

En todos los segmentos de las vías escogidas fueron hechas investigaciones de velocidad e atraso, y estudios relativos a los volúmenes de tráfico (composición del tráfico, distribución por sentido y por carril de tráfico). Así, las colectas de datos contemplaron determinaciones de movimiento de los vehículos en los trechos y caracterizaciones ambientales (mediciones de las vías, localización de puntos de acceso de entrada e salida de la vía, localización de paradas de buses, localización de puntos de acceso a estacionamientos, pasos de peatones, entre otros).

La colecta de información referente a los parámetros de volúmenes de tráfico fueron hechos mediante estudios de campo empleando equipos de filmación, localizados en las intersecciones que componen el trecho, durante los períodos de entre picos de la mañana y de la tarde (1 hora) en los días de la semana de martes a jueves (Figura 5).

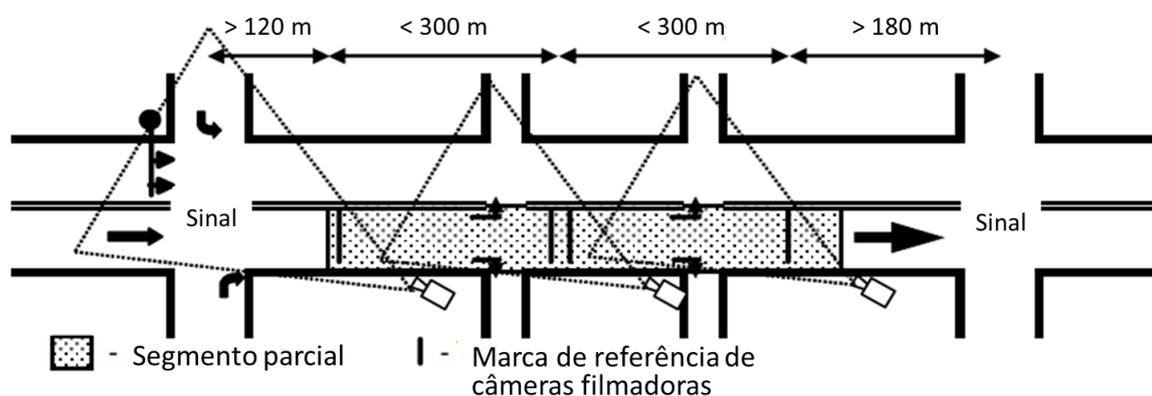


Fig. 5 – Localización de las cámaras de filmación

El estudio de velocidad y atraso fueron hechos en todos los corredores de las muestras seleccionadas, registrando valores de tiempo de recorrido y de demoras, por medio del método del vehículo-test utilizando GPS, recorriendo a corriente de tráfico como lo sugiere Manual de Tráfico Brasileiro (DNIT, 2006). Por medio de la información de velocidad registrada por segundo en el *GPS*, se hace la estimación de los tiempos de viaje y atrasos, permitiendo ver la localización de los puntos de atraso a lo largo de los trechos.

Para todos los vehículos o grupo de vehículos, la velocidad media de recorrido se calcula dividiendo la suma de sus longitudes recorridas entre la suma de los tiempos totales de viaje. Si todos los grupos de vehículos recorren la misma longitud, la velocidad media de recorrido se obtiene dividiendo la longitud recorrida por la media de los tiempos recorridos. Por tanto, la velocidad media de recorrido es una velocidad media espacial, basada en la longitud.

4.3 Caracterización Operacional de los corredores de la muestra

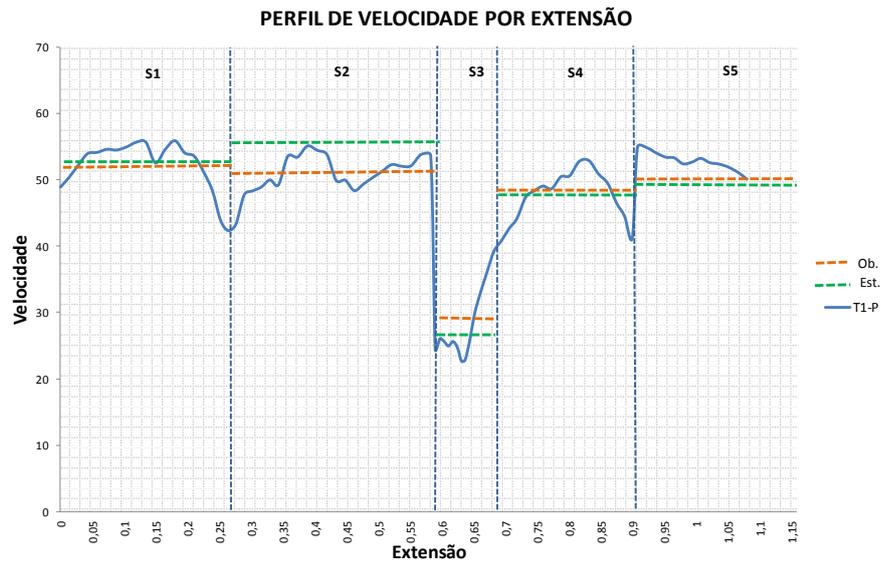
Con los datos colectados se procuro verificar la adecuación del segundo método del HCM, mediante la comparación de los resultados obtenidos en campo con las estimaciones del HCM de velocidad media de recorrido.

Fueron hechos análisis para cada vía, mediante la elaboración de plantillas para su caracterización, mediante los siguientes parámetros:

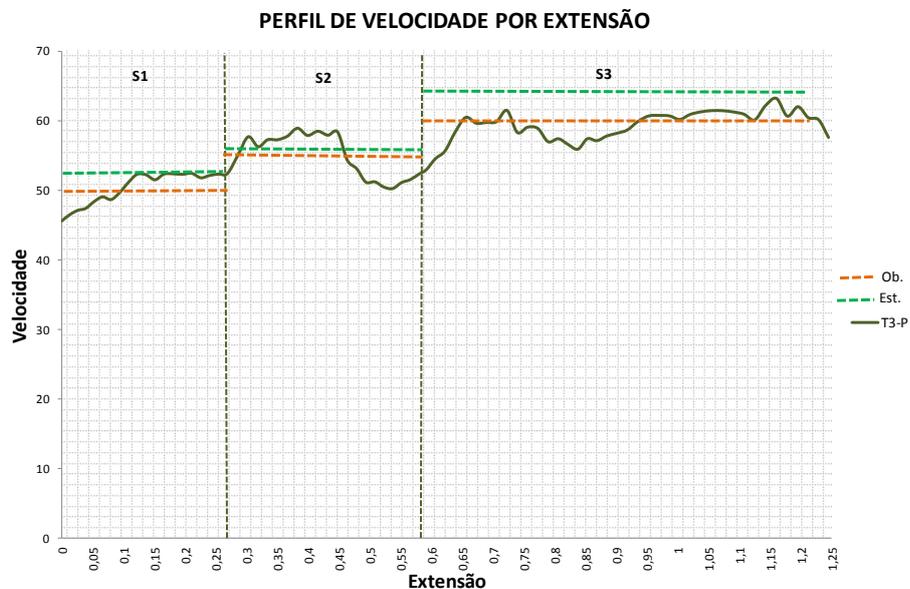
- la longitud de los trechos y de los segmentos;
- el tiempo en movimiento entre las intersecciones semaforizadas;
- el atraso de control en esas intersecciones;
- velocidad media de recorrido; e
- nivel de servicio.

La determinación de las velocidades fue hecha con el empleo de *GPS*, que captan información de el vehículo test durante el tiempo de viaje en el recorrido de cada uno de los trechos analizados. El tipo de variables que capta este tipo de equipamiento permitieron hacer las determinaciones de velocidad media de recorrido y la velocidad media de viaje, además de los tiempos de atraso y su localización a lo largo de el trecho mediante perfiles de velocidad y software de georreferenciación.

En la Figura 6 se puede observar el perfil de velocidad en función de la longitud del trecho, representando la velocidad recorrida en cada uno de los segmentos que conforman los trechos. Este tipo de gráficos permiten analizar el tipo de atraso y su duración teniendo en cuenta reducciones de velocidad entre 0 y 5 km/h. Estos atrasos representan una variable de entrada en la metodología, que debe ser determinados, clasificados y calculados en este estudio.



(a)



(b)

Fig. 6 – Perfis de velocidade Trechos del sector Norte: (a) Trecho1-W3, e (b) Trecho 3-L2.

Por medio de los gráficos anteriores presentados fue hecho la evaluación de la velocidad media de recorrido en los cuatro trechos arteriales analizados, presentando la longitud de los trechos, los tiempos de movimientos y los atrasos que acontecen durante los recorridos. Los trechos de la avenida W-3 presentan velocidades de recorrido menores, comparados con las velocidades de recorrido de la avenida L-2, consecuencia de el numero de señales de controle que interrumpen el flujo de transito y el mayor volumen de vehículos y peatones concentrados por la concurrencia de oficinas de trabajo y locales comerciales

La avenida L-2 presenta velocidades mayores que la avenida W-3, velocidades muy próximas a las velocidades reglamentadas para este tipo de vías, con pocas interrupciones de señales de control y mayor número de lugares de fiscalización viaria. Esta vía es utilizada para intercomunicaciones de los sectores extremos del Plano Piloto, como vías de acceso a sectores residenciales con pocas interrupciones que generan atrasos. Durante los recorridos realizados en campo en esta vía no acontecieron atrasos durante los períodos de viaje.

4.4 Caracterización Operacional de los corredores de la muestra

La determinación de los niveles de servicio mediante el método de estimación del manual y el método de observación en campo, resumido en la Tabla 1 representan las evaluaciones del tráfico en los cuatro tramos arteriales analizados. Se puede observar que la determinación de los niveles de servicio en los cuatro tramos tienen evaluaciones diferentes por cada método, manteniendo resultados muy próximos, que pueden generar soluciones sobrestimadas o subestimadas con relación a lo que acontece en la realidad.

Tramos	Nivel de servicio (LOS)	
	Est.	Obs.
1.W3 Norte	B	C
2.W3 Sur	D	C
3.L2 Norte	B	B
4. L2 Sur	B	B

Tabla 1 – Evaluaciones de el nivel de servicio

En la Tabla 2 se presentan el resumen de las variables colectadas en campo por cada segmento que conforman los tramos analizados: la longitud promedio de los segmentos, el tiempo medio en movimiento, los atrasos medios totales en las intersecciones semaforizadas y la velocidad media de recorrido. Se puede observar que la diferencia de los demás indicadores no muestra una homogeneidad en los resultados, la VMR de los tramos tienen valores aproximados con variaciones de 3 km/h con una semejanza en los valores justificada por la adecuación que tiene que ser hecha en el manual para ser utilizado en las vías brasileras. Vale destacar que el valor de VMR mostrado fue calculado con los promedios de las VMR de cada segmento, no debiendo ser confundido con el valor de VMR promedio de todo el tramo de la vía analizada.

Las diferencias en los demás indicadores de la Tabla 2 obedecen al método de estimación que emplea el modelo de estimación de el manual basado en la velocidad de flujo libre para la estimación de los tiempos de viaje y posterior calculo de la velocidad media de recorrido, que al comparar con valores de velocidad de recorrido observados en campo, tienen resultados muy parecidos al hacer la evaluación de todos los tramos. Estos resultados obedecen a los menores tiempos de recorrido y pequeños atrasos obtenidos por el método de estimación del manual, a diferencia de las velocidades determinadas en campo donde se obtén mayores tiempos de recorrido y mayores atrasos.

No.	Seg.	Variables								
		Long. Media (m)	Tiempo en movimiento (s)		Atraso medio (s)		VMR (km/h)		Nivel de servicio (NS)	
			Est.	Obs.	Est.	Obs.	Est.	Obs.	Est.	Obs.
Trecho 1 W3 Norte	1	269	18	25	0,44	2	52,88	41,16	B	C
	2	318	21	39	0,84	10	54,77	35,13	B	C
	3	94	13	9	0,91	0	26,25	40,58	E	C
	4	217	17	15	0,91	0	47,08	52,35	B	B
	5	246	18	18	0,90	0	49,93	48,84	B	B
	Medio		86	106	4,0	12	46,18	43,61		
Trecho 2 W3 Sur	1	151	14	18	1,19	4	37,51	36,59	C	C
	2	123	13	11	0,54	0	33,19	43,34	D	C
	3	109	13	20	0,98	9	29,48	32,31	D	D
	4	336	21	32	0,61	2	56,41	40,36	B	C
	Medio		61	81	3,32	15	39,15	38,15		
Trecho 3 L2 Norte	1	273	19	21	0,6	0	52,85	46,70	B	B
	2	307	20	21	0,41	0	55,67	53,19	B	B
	3	663	37	43	0,07	0	65,16	56,18	A	B
	Medio		76	84	1,08	0	57,90	52,02		
Trecho 4 L2 Sur	1	165	14	11	0,48	0	41,67	52,99	C	B
	2	396	25	26	0,91	0	57,97	54,67	B	B
	3	290	20	20	0,99	0	52,79	51,90	B	B
	Medio		59	57	2,38	0	50,81	53,18		

Tabla 1 - Resumen de las variables en cada segmento que conforman los trechos analizados

Por lo anterior, se puede afirmar que el modelo empleado por el manual simula correctamente la velocidad de recorrido que acontece en la realidad, pero tiene que ser adaptado para la determinación del nivel de servicio en las vías brasileras.

5. CONCLUSIONES E RECOMENDACIONES

La metodología HCM para análisis de vías urbanas posee una estructura base que a mejorando con cada una de las actualizaciones del manual. Todas estas actualizaciones permiten que el manual sea ajustado para representar as características viarias, lo más próximas a la realidad de las vías, permitiendo mejorar la precisión del modelo para la determinación de los niveles de servicio y la estimación de la velocidad media de recorrido. Sin embargo, todos esos avances demuestran que existen variables que deben ser

incluidas en las metodologías del manual, como parámetros de atraso por cruzamientos de peatones y maniobras de estacionamiento muy frecuentes en las vías brasileras que deben ser incluidas en las nuevas versiones do manual.

Debido a que el manual no permite trabajar con los tiempos de cruzamientos de peatones, que tienen tiempos de espera diferentes a los ciclos normales de los semáforos, son tenidos en tenidos en cuenta convirtiéndolos en puntos de inicio o final de trechos con tiempos fijos de semáforo. Cambiando el análisis de los trechos para la estimación de la VMR, tornándose en una posible causa de divergencia de los resultados en las comparaciones de la velocidad pelo manual y la observada en campo.

Al comparar los resultados de VMR observada en campo y las velocidades estimadas por el manual, se analizan valores por trecho muy próximos, con una variación media de 3 km /h. Entre tanto las VMR y tiempos de viaje por segmento dieron resultados diferentes, debido a que el modelo de estimación de velocidad media de recorrido empleado por el manual se basa en la velocidad de flujo libre para estimar a VMR, debido a que esta considera todos los parámetros geométricos de las vías con que son diseñadas, cuyos valores son muy próximas a las velocidades reglamentadas de la vía analizada. Por medio de esa velocidad el manual estima el tiempo de recorrido del segmento de la vía, que sumado mas un tiempo de control de atraso (por las intersecciones semaforizadas) es dividida la longitud del segmento, para determinar la VMR de forma indirecta.

Por lo anterior, el cálculo indirecto de la VMR, estima tiempos de recorridos cortos y tasas de control de atraso pequeños constantes, sin considerar que puede o no existir atraso, a diferencia de la VMR observada en campo donde los atrasos tienen valores importantes. Por esta razón no es posible hacer una comparación directa de estos valores dadas sus diferencias.

Se concluye que muchas consideraciones adoptadas por el HCM son incompatibles para una evaluación operacional adecuada de las vías urbanas brasileras. Considerando que la geometría operacional de las vías arteriales brasilienses y el modo operacional del tránsito, son diferentes a los Estados Unidos, país para el cual fue creado el manual.

Para estudios operacionales el manual HCM 2010 no puede ser utilizado con confiabilidad por su margen de error demostrado, por lo cual se hace necesario a colecta de información de muchos mas datos para la elaboración de un modelo de simulación de tráfico de vías brasileras, y a partir de este realizar las adaptaciones juzgadas necesarias para la determinación de la VMR que pueda ser utilizada con confiabilidad para las vías arteriales de Brasilia.

Se recomienda importante para estudios posteriores hacer un análisis de todas las metodologías, buscando verificar en campo, situaciones operacionales de tráfico que no

son tenidas en consideración, que lleven a atrasos y reducciones en la velocidad en vías urbanas, buscando también, identificar deficiencias en la teoría presentada por el HCM 2010.

La metodología para la determinación del nivel de servicio de una vía urbana del manual HCM 2010, debe entenderse como una metodología que simula los efectos del tráfico y con base en estas estimaciones, programa indicadores de desempeño de las vías. Por esta razón esa metodología no debe ser utilizada como una regla para la evaluación de las vías, pero deben ser empleadas como una guía de cálculo que debe ser ajustada y modificada para cada tipo de condiciones.

REFERENCIAS

DEMARCHI, S. H., LOUREIRO, C. F. G., SETTI, J. R. A. (2004) *Desenvolvimento de Planilha Eletrônica para Classificação de Vias Urbanas Brasileiras segundo o Método do HCM 2000*. Anais do XVIII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, ANPET, Florianópolis, SC.

DNIT, (2006). *Manual de estudos de tráfego*. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Publicação IPR-723, 384p, Rio de Janeiro.

GASPARINI, R., (2002). *Análise da Adequabilidade do HCM para o Estudo de Vias Urbanas*. Dissertação de Mestrado, Publicação TU.DM-05 A/02, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 94 p.

LOUREIRO, C. F. G., PAULA, F. S. M., SOUZA, D. D. DE M. R., MAIA, F. V. B. (2004) *Avaliação da Qualidade do Tráfego nas Vias Arteriais de Fortaleza utilizando o Highway Capacity Manual 2000*. Anais do XVIII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, ANPET, Florianópolis SC, Comunicações Técnicas.

PAULA, F. S. M. (2006). *Proposta de Adaptação da Metodologia do Highway Capacity Manual 2000 para Análise de Vias Arteriais Urbanas em Fortaleza*. Dissertação de Mestrado, Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, 158 fl.

PRASSAS, E. S. (1999) *Improving the Running Time in Highway Capacity Manual Table 11-4; Related Observations on Average Travel Speed*. Transportation Research Record 1678, TRB, National Research Council, Washington, D.C, p. 9–17.

TRB (2010). *Highway Capacity Manual*. Transportation Research Board. National Research Council, Washington, D.C.