

MANUAL DE CAPACIDAD DE CARRETERAS

**TRADUCCIÓN AL CASTELLANO DE HIGHWAY CAPACITY MANUAL HCM2010
TRB – TRANSPORTATION RESEARCH BOARD OF THE NATIONAL ACADEMIES**

Autores de la traducción:

Manuel Romana
Miguel Nuñez
Juan Miguel Martínez
Rafael Díez de Arizaleta

Translated and printed with permission from the Transportation Research Board. HCM 2010 is published by the Transportation Research Board of the National Academy of Sciences, Engineering and Medicine, Washington, D.C., USA. Copyright, National Academy of Sciences, Engineering and Medicine. All rights reserved. The Transportation Research Board and the National Academy of Sciences, Engineering and Medicine bear no responsibility for any errors that may have been inadvertently introduced during the translation.

Edición en español:

© FUNDACIÓN CONFEMETAL
Príncipe de Vergara, 74 – 28006 Madrid
Tel.: 91.782.36.30. Fax: 91.561.66.93
editorial@fundacionconfemetal.es
www.fundacionconfemetal.com

ISBN: 978-84-16671-19-9
Depósito Legal: M-5380-2017

Impreso en España – *Printed in Spain*

Si quiere información acerca de nuestras publicaciones, visítenos en:
www.fundacionconfemetal.com

o escribáanos a:
editorial@fundacionconfemetal.es

Síguenos en:



Fundación Confemetal



@FCONFEMETAL



Fundación Confemetal

QUEDA PROHIBIDA TODA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE LA OBRA POR CUALQUIER MEDIO O PROCEDIMIENTO SIN AUTORIZACIÓN PREVIA.

ÍNDICE

Presentación	25
Capítulo 1.	
GUÍA DE USO	29
1.1. Introducción	31
1.2. Propósito y ámbito de aplicación del HCM	33
1.2.1. Propósito y objetivos	33
1.2.2. Uso previsto	33
1.2.3. Objetivo del usuario del HCM	34
1.3. Estructura del HCM	34
1.3.1. Aspectos generales	34
1.3.2. Volumen 1: Conceptos	35
1.3.3. Volumen 2: Circulación ininterrumpida	36
1.3.4. Volumen 3: Circulación interrumpida o discontinua .	37
1.3.5. Volumen 4: Guía de aplicación	37
1.3.6. Herramientas de cálculo	39
1.3.7. Programas informáticos comerciales	40
1.4. Uso internacional	40
1.4.1. Aplicaciones	40
1.4.2. Guía de conversión métrica	40
1.5. Novedades del HCM 2010	43
1.5.1. Aspectos generales	43
1.5.2. Cambios en las metodologías para elementos de infraestructuras	47

1.6.	Documentos complementarios	52
1.6.1.	Manual de seguridad en carreteras (<i>Highway Safety Manual</i>)	52
1.6.2.	Criterios de Diseño Geométrico de Carreteras y Vías Urbanas (<i>A Policy on Geometric Design of Highways and Streets</i>)	53
1.6.3.	Manual sobre elementos de Regulación de Tráfico (<i>Manual on Uniform Traffic Control Devices</i>)	53
1.6.4.	Manual de Capacidad y Calidad de Servicio del Transporte Público Urbano (<i>Capacity and Quality of Service Manual</i>)	54
1.7.	Referencias	55
Capítulo 2.		
APLICACIONES		57
2.1.	Introducción	59
2.2.	Niveles de análisis	60
2.2.1.	Aspectos generales	60
2.2.2.	Análisis de evaluación	61
2.2.3.	Análisis de proyecto (diseño)	62
2.2.4.	Análisis de planificación y estudios previos	63
2.2.5.	Relación entre el nivel de análisis y los objetivos buscados	64
2.3.	Elementos de una red viaria	65
2.3.1.	Tipos de elementos	65
2.3.2.	Análisis de elementos individuales de una red viaria	69
2.3.3.	Valoración de múltiples infraestructuras	71
2.3.4.	Valoración de una red viaria	72

2.4. Modos de transporte por carretera	75
2.4.1. Modo Automóvil	76
2.4.2. Modo Peatón	76
2.4.3. Modo Ciclista	77
2.4.4. Modo transporte público urbano	77
2.5. Condiciones de circulación	77
2.5.1. Circulación ininterrumpida	77
2.5.2. Circulación interrumpida o discontinua	79
2.5.3. Régimen libre	80
2.5.4. Régimen saturado	81
2.5.5. Régimen de descarga de una cola de vehículos	82
2.6. Análisis efectuados por el HCM como parte de un proceso de análisis más amplio	83
2.6.1. Análisis de ruido viario	84
2.6.2. Análisis de la calidad del aire	84
2.6.3. Análisis económicos	85
2.6.4. Análisis de planificación multimodal	85
2.6.5. Medición del funcionamiento del sistema	86
2.6.6. Resumen	86
2.7. Referencias	88
 Capítulo 3. CARACTERÍSTICAS MODALES	 91
3.1. Introducción	93
3.2. Modo automóvil	94
3.2.1. Factores mecánicos y humanos	94

3.2.2. Variaciones en la demanda	96
3.2.3. Variabilidad en los tiempos de recorrido	113
3.2.4. Tipos de vías para automóviles	115
3.2.5. Intensidades medidas y observadas	117
3.2.6. Interacciones con otros modos de transporte por carretera	118
3.3. Modo peatón	120
3.3.1. Aspectos generales	120
3.3.2. Factores humanos	120
3.3.3. Variaciones en la demanda	122
3.3.4. Tipos de infraestructuras para peatones	123
3.3.5. Interacciones con otros modos	127
3.4. Modo ciclista	128
3.4.1. Aspectos generales	128
3.4.2. Factores humanos	129
3.4.3. Variaciones en la demanda	130
3.4.4. Tipos de infraestructuras para ciclistas	133
3.4.5. Interacciones con otros modos	136
3.5. Modo transporte público urbano	137
3.5.1. Aspectos generales	137
3.5.2. Factor humano	138
3.5.3. Características del transporte público en vía urbana	140
3.5.4. Variabilidad en los tiempos de recorrido	142
3.5.5. Tipos de infraestructuras para transporte público urbano	142
3.5.6. Intensidades medidas y observadas	144
3.5.7. Interacciones con otros modos de transporte	144
3.6. Referencias	146

Capítulo 4.	
CONCEPTO DE INTENSIDAD Y CAPACIDAD	149
4.1. Introducción	151
4.2. Modo automóvil	152
4.2.1. Parámetros básicos del flujo de automóviles	152
4.2.2. Parámetros adicionales para circulación ininterrumpida	166
4.2.3. Parámetros adicionales para circulación interrumpida	168
4.2.4. Concepto de capacidad	182
4.2.5. Estimación de parámetros de circulación	189
4.3. Modo peatón	194
4.3.1. Características de los peatones	194
4.3.2. Parámetros que caracterizan la circulación de peatones	197
4.3.3. Concepto de capacidad	209
4.4. Modo ciclista	211
4.4.1. Parámetros que caracterizan los flujos de ciclistas	211
4.4.2. Concepto de capacidad	213
4.4.3. Demora	214
4.5. Modo transporte público urbano	215
4.5.1. Velocidad de un autobús. Factores	215
4.5.2. Concepto de capacidad	221
4.6. Referencias	227

Capítulo 5.	
CONCEPTO DE CALIDAD Y NIVEL DE SERVICIO	231
5.1. Introducción	233
5.2. Calidad de servicio	234
5.3. Nivel de servicio (NS)	236
5.3.1. Definición	236
5.3.2. Uso	236
5.4. Parámetros de servicio	243
5.4.1. Definición y características	243
5.4.2. Selección de parámetros de servicio	244
5.4.3. Determinación de NS F	247
5.4.4. Parámetros de servicio para elementos específicos de una red viaria	248
5.5. Referencias	262
Capítulo 6.	
EL HCM Y OTRAS HERRAMIENTAS ALTERNATIVAS DE ANÁLISIS	265
6.1. Introducción	267
6.2. Herramientas basadas en el HCM	268
6.2.1. Tablas generales de intensidades de servicio	268
6.2.2. Aplicación de valores predeterminados en las metodologías del HCM	270
6.2.3. Análisis de evaluación utilizando el HCM	271
6.3. Herramientas alternativas al HCM	272

6.3.1. Aspectos generales	272
6.3.2. Modelización del tráfico. Conceptos y terminología	274
6.3.3. Diferencias conceptuales entre herramientas deterministas y herramientas de simulación	282
6.3.4. Uso apropiado de herramientas alternativas	282
6.3.5. Estrategia de aplicación de herramientas alternativas	291
6.3.6. Parámetros de circulación utilizados por las herramientas alternativas	299
6.3.7. Criterios de selección de herramientas de análisis de tráfico	301
6.3.8. Directrices para la aplicación de herramientas de simulación	315
6.4. Referencias	322
Apéndice A:	
Elaboración de valores predeterminados de carácter local	324
Referencias	325
Apéndice B:	
Elaboración de tablas locales de intensidades de servicio	326
Introducción	326
Proceso de elaboración	327
Referencias	329
 Capítulo 7.	
INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS OBTENIDOS MEDIANTE EL HCM 2010 Y MEDIANTE HERRAMIENTAS ALTERNATIVAS ..	331
7.1. Introducción	333
7.2. Incertidumbre y variabilidad	335

7.2.1. Concepto de incertidumbre y de variabilidad	335
7.2.2. Fuentes de incertidumbre	337
7.2.3. Análisis de sensibilidad	341
7.2.4. Certeza y precisión	346
7.2.5. Valores medios	348
7.3. Definición y manejo de parámetros de circulación compatibles entre herramientas	348
7.3.1. Parámetros de circulación aportados por los procedimientos del HCM 2010	349
7.3.2. Uso del estudio de trayectorias para comparar diferentes parámetros de circulación	357
7.3.3. Requisitos para el cálculo de parámetros de circulación mediante el estudio de trayectorias	364
7.3.4. Aspectos estocásticos de la simulación	381
7.3.5. Resultados producidos por el HCM 2010 y por herramientas alternativas	386
7.4. Presentación de resultados	401
7.4.1. Recomendaciones a la hora de presentar resultados	401
7.4.2. Presentaciones de resultados que facilitan su interpretación	404
7.4.3. Representación gráfica de resultados	406
7.5. Referencias	410
Capítulo 8.	
INTRODUCCIÓN AL HCM	413
8.1. Introducción	415
8.2. Conceptos relacionados con la capacidad de una carretera o una vía urbana. Definición de capacidad	416

8.2.1. Vías con circulación ininterrumpida	418
8.2.2. Vías con circulación interrumpida	422
8.2.3. Interacciones modales	425
8.3. Concepto de calidad y de nivel de servicio (NS)	428
8.3.1. Aspectos generales	428
8.3.2. Calidad de servicio	428
8.3.3. Nivel de servicio	430
8.3.4. Parámetros de servicio	434
8.4. El proceso de análisis	436
8.4.1. Niveles de análisis del HCM	436
8.4.2. Selección de la herramienta de análisis	440
8.4.3. Interpretación de los resultados	442
8.4.4. Presentación de los resultados	445
8.5. Consideraciones a la hora de la toma de decisiones	446
8.5.1. Documentos complementarios	446
8.5.2. Recomendaciones vs. Normativas	448
8.6. Referencias	452
Capítulo 9.	
GLOSARIO	453
Capítulo 10.	
INFRAESTRUCTURAS DE AUTOPISTA	513
10.1. Introducción	515

10.1.1.	Tramos y sus zonas de Influencia	516
10.1.2.	Velocidad libre	519
10.1.3.	Capacidad de una infraestructura de autopista	520
10.1.4.	Nivel de servicio (NS) de una Infraestructura de autopista y de los tramos que la componen	528
10.1.5.	Intensidades de servicio en infraestructuras de autopista (IS_i , IHS_i e IMD_i)	531
10.1.6.	Intensidades generales de servicio	533
10.1.7.	Gestión activa del tráfico y otras medidas para mejorar la circulación	539
10.2.	Metodología	540
10.2.1.	Ámbito de aplicación	540
10.2.2.	Limitaciones de la metodología	541
10.2.3.	Aspectos generales	544
10.2.4.	Pasos en el proceso de cálculo	545
10.3.	Aplicaciones	583
10.3.1.	Análisis de evaluación	584
10.3.2.	Análisis de planificación, estudios previos y análisis de proyecto (diseño)	585
10.3.3.	Estrategias de gestión del tráfico	586
10.3.4.	Uso de herramientas alternativas	587
10.4.	Ejemplos de problemas resueltos	598
10.4.1.	Ejemplo resuelto nº 1: evaluación de una infraestructura en régimen libre	598
10.4.2.	Ejemplo resuelto nº 2: evaluación de una infraestructura en régimen saturado	607
10.4.3.	Ejemplo resuelto nº 3: mejoras en la capacidad de una infraestructura saturada	615

10.5. Referencias	621
-------------------------	-----

Capítulo 11.

TRAMOS BÁSICOS DE AUTOPISTA	625
--	------------

11.1. Introducción	627
--------------------------	-----

11.1.1. Condiciones ideales	628
-----------------------------------	-----

11.1.2. Características de la circulación en condiciones ideales	629
---	-----

11.1.3. Capacidad en condiciones ideales (capacidad básica)	633
--	-----

11.1.4. Nivel de servicio en un tramo básico de autopista	635
---	-----

11.1.5. Datos de partida requeridos	640
---	-----

11.2. Metodología	642
-------------------------	-----

11.2.1. Limitaciones de la metodología	642
--	-----

11.2.2. Aspectos generales	643
----------------------------------	-----

11.2.3. Pasos en el proceso de cálculo	645
--	-----

11.2.4. Sensibilidad de los resultados	661
--	-----

11.3. Aplicaciones	664
--------------------------	-----

11.3.1. Valores predeterminados	665
---------------------------------------	-----

11.3.2. Determinación de los límites del análisis	667
---	-----

11.3.3. Tipos de análisis	668
---------------------------------	-----

11.3.4. Uso de herramientas alternativas	673
--	-----

11.4. Ejemplos resueltos	680
--------------------------------	-----

11.4.1. Ejemplo resuelto nº 1: NS en una autopista de 4 carriles	680
---	-----

11.4.2. Ejemplo resuelto nº 2: número de carriles necesarios para alcanzar un objetivo de NS	684
11.4.3. Ejemplo resuelto nº 3: NS y capacidad de una autopista de 6 carriles	688
11.4.4. Ejemplo resuelto nº 4: NS en rasantes específicas	692
11.4.5. Ejemplo resuelto nº 5: intensidad en la hora de referencia y número de carriles	698
11.4.6. Ejemplo resuelto nº 6: intensidades de servicio	701
11.5. Referencias	705
Apéndice A: Rasantes compuestas	707
Ejemplo resuelto	708
Pasos a seguir para la aplicación del procedimiento	711
Comentarios	711
Capítulo 12. TRAMOS DE TRENZADO EN AUTOPISTAS	713
12.1. Introducción	715
12.2. Características de los tramos de trenzado	715
12.2.1. Aspectos generales	715
12.2.2. Longitud de un tramo de trenzado	717
12.2.3. Anchura de un tramo de trenzado	719
12.2.4. Configuración de los tramos de trenzado	719
12.3. Metodología	728

12.3.1. Limitaciones de la metodología	728
12.3.2. Aspectos generales de la metodología	729
12.3.3. Parámetros que describen un tramo de trenzado	731
12.3.4. Procedimientos de cálculo	735
12.3.5. Casos especiales	756
12.4. Aplicaciones	758
12.4.1. Valores predeterminados	759
12.4.2. Tipos de análisis	759
12.4.3. Empleo de herramientas alternativas	763
12.5. Ejemplos resueltos	769
12.5.1. Ejemplo resuelto nº 1: NS en un tramo con trenzado en el tronco de la autopista	769
12.5.2. Ejemplo resuelto nº 2: NS en un tramo con trenzado en la zona del ramal	777
12.5.3. Ejemplo resuelto nº 3: NS en un tramo de tren- zado en dos márgenes	785
12.5.4. Ejemplo resuelto nº 4: Diseño de un tramo con trenzado en el tronco que cumpla un objetivo de NS marcado	792
12.5.5. Ejemplo resuelto nº 5: Elaboración de tablas de intensidades de servicio para tramos de trenzado	802
12.6. Referencias	809
 Capítulo 13. TRAMOS DE CONVERGENCIA Y DIVERGENCIA EN AUTOPISTAS	 811
13.1. Introducción	813

13.1.1.	Elementos que componen un ramal	814
13.1.2.	Clasificación de ramales	815
13.1.3.	Límites del análisis de ramales y de sus conexiones con otras vías	817
13.1.4.	Condiciones de circulación en conexiones ramal-autopista	818
13.1.5.	Condiciones ideales	819
13.1.6.	Criterios de definición de NS para tramos de convergencia y divergencia	820
13.1.7.	Datos de partida requeridos	822
13.2.	Metodología	825
13.2.1.	Ámbito de aplicación	825
13.2.2.	Limitaciones de la metodología	826
13.2.3.	Aspectos generales	826
13.2.4.	Pasos de cálculo	830
13.2.5.	Casos especiales	854
13.2.6.	Solapamiento de zonas de influencia de ramales	864
13.3.	Aplicaciones	864
13.3.1.	Valores predeterminados	865
13.3.2.	Establecimiento de los límites del análisis	866
13.3.3.	Tipos de análisis	866
13.3.4.	Uso de herramientas alternativas	872
13.4.	Ejemplos resueltos	880
13.4.1.	Ejemplo resuelto nº 1: ramal de entrada aislado de carril único situado en el margen derecho de una autopista de cuatro carriles	881
13.4.2.	Ejemplo resuelto nº 2: dos ramales de salida contiguos, de carril único y situados en el mar- gen derecho de una autopista de seis carriles .	885

13.4.3. Ejemplo resuelto nº 3: ramal de entrada de carril único seguido de ramal de salida de carril único, de una autopista de ocho carriles	893
13.4.4. Ejemplo resuelto nº 4: ramal de entrada de carril único en margen izquierdo de una autopista de seis carriles	903
13.4.5. Ejemplo resuelto nº 5: intensidades de servicio para ramales de entrada aislados en autopistas de seis carriles	909
13.5. Referencias	916
Capítulo 14.	
VÍAS MULTICARRIL	919
14.1. Introducción	921
14.1.1. Tipos de vías multicarril	921
14.1.2. Condiciones ideales	922
14.1.3. Características del tráfico bajo condiciones ideales	924
14.1.4. Capacidad de un tramo de vía multicarril	926
14.1.5. NS para tramos de vía multicarril	927
14.1.6. Datos de partida requeridos	930
14.2. Metodología	932
14.2.1. Limitaciones de la metodología	932
14.2.2. Modo automóvil	934
14.2.3. Modo ciclista	953
14.3. Aplicaciones	954
14.3.1. Valores predeterminados	955

14.3.2. Establecimiento de los límites del análisis	956
14.3.3. Tipos de análisis	957
14.3.4. Intensidades generales de servicio	962
14.3.5. Uso de herramientas alternativas	966
14.4. Ejemplos resueltos	966
14.4.1. Ejemplo resuelto nº 1: NS en vía multicarril de calzada única con 4 carriles	966
14.4.2. Ejemplo resuelto nº 2: NS en vía multicarril de 5 carriles con carril central de espera para giros a la izquierda	971
14.4.3. Ejemplo resuelto nº 3: sección transversal requerida para cumplir un objetivo de NS establecido	975
14.4.4. Ejemplo resuelto nº 4: mejora de una vía multicarril	979
14.4.5. Ejemplo resuelto nº 5: sección transversal necesaria para cumplir un objetivo de NS	981
14.5. Referencias	985
Capítulo 15.	
CARRETERAS DE DOS CARRILES	987
15.1. Introducción	989
15.1.1 Características de las carreteras de dos carriles	990
15.1.2. Capacidad y NS	997
15.1.3. Datos de partida y valores predeterminados requeridos	1003
15.1.4. Demanda e intensidad real	1006

15.2. Metodología	1006
15.2.1. Ámbito de aplicación de la metodología	1006
15.2.2. Limitaciones de la metodología	1007
15.2.3. Modo automóvil	1008
15.2.4. Modo ciclista	1050
15.3. Aplicaciones	1055
15.3.1. Valores predeterminados	1055
15.3.2. Tipos de análisis que pueden realizarse	1056
15.3.3. Intensidades de servicio	1058
15.3.4. Intensidades generales de servicio	1060
15.3.5. Uso de herramientas alternativas	1062
15.4. Ejemplos resueltos	1063
15.4.1. Ejemplo resuelto nº 1: NS en una carretera clase I	1063
15.4.2. Ejemplo resuelto nº 2: NS en una carretera clase II	1070
15.4.3. Ejemplo resuelto nº 3: NS en una carretera clase III	1075
15.4.4. Ejemplo resuelto nº 4: NS en una carretera clase I con carril adicional para circulación rápida	1080
15.4.5. Ejemplo resuelto nº 5: NS del modo ciclista en una carretera de dos carriles	1082
15.5. Referencias	1086
Apéndice A:	
Tratamientos para la mejora del diseño y la circulación	1088
Apartaderos	1089
Uso del arcén	1090

Secciones transversales más amplias	1091
Carriles para giros en intersecciones	1092
Carriles centrales de espera para giros a la izquierda en ambos sentidos	1095
Referencias	1098
Capítulo 16.	
GLORIETAS	1099
16.1. Introducción	1101
16.1.1. Límites espaciales del análisis de glorietas y modos de transporte considerados	1101
16.1.2. Criterios relativos al nivel de servicio	1102
16.1.3. Datos de partida requeridos	1103
16.1.4. Ámbito de aplicación de la metodología	1103
16.1.5. Limitaciones de la metodología	1104
16.2. Metodología	1106
16.2.1. Aspectos generales	1106
16.2.2. Aspectos sobre capacidad	1107
16.2.3. Modo automóvil	1119
16.2.4. Modo peatón	1136
16.2.5. Modo ciclista	1137
16.3. Aplicaciones	1138
16.3.1. Valores predeterminados	1138
16.3.2. Tipos de análisis	1139
16.3.3. Calibración del modelo de capacidad	1141
16.3.4. Uso de herramientas alternativas	1142

16.4. Ejemplos resueltos	1148
16.4.1. Ejemplo resuelto nº 1: glorieta de carril único con carriles segregados	1148
16.4.2. Ejemplo resuelto nº 2: glorieta de dos carriles .	1157
16.5. Referencias	1166