

1.1. INTRODUCCIÓN

El Manual de Capacidad de Carreteras 2010 (HCM 2010) es la 5ª edición de este documento técnico de referencia. Como sus predecesores, el HCM 2010 ha sido concienzudamente revisado con el fin de incorporar las últimas investigaciones sobre capacidad y calidad de servicio de carreteras. En este caso, también ha sido reorganizado sustancialmente con respecto de ediciones anteriores. Estos cambios mantienen la tradición de evolución permanente del HCM, adaptándolo a las necesidades de los usuarios en los tiempos actuales.

La edición de 1950 (1) fue el primer documento en el que se cuantificó el concepto de capacidad de una infraestructura de transporte por carretera. Esta cuantificación era el objeto fundamental del documento. Este enfoque se adoptó en respuesta a la rápida expansión de la red viaria norteamericana tras la 2ª Guerra Mundial y ante la necesidad de establecer ciertos umbrales y requisitos en carreteras interestatales así como en otras vías que proporcionaban acceso a estas. El Manual fue diseñado para ser *“una guía práctica a través de la cual el ingeniero, habiendo determinado previamente los datos esenciales, pudiese diseñar una nueva carretera o modernizar una existente con la garantía de que el proceso de cálculo llegase a un valor final que satisficiera la capacidad deseada”*.

Este enfoque de diseño continuó en la edición de 1965 (2), aunque en ella se introdujo el concepto de nivel de servicio (NS) junto con un capítulo dedicado al transporte público urbano en autobús. El HCM permitió *“determinar la capacidad, la intensidad de servicio o el nivel de servicio con los que debía dotarse a cualquier carretera de nuevo diseño o ya existente para unas determinadas condiciones reales”*.

La edición de 1985 (3) supuso otro paso significativo en la evolución del HCM. Se refinó el concepto de *nivel de servicio* y se incorporaron los resultados de varios de los principales proyectos de investigación realizados desde la publicación del manual de 1965. El objetivo era ampliar su ámbito

de aplicación, incorporando capítulos referentes a peatones y ciclistas y ampliando el capítulo dedicado al transporte público urbano.

Con la publicación del HCM 2000 se produjo un incremento sustancial en el tamaño y envergadura del manual. El objetivo fue *“proporcionar bases sistemáticas y consistentes para evaluar la capacidad y el nivel de servicio de los diferentes elementos de los sistemas de transporte por carretera, así como de los sistemas que implican series o combinaciones de infraestructuras individuales de carreteras”*.

En esta nueva edición (HCM 2010) se ha incorporado mucho material nuevo procedente de proyectos de investigación finalizados desde la publicación del HCM 2000, material que ha sido reorganizado para hacer estos contenidos más accesibles y comprensibles. El propósito de esta reorganización es capacitar a analistas y técnicos —así como a las personas encargadas de la toma de decisiones— para que, a la hora de evaluar las condiciones de circulación en infraestructuras de transporte por carretera, tengan en cuenta a los usuarios —de todos los tipos— que las utilizan (incluyendo así a peatones y ciclistas cuando sea oportuno), así como al resto de indicadores de funcionamiento que son aplicables en ellas.

El Capítulo 1 *“Guía del Usuario”* es el punto de partida para aprender a utilizar esta edición del HCM. En él se exponen el propósito, los objetivos, el uso previsto y el objetivo propuesto para los usuarios del HCM. Describe el contenido de cada uno de los 4 Volúmenes que lo componen¹; resume los cambios principales que se han producido con respecto de la metodología del HCM 2000; y menciona alguno de los documentos más importantes que acompañan al manual. El resto del Volumen 1 presenta información fundamental con la que el usuario debe estar familiarizado antes de comenzar a aplicar los procedimientos de este manual.

1. En su versión original

1.2. PROPÓSITO Y ÁMBITO DE APLICACIÓN DEL HCM

1.2.1. Propósito y objetivos

La finalidad del HCM es proporcionar un conjunto de metodologías y procedimientos de aplicación asociados a estas, con el fin de evaluar el funcionamiento multimodal en carreteras y vías urbanas en función de ciertas condiciones de circulación y de uno o varios indicadores de la calidad del servicio².

Los objetivos del HCM son:

1. Definir procedimientos de actuación y describir procedimientos de estudio para condiciones ideales de circulación.
2. Proporcionar metodologías para estimar y predecir parámetros indicadores de la circulación, y
3. Exponer metodologías con un nivel de detalle tal que permitan al lector comprender los factores que afectan al funcionamiento multimodal.

El HCM 2010 presenta las mejores técnicas disponibles —en el momento de su publicación— para determinar la capacidad y el nivel de servicio³. No obstante **no** tiene el carácter de normativa legal de aplicación en el diseño y construcción de carreteras.

1.2.2. Uso previsto

El HCM está pensado para ser utilizado principalmente en la realización de análisis de las áreas o zonas que se enumeran a continuación, hasta el punto de que estas contarán con el soporte proporcionado por métodos individuales de análisis.

2. Calidad de servicio: describe cómo de bien es percibida —desde la perspectiva del usuario— las condiciones de circulación en infraestructuras viarias o el funcionamiento de servicios de transporte público.

3. Nivel de servicio (NS): es la estratificación en categorías (desde NS A hasta NS F) de la calidad del servicio.

- *Niveles de análisis:* análisis de evaluación, análisis de proyecto (diseño), estudios previos, y planificación.
 - *Modos de transporte:* modo automóvil (así como otros vehículos motorizados), modo peatón, modo ciclista, además del modo transporte público urbano cuando este sea parte de una infraestructura multi-modal en zonas urbanas.
 - *Cobertura espacial:* elementos puntuales, tramos e infraestructuras completas.
 - *Cobertura temporal:* condiciones de régimen libre y condiciones de régimen saturado (circulación saturada).

1.2.3. Objetivo del usuario del HCM

El HCM está dirigido a: (a) ingenieros que trabajen en el campo de estudios de tráfico y diseño de carreteras, y (b) planificadores de transporte que trabajen en el campo de la gestión/dirección de sistemas de transporte por carretera. Para usar eficazmente el manual y aplicar sus metodologías es deseable tener una base de conocimientos técnicos, cierto grado de experiencia o bien conocer las técnicas de trabajo de las Administraciones y Organismos Públicos o empresas de consultoría. El HCM puede resultar de interés para personal directivo, docente, para especialistas en calidad del aire y ruido viario, funcionarios, planificadores, urbanistas, etc.

1.3. ESTRUCTURA DEL HCM

1.3.1. Aspectos generales

Se han invertido, desde el año 2000, más de 5 millones de dólares de la NCHRP (*National Cooperative Highway Research Program*) para el desarrollo parcial o total de las metodologías del HCM. Este se ha dividido en cuatro volúmenes⁴ para

4. En su versión original

que resulte manejable (a pesar del notable volumen de contenidos que implica la incorporación en el manual de los resultados de estos estudios):

- Volumen 1: Conceptos
- Volumen 2: Circulación ininterrumpida
- Volumen 3: Circulación interrumpida (o discontinua)
- Volumen 4: Guía de aplicación

Mientras el HCM 2000 estaba siendo desarrollado, en los Estados Unidos se avanzaba hacia el cumplimiento de un requerimiento federal que instaba al uso de unidades métricas en el diseño de carreteras. Consecuencia de este requerimiento el HCM 2000 fue publicado tanto en unidades de medida habituales americanas como en “versión métrica”. Debido a que estos requerimientos fueron posteriormente retirados y la mayoría de los estados volvieron a las unidades de medida habituales americanas, esta edición únicamente utilizará el sistema de medida habitual en EEUU. Al final de este capítulo se incluye una guía de conversión de medidas.

A continuación se describe el contenido de cada Volumen del HCM 2010.

1.3.2. Volumen 1: conceptos

El Volumen 1 incluye información básica con la que el ingeniero debe familiarizarse antes de realizar análisis de capacidad o calidad de servicio de una vía. Sus capítulos incluyen información acerca de cómo está organizado el HCM, los tipos de actuaciones que pueden realizarse con él; las características de modos de transporte y flujos de tráfico; el concepto de capacidad y de calidad de servicio; las diferentes herramientas disponibles para realizar los análisis; consejos para la interpretación y presentación de los resultados, así como una relación de términos y símbolos utilizados en el HCM. El capítulo 8, el principal del Manual, proporciona un resumen exhaustivo de todo el manual, estando orientado hacia aquellas personas encargadas de la toma de decisiones que no sean técnicos.

Los usuarios familiarizados con el HCM 2000 encontrarán que el Volumen 1 incorpora la Parte I del HCM 2000; conceptos de las partes II, IV y V así como material nuevo desarrollado en esta edición del 2010.

1.3.3. Volumen 2: circulación ininterrumpida

El Volumen 2 contiene metodología relativa a aquellos elementos de la red viaria con circulación ininterrumpida. Todo el material necesario para el análisis de cada uno de estos elementos se recoge en este Volumen: una descripción del proceso lo suficientemente completa como para permitir la comprensión de la metodología propuesta, su ámbito de aplicación y sus limitaciones; valores predeterminados específicos y umbrales de niveles de servicio, además de consejos para casos especiales y para el manejo de herramientas alternativas⁵.

Los capítulos referentes a autopistas son presentados en primer lugar, tratando desde infraestructuras completas hasta los diversos tipos de tramos. Le seguirán los capítulos referentes a vías multicarril y carreteras de 2 carriles. Los usuarios familiarizados con el HCM 2000 encontrarán que el Volumen 2 incorpora la Parte III “*Circulación ininterrumpida*” junto con material de la Parte II (valores predeterminados específicos y umbrales de nivel de servicio) usados directamente en los análisis. El capítulo correspondiente a intersecciones de ramal de enlace de autopista con vía urbana —el cual aparecía en los capítulos de circulación ininterrumpida en la edición del 2000— se recoge en esta edición en el Volumen 3, junto a los capítulos correspondientes a circulación interrumpida.

En su versión original el Volumen 2 está disponible en carpeta de 3 anillas así como en formato electrónico para facilitar la introducción de actualizaciones provisionales, como pueden ser los nuevos estudios que se vayan realizando.

5. Un elemento de una red viaria será de circulación ininterrumpida (como por ejemplo una autopista) cuando no presente causas fijas de demoras o interrupciones que sean ajenas a la propia corriente de tráfico.

1.3.4. Volumen 3: circulación interrumpida o discontinua

El Volumen 3 contiene toda la metodología relativa a elementos con circulación interrumpida⁶. Su contenido es similar al de los capítulos del Volumen 2. El capítulo de infraestructuras completas es presentado en primer lugar, seguido por el capítulo de tramos, de elementos puntuales así como un capítulo correspondiente a áreas peatonales y carriles bici.

Incorpora los capítulos de circulación interrumpida procedentes de la Parte III del HCM 2000, junto con material detallado correspondiente a la Parte II. Donde es de aplicación, el material correspondiente a peatones y ciclistas ha sido integrado a lo largo de los capítulos del Volumen 3, junto con contenidos de transporte público urbano específicos para análisis multimodales. Remitimos al lector a consultar el *TCQSM: Transit Capacity and Quality of Service Manual* (Manual de Capacidad y Calidad de Servicio del Transporte Público Urbano) para procedimientos de análisis específicos para dicho modo. El capítulo del HCM 2000 correspondiente a intersecciones no semaforizadas con prioridad fija de paso ha sido dividido en la edición de 2010 en tres partes, cada una de las cuales cubren individualmente: intersecciones con Stop en todos los accesos (no empleada habitualmente en España, sí en EEUU), intersecciones con Stop en la vía secundaria y glorietas. Finalmente, el capítulo correspondiente a intersecciones de vías urbanas con ramales de enlaces de autopista se incluye en los capítulos de circulación interrumpida.

1.3.5. Volumen 4: guía de aplicación

Es un Volumen en formato electrónico (www.HCM2010.org) que incluye cuatro tipos de contenidos: capítulos complementarios, interpretaciones

6. Las infraestructuras de circulación interrumpida, como por ejemplo las vías urbanas, disponen de elementos de regulación —como semáforos y Stops— que interrumpen periódicamente la corriente de tráfico.

metodológicas, estudios exhaustivos de diferentes casos, y bibliografía técnica de referencia.

Los capítulos complementarios incluyen:

- Descripciones más detalladas de determinadas metodologías, escritas para lectores que busquen una mayor profundidad de comprensión o la aplicación de software basado en el HCM.
- Ejemplos de aplicación de herramientas alternativas para situaciones no abordadas en los capítulos de los Volúmenes 2 y 3.
- Ejemplos adicionales y cálculo de resultados.
- Un nuevo capítulo referente al efecto de la implantación de técnicas de gestión activa del tráfico en la explotación de carreteras.

La explicación e interpretación de las metodologías se realizará a lo largo de todo el Manual, ya que los usuarios aplican el HCM y plantean cuestiones referentes a metodologías al TRB (Comisión de estudio del transporte) y al AHB40 (comité de Capacidad de Carreteras y Calidad de Servicio) (EEUU).

Los exhaustivos casos estudiados ilustran cómo utilizar el HCM para analizar aquellas situaciones más habituales. Estos se centran más en el proceso de aplicación del HCM que en los propios cálculos (los cuales son tratados en los ejemplos resueltos). Los casos nº 1 al 5 se han obtenido de la web "*HCM Applicattions Guidebook*" (6), que fue desarrollada con posterioridad a la publicación del HCM 2000. El caso nº 6 ha sido desarrollado por el proyecto 3-85 del NCHRP (7)⁷.

La librería técnica de referencia contiene una selección de documentos, informes técnicos y documentación adicional que proporcionan la información originaria con la que se han desarrollado las diferentes metodologías del HCM.

7. Puede accederse al Volumen 4 a través de la web www.HCM2010.org

1.3.6. Herramientas de cálculo⁸

Históricamente, los métodos del HCM han sido completamente documentados dentro del manual a través de textos, figuras y hojas de cálculo (en el HCM 2000 el capítulo “*Infraestructuras de Autopista*” representó la primera variación de este patrón). No obstante, en respuesta a las necesidades de los profesionales e identificando las limitaciones del manual, las metodologías han continuado creciendo en complejidad, de forma que en algunas de ellas se ha llegado al punto de que no es factible documentarlas de esta manera (por ejemplo, aquellas metodologías que requieren iteraciones múltiples para alcanzar la solución). En estos casos, las herramientas de cálculo representan un importante procedimiento con el que pueden ser descritos los cálculos más complejos. En el caso de aquellas metodologías más complejas, los capítulos de los Volúmenes 2 y 3, el anexo del Volumen 4 y las herramientas de cálculo proporcionan la forma más eficiente y efectiva de documentar estas de una forma completa.

El comité *TRB* (EEUU) de “capacidad de carreteras y calidad de servicio” mantiene herramientas de cálculo para la mayoría de las metodologías con el propósito de desarrollarlas, proporcionando nuevos ejemplos de problemas, identificando las mejoras necesarias y juzgando el impacto de los cambios propuestos. Estos métodos de cálculo son herramientas para desarrollar y documentar las metodologías del HCM y no tienen, ni necesitan, de interfaces sofisticadas o de técnicas de manipulación de datos iniciales que las hagan adecuadas para su uso en ingenierías o consultorías. Generalmente no son distribuidas públicamente pero están a disposición de aquellos que lo soliciten, bien sean investigadores, profesionales, desarrolladores de software, estudiantes o cualquiera que esté interesado en la comprensión de los mecanismos internos de alguna metodología del HCM en particular.

8. Los diferentes capítulos de HCM describirán —como mínimo— el proceso seguido por una metodología dada. En el caso de metodologías sencillas, describirán de forma completa todos los pasos implicados en el cálculo.

Los anexos del Volumen 4 proporcionan detalles de cálculo para aquellos métodos más complejos.

Las herramientas de cálculo facilitan los pasos a seguir cuando se utilizan los métodos más complejos, como pueden ser aquellos que requieran cálculos iterativos.

1.3.7. Programas informáticos comerciales

Para ayudar al lector en la aplicación de las metodologías del HCM hay disponible un software comercial (disponible desde la publicación del HCM 1985). Por otro lado, existe en el mercado una gran variedad de programas informáticos comerciales que aplica las técnicas del HCM proporcionando sofisticadas interfaces de usuario y herramientas de manipulación de datos. Es parte de la política del comité TRB no revisar, criticar o aprobar estos productos comerciales.

1.4. USO INTERNACIONAL

1.4.1. Aplicaciones

El análisis de la capacidad y la calidad de servicio ha generado interés a escala internacional. El HCM ha sido traducido a varias lenguas, y se han realizado estudios en diferentes países que han contribuido al desarrollo de sus metodologías. No obstante, se debe señalar a los usuarios del manual que la mayoría de los estudios, de valores por defecto o predeterminados y de las aplicaciones típicas han sido desarrolladas para las condiciones de Norte América, particularmente para los Estados Unidos. Aunque los métodos presentados tienen un valor importante, su uso fuera de Estados Unidos requiere de una interpretación exhaustiva a la hora de calibrar ecuaciones y procedimientos hacia las condiciones locales, resultando necesario reconocer e identificar las principales diferencias en cuanto a la composición del tráfico, a las características de conductores, peatones y ciclistas; así como en el diseño geométrico típico y en las medidas adoptadas para el control y regulación del tráfico.

1.4.2. Guía de conversión métrica

El HCM 2000 fue editado en dos ediciones, una utilizando las unidades de medida habituales en EEUU y la otra en unidades métricas. Las variables

reflejadas en el HCM 2000 fueron convertidas de una forma “forzada”, lo que significa que los valores fueron redondeados hasta donde fue razonable hacerlo. Por ejemplo, un ancho de carril de 12 pies fue convertido en un valor redondeado de 3,60 m. En comparación, una conversión “suave” (más exacta) lo haría multiplicando 12 pies por un factor de conversión de 0,305 m/pie, resultando un valor de 3,66 m.

Tal y como se ha indicado no se ha editado una versión del HCM 2010 en unidades métricas, por lo que se recomienda una conversión suave desde las unidades de medidas usuales norteamericanas a las métricas, de tal forma que las herramientas de cálculo generen los mismos resultados independientemente del sistema de medida empleado. No obstante, si se comparan los resultados (en unidades métricas) de las metodologías que no han variado entre las ediciones del 2010 y 2000 —por ejemplo en vías multicarril— pueden aparecer pequeñas diferencias. Los resultados generados por el HCM 2010 con una conversión suave pueden ser ligeramente diferentes que las generadas por la versión métrica del HCM 2000.

La figura 1-1 proporciona factores de conversión aproximados entre unidades en el sistema anglosajón y unidades métricas.

Símbolo	Unidad de Medida	Multiplicar por	Para obtener	Símbolo
---------	------------------	-----------------	--------------	---------

LONGITUD

pul	Inches (pulgadas)	25,4	Milímetros	mm
pies	Feet (pies)	0,305	Metros	m
yd	Yards (yardas)	0,914	Metros	m
mi	Miles (millas)	1,61	Kilómetros	km

AREA

pul ²	Square inches (pulgadas cuadradas)	654,20	Milímetros cuadrados	mm ²
pies ²	Square feet (pies cuadrados)	0,093	Metros cuadrados	m ²
yd ²	Square yards (yardas cuadradas)	0,836	Metros cuadrados	m ²
ac	Acres (acres)	0,405	Hectáreas	ha
mi ²	Square miles (millas cuadradas)	2,59	Kilómetros cuadrados	km ²

VOLUMEN

fl oz	Fluid ounces (onzas líquido)	29,57	Mililitros	ml
gal	Gallons (galones)	3,785	Litros	l
pies ³	Cubic feet (pies cúbicos)	0,028	Metros cúbicos	m ³
yd ³	Cubic yards (yardas cúbicas)	0,765	Metros cúbicos	m ³

MASA

oz	Ounces (onzas)	28,35	Gramos	g
lb	Pounds (libras)	0,454	Kilogramos	kg
T	Short tons (2,00 lb) – Toneladas cortas	0,907	Toneladas métricas	T

TEMPERATURA (conversión exacta)

°F	Grados Fahrenheit	(F-32)/1,8	Grados Celsius	°C
----	-------------------	------------	----------------	----

LUMINOSIDAD

fc	Foot-candels (pie-candela)	10,76	Lux	lx
fl	Foot-lamberts	3,426	Candela/metro cuadrado	cd/m ²

FUERZA y PRESIÓN / TENSIÓN

lbf	Pound force (libras fuerza)	4,45	Newton	N
lbf/pul ²	Pound force per square inches	6,89	Kilo pascales	Kpa

Figura 1-1.
Tabla de Conversión métrica.

1.5. NOVEDADES DEL HCM 2010

1.5.1. Aspectos generales

A pesar de que el formato de página del HCM 2010 es similar al del HCM 2000, han sido introducidos numerosos cambios en esta edición, resultado de la extensa investigación realizada desde el año 2000 y en consideración de los comentarios recibidos por parte de los usuarios del HCM 2000.

Investigación básica utilizada para la elaboración del HCM 2010

La figura 1-2 expone los principales proyectos de investigación que han contribuido a la elaboración de esta edición del HCM. Los efectos de estos y otros estudios en los diferentes capítulos del manual se describen a continuación.

Proyecto	Título	Objetivos
NCHRP 3-60	<i>Capacity and Quality of Service of Interchange Ramp Terminals</i>	Desarrollar métodos mejorados para el análisis de capacidad y calidad de servicio en intersecciones de ramales de enlace de autopista con vías urbanas, para todas las tipologías de enlace existentes.
NCHRP 3-64	<i>Highway Capacity Manual. Applications Guide</i>	Desarrollar una guía de aplicación del HCM que muestre como aplicar sus metodologías a situaciones reales y que indique cuando resultará más apropiado utilizar herramientas alternativas.
NCHRP 3-65	<i>Applying Roundabouts in the United States</i>	Desarrollar métodos para estimar la seguridad y el impacto en la circulación del uso de glorietas en los EEUU, así como mejorar los criterios de diseño utilizados.
NCHRP 3-70	<i>Multimodal Level of Service Analysis for Urban Streets</i>	Desarrollar estrategias y métodos mejorados para determinar el NS para los modos automóvil, transporte público urbano, ciclista y peatón en vía urbana, en particular en lo referente a las interacciones producidas entre ellos.
NCHRP 3-75	<i>Analysis of Freeway Weaving Sections</i>	Desarrollar métodos mejorados para el análisis de capacidad y nivel de servicio de tramos de trenzado en autopistas.
NCHRP 3-79	<i>Measuring and Predicting the Performance of Automobile Traffic on Urban Streets</i>	Desarrollar técnicas que permitan medir la circulación en vía urbana con el fin de aplicarlas en procedimientos en tiempo real. Desarrollar procedimientos para predecir las condiciones de circulación en vía urbana.
NCHRP 3-82	<i>Default Values of Capacity and Quality of Service Analysis</i>	Determinar valores predeterminados apropiados para su utilización en análisis utilizando las metodologías del HCM. Desarrollar una guía de selección de aquellos valores predeterminados más adecuados para las diferentes aplicaciones de análisis de tráfico.
NCHRP 3-85	<i>Guidance for de Use of Alternative Traffic Analysis Tools in Highway Capacity Analysis</i>	Mejorar la información presentada en el HCM relativa a la selección y utilización de herramientas alternativas de análisis de tráfico.
NCHRP 3-92	<i>Production of the Year 2010 Highway Capacity Manual</i>	Desarrollar la edición 2010 del HCM
Federal Highway Administration	<i>Evaluation of Safety, Design, and Operation of Shared-Use Paths (DTFH61-00-R-00070)</i>	Desarrollar métodos de estimación de NS para recorridos de uso compartido, como apoyo a proyectistas y técnicos a la hora de determinar el diseño de recorridos existentes o de nueva construcción, y de decidir si debe segregarse a los diferentes tipos de usuarios que vayan a utilizarlos.
Federal Highway Administration	<i>Active Traffic Management Measures for Increasing Capacity and Improving Performance (DTFH61-06-D-00004)</i>	Describir técnicas de gestión activa del tráfico y proporcionar la información disponible y los métodos de análisis existentes de evaluación de la eficacia en la mejora de la capacidad y la circulación de una red viaria

Figura 1-2.

Principales proyectos de investigación que han contribuido a la redacción del HCM 2010

Grupos de Estudio. Objetivos

Después de la publicación de la edición del 2000, el comité TRB financió una serie de grupos de trabajo con diferentes objetivos en varias localizaciones de EEUU, con el fin de obtener información y de identificar mejoras deseadas para la siguiente edición. Los miembros del comité y subcomité prepararon también una revisión del HCM en aspectos como la planificación, el diseño y

las condiciones de circulación, así como en las necesidades educativas (9). Después de financiar el HCM 2010, el *Institute of Transportation Engineers* financió un estudio a través de Internet sobre el uso del HCM y las mejoras deseadas, y el proyecto NCHRP 3-92 organizó varios grupos de estudio con diferentes enfoques sobre estos temas. La información proporcionada por estas y otras fuentes fue tenida en cuenta a la hora de diseñar el formato, contenido y organización del HCM 2010.

Reorganización a partir del HCM 2000

Tal y como se detalla en este capítulo, el HCM 2010 consta de 4 volúmenes: (a) Volumen 1: Conceptos; (b) Volumen 2: Circulación ininterrumpida; (c) Volumen 3: Circulación interrumpida; (d) Volumen 4: Guía de aplicación. El contenido de las partes I a V del HCM 2000 ha sido distribuido en los volúmenes 1 al 4 del HCM 2010 de la siguiente manera:

- *Parte I: Aspectos Generales:* material recogido en el Volumen 1.
- *Parte II: Conceptos:* material recogido en los Volúmenes 2 y 3 si es utilizado directamente en un análisis (p.e., valores predeterminados y tablas de NS); si no es este el caso, en Volumen 1.
- *Parte III: Metodologías:* material recogido en el Volumen 2 para circulación ininterrumpida y en el Volumen 3 para circulación interrumpida. En el Volumen 4 se pueden encontrar hojas de cálculo y descripciones muy detalladas de las metodologías.
- *Parte IV: Corredores y áreas de influencia:* material conceptual recogido en el Volumen 1. Se han sustituido procedimientos analíticos por información sobre el uso de herramientas alternativas para el análisis de estos elementos.
- *Parte V: Simulación y otros modelos:* este material ha sido distribuido en los distintos volúmenes del HCM 2010. El Volumen 1 contiene un resumen de herramientas alternativas (cap. 6) y consejos generales para poder comparar los resultados obtenidos mediante el uso del HCM con aquéllos obtenidos a través de herramientas alternativas (cap. 7). Consejos específicos

sobre cuándo considerar el empleo de herramientas alternativas son expuestos en cada capítulo de los Volúmenes 2 y 3. Determinados capítulos del Volumen 4 proporcionan ejemplos de aplicación de herramientas alternativas para aquellas situaciones que no puedan ser descritas por las metodologías del HCM.

Enfoque multimodal

Para animar a los usuarios del HCM a considerar a todos los usuarios de un tramo o infraestructura a la hora del análisis y de la toma de decisiones, el HCM 2010 integra material referente tanto al modo automóvil como a otros modos de transporte. En consecuencia, en esta edición no hay capítulos que aborden de forma aislada la circulación de peatones, ciclistas o del transporte público urbano. En lugar de eso, los usuarios deben consultar el capítulo de vías urbanas para los procedimientos relativos a peatones, ciclistas y usuarios del transporte público urbano; el capítulo de intersecciones para los procedimientos relativos a estas, y así sucesivamente.

En reconocimiento a la guía TCQSM (5), y ante la dificultad de sincronizar los dos manuales, el lector deberá consultar dicha guía TCQSM para obtener información relativa a procedimientos para determinar la capacidad y la calidad de servicio específicos al transporte público urbano. No obstante, la calidad de servicio en un contexto multimodal continúa abordándose en el HCM.

Modelos que estudian la percepción de los usuarios

Desde la edición de 1985, los niveles de servicio han sido definidos a través de la valoración de las condiciones de circulación existentes dentro de la corriente de tráfico (3,4). Las metodologías del HCM presentaban generalmente valores individuales de niveles de servicio para cada elemento de una infraestructura viaria, los cuales podían ser: (a) tomados directamente en campo; (b) percibidos por los usuarios; (c) estudiados por el titular de la infraestructura. No obstante, desde la publicación del HCM

2000 varios proyectos de investigación han estudiado si un determinado aspecto de la circulación resultaría suficiente por sí mismo para describir el nivel de servicio, así como si deberían utilizarse también aspectos no relacionados con la circulación (10). Estos proyectos han propuesto modelos que: (a) incorporan múltiples factores de satisfacción de viajeros; (b) establecen umbrales de nivel de servicio basados en la percepción que los usuarios tienen acerca de la calidad del servicio. Modelos de percepción de dos de estos estudios han sido incorporados en los capítulos correspondientes a vías multicarril, carreteras de dos carriles, infraestructuras de vías urbanas, tramos de vía urbana y áreas peatonales y carriles bici.

Tablas generales de intensidades de servicio

El HCM 2000 proporcionaba ejemplos de tablas generales de intensidades de servicio para 10 elementos concretos de una infraestructura viaria. Estas tablas fueron desarrolladas mediante un único conjunto de valores predeterminados que se acompañaba con notas de advertencia cuya finalidad era meramente ilustrativa. El HCM 2010 proporciona *tablas generales de intensidades de servicio* para infraestructuras, que incluyen valores predeterminados de ámbito nacional (referido a EEUU). Estas tablas pueden ser consideradas en aplicaciones tales como informes técnicos de condiciones de circulación a nivel estatal (ámbito EEUU), regional o local o en análisis de tendencias futuras como parte integrante del proceso de planificación a largo plazo del transporte por carretera.

1.5.2. Cambios en las metodologías para elementos de infraestructuras

Infraestructuras de autopista

Las metodologías básicas son similares a las proporcionadas en la edición del 2000, aunque se incorpora el nuevo procedimiento de análisis para

tramos de trenzado. Un cambio significativo es la incorporación de umbrales de niveles de servicio para infraestructuras de autopistas basados en la densidad. Otro cambio incorporado es la actualización de los datos referentes a la incidencia de la meteorología y de las zonas en obras en la capacidad de una autopista, junto con nueva información referente al efecto de medidas de gestión activa del tráfico sobre las condiciones de circulación de una autopista.

Tramos básicos de autopista

La metodología básica es similar a la proporcionada en el HCM 2000. El modelo de predicción de la velocidad libre ha sido mejorado, y se ha añadido la relación intensidad-velocidad para tramos con una velocidad libre de 75 mi/h.

Tramos de trenzado en autopista

Este capítulo ha sido completamente actualizado incorporando la metodología desarrollada por el proyecto *NCHRP 3-75*. Aunque el proceso general para el análisis de tramos de trenzado es similar al reflejado en el HCM 2000, los modelos del HCM 2010 se componen de grupos actualizados de datos de trenzados. Las dos diferencias fundamentales sobre cómo debe aplicarse esta metodología son las siguientes: (a) ahora habrá un único algoritmo para predecir velocidades bajo condiciones de trenzado y un único algoritmo para predecir velocidades bajo condiciones de no trenzado independientemente de cuál sea la configuración del trenzado; y (b) el umbral del nivel de servicio F (NS F) ha cambiado.

Vías destinadas a conectar entre sí carreteras en las que al menos una de estas corresponda a una vía de “alta velocidad”; conexiones de estas vías con dichas carreteras

Se han realizado las siguientes revisiones con respecto a la metodología incluida en el HCM 2000:

- Han sido añadidos procedimientos para comprobar distribuciones por carriles poco razonables que sobrecarguen los carriles izquierdos o derechos (o ambos) de la autopista.
- Se ha realizado una revisión para corregir la ilógica tendencia que implica a los ramales de entrada en autopistas de 8 carriles, en los cuales la densidad aumenta a medida que se incrementa la longitud del carril de aceleración.

Vías Multicarril

La metodología para el modo automóvil en vías multicarril es esencialmente la misma que la que proporcionaba el HCM 2000. Se ha añadido metodología para calcular el nivel de servicio para el modo ciclista en ellas.

Carreteras de dos carriles y doble sentido de circulación

Se han realizado las siguientes revisiones en la metodología para el modo automóvil del HCM 2000:

- Se ha eliminado el planteamiento de analizar conjuntamente los dos sentidos de circulación (a un mismo tiempo): se emplea la metodología propuesta para cada sentido de circulación (se estudiará cada sentido por separado). Los resultados para el conjunto de la carretera se obtendrán mediante una media ponderada adecuada de los resultados obtenidos para cada sentido.
- Se han añadido varias relaciones y tablas fundamentales para el análisis de un único sentido de circulación.
- Se ha incorporado metodología para estudiar el nivel de servicio para el modo ciclista en estas carreteras de dos carriles.

Infraestructuras de vías urbanas

Este es un nuevo capítulo que contiene consejos para ayudar al analista a determinar el enfoque y alcance del análisis (por ejemplo, una intersección

aislada frente a una coordinación semafórica que englobe a varias intersecciones), así como para determinar cuáles serían los modos de transporte relevantes (por ejemplo: modo automóvil, modo peatón, modo ciclista, modo transporte público urbano; o una combinación de estos). En él se describe así mismo cómo agregar resultados de análisis a nivel de elemento puntual o de tramo dentro de la valoración global de una infraestructura. Se ha añadido además información acerca del impacto que causaría sobre la circulación la implementación de medidas de gestión activa del tráfico.

Tramos de vía urbana

Este capítulo se ha reescrito completamente. Se ha incorporado el trabajo desarrollado en el proyecto *CNHRP 3-79*, que proporciona métodos mejorados para la estimación de la *velocidad libre* y de los *tiempos de recorrido en vías urbanas*, junto con un nuevo método para estimar el *índice de detenciones*. Se ha incorporado además el trabajo realizado por el proyecto *CNHRP 3-70*, el cual ha proporcionado metodología referente a niveles de servicio multimodal que puede emplearse para evaluar el punto de equilibrio a la hora de asignar prioridades de paso entre los diferentes modos de transporte en presencia en una vía urbana.

Intersecciones con semáforos

Se han introducido las siguientes modificaciones respecto de la metodología del HCM 2000:

- Se ha añadido el nuevo método de valoración: *incremento gradual de vehículos en una cola* para calcular las variables d_1 demora y Q_1 longitud de cola. Este método es equivalente al del HCM 2000 para condiciones ideales, pero más flexible cuando hay que adaptarse a casos no ideales, incluyendo llegadas coordinadas y fases verdes múltiples con diferentes intensidades bajo condiciones de régimen saturado (por ejemplo, giros a la izquierda permitidos/protegidos y peatones).
- Se ha añadido un procedimiento de modelización que describe el funcionamiento de reguladores actuados por la demanda.

- Se ha añadido un procedimiento de chequeo de la saturación en carriles para giros a la izquierda.
- Se han introducido en este capítulo las metodologías para la determinación del nivel de servicio para los modos peatón y ciclista en intersecciones con semáforos.

Intersecciones no semaforizadas con prioridad de paso

El capítulo del HCM 2000 correspondiente a intersecciones no semaforizadas con prioridad fija de paso estaba dividido en 3 capítulos: intersecciones con Stop en la vía secundaria, intersecciones con Stop en los cuatro accesos (habitual en EEUU) y glorietas.

- Intersecciones con Stop en la vía secundaria

La metodología para el modo automóvil es esencialmente la misma que la del HCM 2000, salvo que se han añadido parámetros de aceptación de hueco libre para vías urbanas de 6 carriles. Además, los métodos para estimar el nivel de servicio para los modos peatón y ciclista en este tipo de intersecciones se han trasladado a este capítulo.

- Intersecciones con Stop en los cuatro accesos

La metodología es esencialmente la misma que en el HCM 2000. Se ha añadido un modelo para la estimación de colas.

- Glorietas

El contenido del HCM 2000 se ha reemplazado por material nuevo, basado en el trabajo realizado por el proyecto *NCHRP 3-65*, el cual ha desarrollado una base de datos exhaustiva sobre la circulación en glorietas en EEUU, así como nuevas metodologías para evaluar las condiciones de circulación en ellas.

Intersección de vía urbana con ramal de enlace de autopista

Este capítulo se ha actualizado por completo, en base al proyecto *NCHRP 3-60*.

Áreas peatonales y carril bici

Los procedimientos para recorridos para peatones son en esencia los mismos que en el HCM 2000, aunque se incluyen consejos sobre cómo aplicarlos a una mayor variedad de tipos de infraestructuras. Los procedimientos sobre recorridos para ciclistas —que en el HCM 2000 estaban basados en estudios holandeses— se han actualizado en base a los resultados de un estudio realizado por la *FHWA (Federal Highway Administration)*, planteado para calibrar el modelo holandés a las condiciones norteamericanas y para incluir además recorridos de otros grupos diferentes patinadores y corredores de footing.

1.6. DOCUMENTOS COMPLEMENTARIOS

A lo largo de sus 60 años de historia, el HCM se ha convertido en un manual de referencia para la Ingeniería del Transporte. Es el principal de una serie de documentos y juega un papel fundamental en la planificación, diseño y explotación de infraestructuras para transporte y servicios por carretera. Su ámbito de aplicación es el de proporcionar herramientas para evaluar la circulación en carreteras y vías urbanas en términos de medida del nivel de servicio y calidad del servicio que prestan. Esta sección describe documentos que complementan al HCM y que cubren aspectos importantes fuera del alcance de este.

1.6.1. Manual de seguridad en carreteras (HSM)

Highway Safety Manual (HSM) (13) proporciona herramientas analíticas y técnicas para cuantificar los efectos sobre la seguridad vial de decisiones

relativas a planificación, diseño, circulación y mantenimiento de carreteras. La información contenida en él ha sido proporcionada por agencias de asistencia técnica, las cuales consideran aspectos relacionados con la seguridad vial en sus procesos de toma de decisiones. Este manual es un documento utilizado en EEUU con el objetivo de ayudar a técnicos de transporte a analizar las conductas de seguridad de una forma técnicamente sólida y consistente, mejorando así la toma de decisiones relacionadas con este aspecto.

1.6.2. Criterios de diseño geométrico de carreteras y vías urbanas

Policy on geometric Design of Highways and Streets, Green Book, de la *American Association of State Highway and Transportation Officials* proporciona directrices para el diseño de todo tipo de vías desde calles secundarias hasta autopistas, tanto en localizaciones urbanas como interurbanas. Estas directrices intentan proporcionar eficiencia en la circulación, confort, seguridad, así como enfatizar en la conveniencia para el automovilista de la necesidad de considerar el uso de otros modos de transporte en presencia.

1.6.3. Manual sobre elementos de regulación de tráfico (MUTCD)

Manual on Uniform Traffic Control Devices de la *FHWA (MUTCD) (15)* es el modelo utilizado en EEUU a la hora de evaluar elementos regulación del tráfico en cualquier vía urbana, carretera, o ruta para bicicletas que esté abierta al público. Para los usuarios del HCM puede tener un interés particular la sección del *MUTCD* correspondiente a aspectos de obligado cumplimiento referentes a regulaciones de tráfico mediante prioridad fija o semáforos, así como a la señalización vertical y horizontal empleada para delimitar y definir carriles e intersecciones; incluyendo consideraciones para optimizar la capacidad en carreteras, así como una aplicación menos restrictiva en las intersecciones.

1.6.4. Manual de capacidad y calidad de servicio del transporte público urbano (TCQSM)

Transit Capacity and Quality of Service Manual (TCQSM) es el homólogo al HCM en lo referente al transporte público urbano. Contiene antecedentes, estadísticas y gráficos de los diferentes tipos de transporte público, y proporciona una base para medir la disponibilidad este, su confort y su conveniencia de uso (desde el punto de vista del usuario). El manual contiene técnicas cuantitativas para calcular la capacidad de autobuses, trenes, servicios de ferrys; así como de paradas, estaciones y terminales.

1.7. REFERENCIAS

1. *Highway Capacity Manual: Practical Applications of Research*. Bureau of Public Roads. U.S. Department of Commerce, Washington, D.C., 1950.
2. *Special Report 87: Highway Capacity Manual*. Highway Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 1965.
3. *Special Report 209: Highway Capacity Manual*. TRB, National Research Council, Washington, D.C., 1985.
4. *Highway Capacity Manual*. TRB, National Research Council, Washington, D.C., 2000.
5. Kittelson & Associates, Inc.; KFH Group, Inc.; Parsons Brinckerhoff Quade & Douglas, Inc.; and K. Hunter-Zaworski. *TCRP Report 100: Transit Capacity and Quality of Service Manual, 2nd ed.* Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C., 2003.
6. Kittelson, W. K., K. G. Courage, M.D. Kyte, G.F. List, R.P. Roess, and W.M. Sampson. *Highway Capacity Manual Applications Guidebook*. Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C., 2003. www.hcmguide.com. Accessed Oct. 19, 2009.
7. University of Florida Transportation Center and T-Concepts Corporation. *Draft Material for HCMAG Case Study 6: I-465 Corridor, Indianapolis*. NCHRP 3-85 Working Paper No. 16, Jan. 5, 2009.
8. *Metric Conversion Page*. FHWA, U.S. Department of Transportation, Washington, D.C. <http://www.fhwa.dot.gov/aaa/metricportrait.pdf>. Accessed Oct. 19, 2009.
9. *Transportation Research Circular E-C081: A Research Program for Improvement of the Highway Capacity Manual*. Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C., Dec. 2005. <http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/circulars/ec081.pdf>
10. Flannery, A., D. McLeod, and N.J. Pedersen. *Customer-Based Measures of Level of Service*. ITE Journal, Vol. 76, No. 5, May 2006, pp. 17-21.

11. Dowling, R., D. Reinke, A. Flannery, P. Ryus, M. Vandehey, T. Petrisch, B. Landis, N. Rouphail, and J. Bonneson. *NCHRP Report 616: Multimodal Level of Service Analysis for Urban Streets*. Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C., 2008.
12. Hummer, J.E., N.M. Rouphail, J.L. Toole, R.S. Patten, R.J. Schneider, J.S. Green, R.G. Hughes, and S.J. Fain. *Evaluation of Safety, Design, and Operation of Shared-Use Paths-Final Report*. Report FHWA-HRT-05-137. FHWA, U.S. Department of Transportation, Washington, D.C., July 2006.
13. *Highway Safety Manual*. 1st ed. American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D.C., 2010.
14. *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*, 5th ed. American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D.C., 2004.
15. *Manual on Uniform Traffic Control Devices for Streets and Highways*. Federal Highway Administration, Washington, D.C., 2009. <http://mutcd.fhwa.dot.gov>. Accessed Feb. 1, 2010.

CAPÍTULO 2. APLICACIONES

2.1. INTRODUCCIÓN

El HCM puede ser utilizado en estudios y proyectos de transporte por carretera, abarcando desde estudios con gran detalle hasta estudios muy generales de los elementos de una red viaria; desde elementos individuales de una red hasta sistemas de transporte completos; abarcando cuatro modos de transportes diferentes, los cuales pueden ser considerados de forma separada o en conjunto. Puede utilizarse además para analizar varios tipos de vías y varias condiciones de funcionamiento de la red. Este capítulo expone la amplia gama de aplicaciones del HCM, abarcando desde análisis individualizados hasta servir como soporte de procesos más amplios.

El HCM puede ser empleado en análisis a nivel de evaluación de infraestructuras existentes, a nivel de proyecto (diseño), o para estudios preliminares y planificación. Los datos de entrada requeridos son similares para cada nivel de análisis aunque el valor de estos diferirá en función del nivel, utilizándose —dependiendo del caso— valores predeterminados, valores reales o valores estimados. Los resultados de los análisis de evaluación, planificación, y de los análisis previos (utilizados para determinar valores de los niveles de servicio) se obtendrán partiendo de un conjunto de datos iniciales dados. Los análisis de proyecto (diseño) se llevarán a cabo para determinar qué características deberá poseer la infraestructura para alcanzar un nivel de servicio deseado¹.

Los modos de transporte contemplados por el HCM son: el modo *automóvil* (que incluye otros vehículos motorizados tales como camiones, vehículos de recreo RVs, autobuses no pertenecientes a transporte público urbano y motocicletas); y los modos *peatón*, *ciclista*, y *transporte público urbano* (que hace referencia a aquel que circula únicamente por vías urbanas con líneas prefijadas y paradas regulares). Todos estos modos de transporte operan en una gran variedad de elementos los cuales conforman las redes viarias, como son *elementos puntuales* (por ejemplo intersecciones), tramos (por ejemplo el tramo de una carretera comprendido entre dos intersecciones), infraestructura completa

1. Diferentes niveles de análisis realizados por el HCM.

(como por ejemplo el conjunto de elementos puntuales y tramos incluidos en la porción de carretera considerado), llegando hasta corredores (conjuntos de autopistas paralelas a vías arteriales) y, a una escala geográfica más amplia, áreas y sistemas².

Las metodologías del HCM serán aplicables tanto para infraestructuras con circulación ininterrumpida (en las que no existan causas fijas —ajenas a la propia corriente de tráfico— que produzcan retrasos ni interrupciones) como para infraestructuras con circulación interrumpida o discontinua (en las cuales los elementos de regulación —como semáforos y Stops— interrumpen periódicamente la corriente de tráfico). Los análisis del HCM son aplicables tanto en *condiciones de régimen libre* (producidas cuando la demanda es inferior a la capacidad de los elementos la red viaria), como —en determinadas situaciones— en *condiciones de circulación saturada* (es decir, cuando la demanda excede a la capacidad)³.

Finalmente, decir que los parámetros generados por las metodologías del HCM pueden ser usados para más utilidades que únicamente el análisis del tráfico. Este capítulo describe aplicaciones potenciales del HCM como son: *análisis de ruido viario, análisis de la calidad del aire, análisis económicos y planificaciones multimodales*.

2.2. NIVELES DE ANÁLISIS

2.2.1. Aspectos generales

Cualquier aplicación del HCM puede ser utilizada para realizar análisis a diferentes niveles de detalle, dependiendo del propósito del análisis y de la cantidad de información disponible. El HCM considera tres niveles básicos de análisis:

2. Modos de transporte y elementos de redes viarias manejadas por el HCM.

3. En los diferentes capítulos del HCM se describe el alcance de los procedimientos del HCM en análisis bajo condiciones de circulación saturada. En el Capítulo 6 se describen herramientas alternativas que pueden ser empleadas en aquellas situaciones en las que el HCM no pueda ser aplicado.

- *Análisis de evaluación*: enfocados típicamente hacia las condiciones actuales o a corto plazo, lo cual implica la necesidad de disponer de datos previos detallados para los procedimientos del HCM, con un uso nulo o mínimo de valores predeterminados.
- *Análisis de proyecto (diseño)*: usando los procedimientos del HCM para identificar las características requeridas por el tramo de red viaria (el cual deberá funcionar al nivel de servicio deseado), utilizando en algunos casos valores predeterminados para ciertos parámetros.
- *Análisis de planificación y estudios previos*: con un enfoque típico hacia condiciones futuras, empleándose cuando se desee evaluar de forma rápida un conjunto de alternativas o cuando los valores de determinados parámetros no sean conocidos y se requiera el uso frecuente de valores predeterminados.

Las siguientes secciones describen estos análisis más ampliamente.

2.2.2. Análisis de evaluación

Los *análisis de evaluación* son aplicaciones del HCM generalmente orientadas a las condiciones actuales o a corto plazo. Tienen por objeto proporcionar información para la toma de decisiones sobre si es necesario realizar mejoras en un elemento puntual o tramo existentes (o en la infraestructura completa). En ocasiones se realizan para determinar si es necesario un estudio de planificación más amplio. Algunas veces el enfoque se centra sobre una red —o una parte de esta— que está cerca de la saturación o de un nivel de servicio no deseable. Debemos plantearnos la siguiente pregunta: ¿cuándo, en el corto plazo, es probable que una infraestructura falle o deje de proporcionar el nivel de servicio deseado? Para resolver esta cuestión se requiere una estimación de la intensidad de servicio alcanzable bajo un determinado nivel de servicio⁴.

4. El concepto de nivel de servicio (NS) será descrito en el capítulo 5 “Concepto de Calidad y de Nivel de Servicio”.