

ANEJO 4. ESTUDIO DE TRÁFICO



ESTUDIO DE ALTERNATIVAS PARA EL ACONDICIONAMIENTO DE LA CV-345 A SU PASO POR LOS
MUNICIPIOS DE HIGUERUELAS Y LA YESA (VALENCIA)

ÍNDICE:

1. Introducción.....	4
2. Análisis del tráfico.....	4
3. Previsión futura del tráfico.....	7
3.1. Año de puesta en servicio y año horizonte.....	7
3.2. Intensidad media diaria.....	8
3.3. Intensidad hora punta.....	10
4. Caracterización del tráfico.....	11
5. Nivel de servicio.....	12
5.1. Nivel de servicio actual.....	15
5.2. Nivel de servicio año de puesta en servicio.....	18
5.3. Nivel de servicio año horizonte.....	19
6. Capacidad de la vía.....	20
 Apéndice I: Estaciones de aforo afines.....	 22
Apéndice II: Tablas para el cálculo del nivel de servicio.....	24

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo del presente anejo es realizar una previsión futura del tráfico, analizando el uso actual de la carretera y distinguiendo los distintos tipos de vehículos que por esta circulan, tratando de justificar la evolución del tráfico hasta el año de puesta en servicio en el tramo de la CV-345 comprendido entre los P.K. 20+000 y P.K. 41+400.

Para llevar a cabo el objetivo del anejo, en primer lugar, se va a determinar el año de puesta en servicio y el año horizonte de la obra en base a la evolución del tráfico, consultando y estudiando los datos acumulados de la infraestructura en servicio años atrás, todos ellos ofrecidos en el emplazamiento web de la "Generalitat Valenciana".

Se va a proceder, determinando la Intensidad Media Diaria (IMD) para el año de puesta en servicio y para el año horizonte, y la Intensidad de Hora Punta (IHP).

Por último, se pretende categorizar el tráfico de la vía en función del número de vehículos pesados que transitan por ella, y se va a estimar el nivel de servicio.

La vía está catalogada como una carretera convencional, se caracteriza por un volumen de tráfico pequeño y un elevado porcentaje de pesados, en su mayoría vehículos destinados al transporte de áridos consecuencia de la afluencia en la zona de explotaciones mineras.

Las hipótesis de partida son:

- Calzada de doble sentido de circulación.
- Reparto igualado de tráfico de vehículos pesados.
- Se va a proceder con los datos (IMD, número de pesados) proporcionados por la "Generalitat Valencia", sin ninguna corrección.

Los principales parámetros que permiten caracterizar el tráfico son el volumen de vehículos, su composición, su distribución y sus velocidades.

2. ANÁLISIS DEL TRÁFICO

Los datos de tráfico necesarios para proceder con el análisis se obtienen de estaciones de aforo situadas en la propia vía o en sus proximidades. En el año 2017 el área de Carreteras de la Diputación de Valencia dispone de un total de 383 estaciones de aforo. De las 386 estaciones existentes en la red de carreteras, 20 son de tipo primaria, 35 de tipo secundaria y 328 de cobertura, según datos proporcionados por la "Generalitat Valenciana".

Las diferencias entre cada tipo de estación de aforo son:

- Estaciones primarias: Se obtienen de aforar durante una semana completa (incluido fin de semana) en meses alternos, realizando seis mediciones anuales.

Este tipo de estación, por si misma, es suficiente para determinar la IMD, calculando la media diaria de tráfico registrada en los 42 días de toma de datos, ya que recoge todas las variaciones en la distribución de tráfico.

- Estaciones secundarias: Se obtienen de aforar durante dos días laborables completos (sin incluir fin de semana ni festivos) en meses alternos, realizando seis mediciones anuales.
- Estaciones de cobertura: Se obtiene de aforar durante 24 horas al año, en un día laborable. Estas estaciones sólo pretenden obtener una estimación de la intensidad media diaria del tráfico en un tramo.

Tanto las estaciones primarias como las secundarias se encuadran como estaciones de control ya que tienen por objeto conocer las variaciones diarias, mensuales y estacionales, en una serie de secciones de carretera, para establecer unas leyes que puedan aplicarse a un grupo de estaciones similares o afines.

En el caso de las estaciones secundarias y de las de cobertura será necesario llevar a cabo afinidades, que no es más que establecer una similitud de tráfico entre dos estaciones. Su propósito es el de expandir la muestra tomada apoyándose en los registros de la estación afín y poder así calcular los valores de intensidad media diaria (IMD) anuales de forma coherente, contrastada y partiendo de muestras limitadas de datos. En el caso de las estaciones secundarias, como solo registran la variabilidad estacional de días laborables es necesario realizar esta afinidad para considerar la variabilidad estacional del tráfico los fines de semana. Las estaciones de cobertura, por su parte, al realizar una toma puntual de datos generan la necesidad de llevar a cabo una afinidad tanto con estaciones secundarias como primarias.

En el sitio web de la Generalitat Valenciana, concretamente en el apartado de carreteras se puede consultar el mapa de tráfico de la Comunidad Valenciana. Este se encuentra dividido en tres partes según la situación geográfica de la vía en estudio, norte, centro y sur de la Comunidad Valenciana. En el caso de la CV-345, situada en la comarca de Los Serranos, se encuentra en el apartado centro de la división del mapa de tráfico, concretamente en la parte centro-norte. En este mapa de tráfico se puede analizar la situación de las estaciones de aforo próximas a la vía en estudio, así como la intensidad de tráfico en cada una y el porcentaje de vehículos pesados.

ESTUDIO DE ALTERNATIVAS PARA EL ACONDICIONAMIENTO DE LA CV-345 A SU PASO POR LOS MUNICIPIOS DE HIGUERUELAS Y LA YESA (VALENCIA)

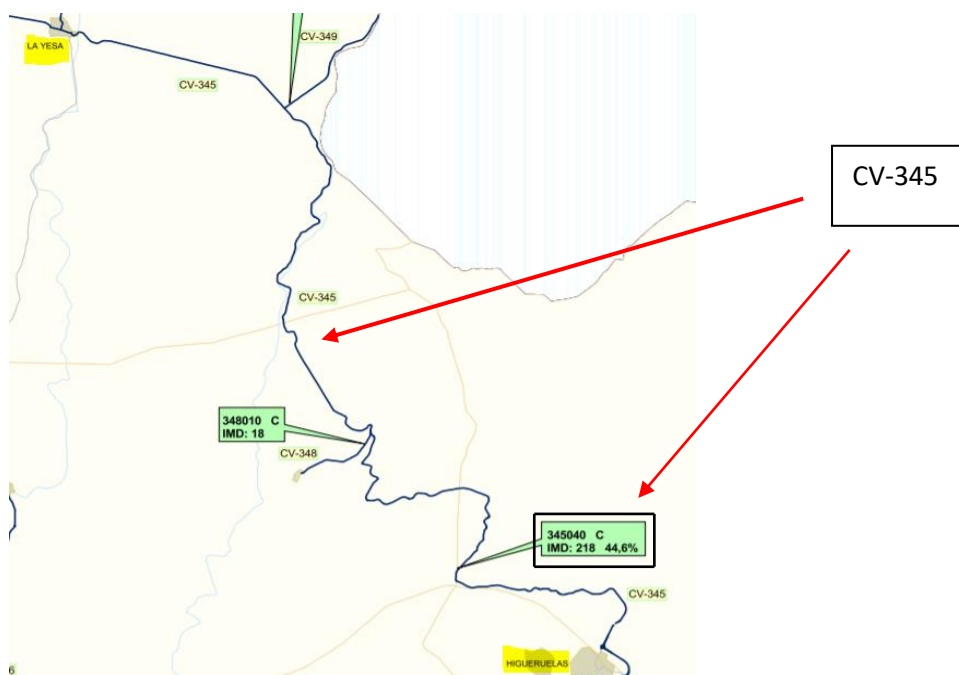


Ilustración 1. Mapa de tráfico 2016 CV-345 CITMA (Fuente: www.gva.es)

Tal y como se puede observar en el mapa de tráfico de la CV-345 entre los municipios de Higuieruelas y La Yesa del año 2016 proporcionado por CITMA (Conselleria de Infraestructuras, Transporte y Medio Ambiente), se tiene una IMD de 218 vehículos de los cuales un 44.6% son vehículos pesados, un total de 98 vehículos de este calibre por día.

Al tratarse de una vía secundaria ha sido necesario analizar el libro de aforos que presenta la Diputación de Valencia, en concreto el Área de Carreteras, con el fin de encontrar información más actual y concreta acerca de las estaciones de aforo.

Código:	345040	Tipo estación:	Cobertura	PK aforo:	26,00	PK inicial:	19,00		
Tramo:	Higuieruelas a la Yesa			Longitud tramo:	21,80	PK final:	40,80		
IMD: 207 vh/d		Pesados: 30,52 %		Motos: 0,94 %					
Int-reg Lab (vh/d): 213		Pesados-Lab (vh/d): 65		Motos-Lab (vh/d): 2		Datos Históricos			
Int-reg Fes (vh/d): -		Pesados-Fes (vh/d): -		Motos-Fes (vh/d): -					
Aforo		abr							
ID (vh/d): 213				IMD-2016:		218	-	%Pesados:	44,63
ID motos: 2				IMD-2015:		285	-	%Pesados:	27,67
% pesados: 30,52 %				IMD-2014:		227	-	%Pesados:	30,68
				IMD-2013:		285	-	%Pesados:	17,89
				IMD-2012:		254	-	%Pesados:	15,35
				IMD-2011:		-	-	%Pesados:	-
OBSERVACIONES									
Cambio PK aforo 2017 a 26+000.									

Ilustración 2. Estación de aforo CV-345 Libro de Aforos (Fuente: www.dival.es)

De la imagen precedente, se puede deducir que en la vía objeto del estudio se tiene una estación de aforo del tercer tipo de los nombrados en el apartado 2 de este documento, de cobertura. Esta se encuentra situada en el P.K. 26+000 de la CV-345 y cubre prácticamente la totalidad del tramo en estudio en este proyecto (P.K. 20+000 a P.K. 41+400).

Según los datos proporcionados por la estación de aforo situada en la CV-345 se tiene:

- IMD = 207 v/d
- Porcentaje Pesados = 30.52 % → 64 vehículos pesados por día.
- Porcentaje Motocicletas = 0.94 % → 2 motocicletas por día.

Estos últimos datos son únicamente recogidos por la estación de cobertura situada en la vía, sin ningún tipo de afinidad con otras estaciones de aforo, además son del año 2017 mientras que los del mapa de tráfico son del año 2016. Se deduce de estas objeciones la diferencia de valores entre ambos conjuntos de datos. El mapa de tráfico comentado en este apartado es del año 2016 debido a que en el del año 2017 no aparecen datos del tramo en estudio de la CV-345.

En la siguiente tabla se expone un resumen de los valores que presenta la estación de aforo tomada como referencia, situada en la traza de la CV-345, donde aparecen los datos históricos referentes a la IMD captados por la propia estación y la IMD exclusiva de pesados (IMDp).

EA CV-345	IMD	% PESADOS	IMDp
2012	254	15,35	39
2013	285	17,89	51
2014	227	30,68	70
2015	285	27,67	79
2016	218	44,63	98
2017	207	30,52	64

Ilustración 3. Tabla de datos históricos de la estación de aforo de la CV-345 (Fuente: Elaboración Propia)

La IMD de la CV-345 oscila desde casi 300 vehículos diarios en 2015 hasta cerca de 200 en 2017. El porcentaje de pesados por su parte ha ido aumentando desde los primeros datos, donde se tenía un 15 % de pesados, hasta 2016 donde casi se triplica (44.63 %) y descendiendo en el caso de los últimos datos recopilados en 2017 con un 30.52 % de vehículos pesados.

Tal y como ya se comentó, la información de este tipo de estaciones de aforo necesita ser complementada con alguna estación afín de carácter primario o secundario, para ello se ha consultado el mapa de tráfico 2016 y se ha detectado dos posibles estaciones afines para la infraestructura estudiada. En el sentido ascendente de los puntos kilométricos de la vía, la primera de estas sería la estación de aforo primario, situada en la CV-341, la cual cuenta con un volumen de tráfico ($IMD = 1229 \text{ v/d}$) superior al de la estación tomada como referencia, pero se trata de la única situada en las proximidades de la parte inicial de la vía objeto del estudio (zona próxima a Higueruelas) adecuada para ser afín.

La segunda estación de aforo que se podría considerar afín sería la correspondiente a la CV-350, la cual cuenta con una IMD de 169 v/d similar a la de la estación de cobertura ($IMD = 207 \text{ v/d}$) y un porcentaje de pesados parejo también.

3. PREVISIÓN FUTURA DEL TRÁFICO

El objetivo de este apartado es el estudio y determinación del tráfico en la vía en estudio (CV-345) tras llevar a cabo las obras de mejora y acondicionamiento.

3.1. AÑO DE PUESTA EN SERVICIO Y AÑO HORIZONTE

Para determinar el año de puesta en servicio, fecha en la cual se prevé la obra construida y en funcionamiento, es necesario añadir que se trata de un proceso de larga duración donde se deben considerar distintos hitos, los cuales cuentan con sus respectivos plazos, que en la mayoría de los casos se consideran de larga duración. Además de la propia duración de la obra, se deben considerar determinados aspectos tales como, administrativos, legales, medio ambientales o seguridad y salud entre otros. Debido a la limitación del presente estudio, se va a estimar de manera aproximada el año de puesta en servicio de la obra, considerando que se está desarrollando esta primera aproximación al proyecto en la primera mitad de 2018 y que se trata de un acondicionamiento de más de 20 km, se decide imponer que el año de puesta en servicio de la vía tras el acondicionamiento es en 2022.

El año horizonte de una carretera es aquel en el que la infraestructura debe mantener sus características y cumplir los objetivos para los que fue proyectada, en el caso de la vía en estudio se estima en 20 años después de la puesta en servicio, es decir, el año 2042.

3.2. INTENSIDAD MEDIA DIARIA

Para el cálculo de la IMD en el año de puesta en servicio y en el año horizonte se debe aplicar un incremento anual acumulativo a la IMD actual de la vía, este incremento se puede consultar en el Boletín Oficial del Estado publicado en 2010 en la “Instrucción sobre medidas específicas para la mejora de la eficiencia en la ejecución de las obras públicas de infraestructuras, carreteras y aeropuertos del ministerio de fomento”.

Para ello se aplica la siguiente formulación:

$$IMD_f = IMD * (1 + p)^n$$

- IMD_f = Intensidad Media Diaria de vehículos en el año futuro (buscado)
- IMD = Intensidad Media Diaria de vehículos en el año actual
- p = Incremento anual acumulativo
- n = Intervalo de años entre el año de puesta en servicio y el año actual

Incrementos de tráfico a utilizar en estudios

Período	Incremento anual acumulativo
2010 – 2012	1,08 %
2013 – 2016	1,12 %
2017 en adelante	1,44 %

Ilustración 4. Porcentaje de incremento anual de tráfico p (Fuente: Orden FOM/3317/2010)

Para el cálculo de la IMD futura se va a utilizar de IMD actual el valor de la estación de aforo situada en la CV-345 por ser el más reciente y puede ser contratado con la estación de aforo afín situada en las proximidades de La Yesa, la cual cuenta con una IMD y un porcentaje de pesados similar.

1. IMD año de puesta en servicio (2022)

$$IMD_f = IMD * (1 + p)^n = 207 (1 + 1.44/100)^{(2022-2018)} = 220 \text{ vehículos/día}$$

$$IMD_{fp} = IMD * (1 + p)^n = 64 (1 + 1.44/100)^{(2022-2018)} = 68 \text{ vehículos pesados/día}$$

$$\% \text{ Pesados año de puesta en servicio} = 30.91 \%$$

2. IMD año horizonte (2042)

$$IMD_f = IMD * (1 + p)^n = 220 (1 + 1.44/100)^{(2042-2022)} = 293 \text{ vehículos/día}$$

$$IMD_{fp} = IMD * (1 + p)^n = 68 (1 + 1.44/100)^{(2042-2022)} = 91 \text{ vehículos pesados/día}$$

$$\% \text{ Pesados año horizonte} = 31.05 \%$$

3.3. INTENSIDAD DE HORA PUNTA

La IHP es el valor de intensidad de tráfico que solo es superado por un número de horas determinadas al año, cuyo intervalo se encuentra entre 30 y 100 horas, sería el número de vehículos que transitan por una sección de la vía durante la hora de mayor tráfico.

Este parámetro puede servir para conocer el nivel de servicio de la vía y comprobar si se agota su capacidad, también para determinar el paquete de firme o para establecer una ordenación a la circulación entre otros.

La intensidad de hora punta viene definida según la siguiente ecuación:

$$IHP = IMD * k$$

- IHP = Intensidad de Hora Punta
- IMD = Intensidad Media Diaria
- k = Valor excedido en función del tipo de vía

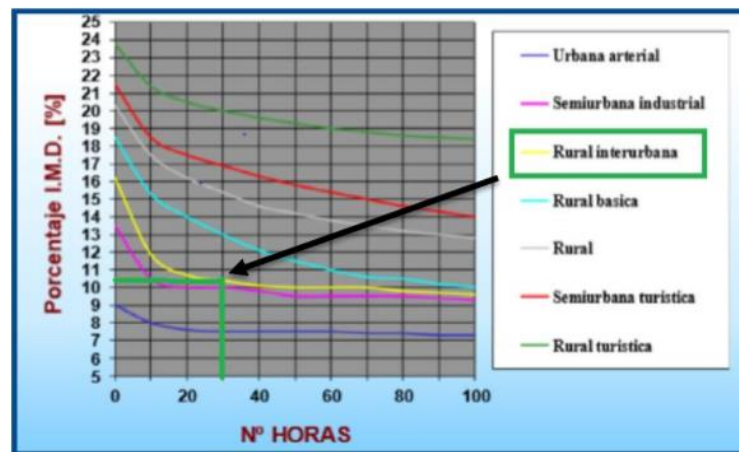


Ilustración 5. Valores de k para el cálculo de la IHP (Fuente: Asignatura de Infraestructuras Viarias)

Tal y como queda resaltado en la imagen previa, se considera la CV-345 una vía rural interurbana, y considerando un número de 30 horas en que se supera la IHP se obtiene el valor del coeficiente k, 10.4 %.

1. IHP año de puesta en servicio (2022)

$$IHP = IMD * k = 220 * 10.4/100 = 23 \text{ vehículos/ hora}$$

2. IHP año horizonte (2042)

$$IHP = IMD * k = 293 * 10.4/100 = 31 \text{ vehículos/ hora}$$

4. CARACTERIZACIÓN DEL TRÁFICO

Para llevar a cabo la categorización del tráfico, es necesario conocer la IMD de vehículos pesados el año de puesta en servicio de la vía, y en función de cual es esta para cada uno de los carriles, la normativa vigente 6.1-IC establece ocho categorías de tráfico pesado.

El valor de la IMD en el año de puesta en servicio ha sido expuesto en el apartado 3.2. "INTENSIDAD MEDIA DIARIA", $IMD_{fp} = 68$ vehículos pesados/día.

Al tratarse de una vía convencional de dos carriles con dos sentidos de circulación se establece que la IMD de pesados en cada carril tiene un valor del 50 % en cada uno de los carriles, por tanto, IMD_{fp} (por carril) = 34 vehículos pesados/día.

CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO	T00	T0	T1	T2
IMDp (vehículos pesados/día)	$\geq 4\ 000$	$< 4\ 000$ $\geq 2\ 000$	$< 2\ 000$ ≥ 800	< 800 ≥ 200

CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO	T31	T32	T41	T42
IMDp (vehículos pesados/día)	< 200 ≥ 100	< 100 ≥ 50	< 50 ≥ 25	< 25

Ilustración 6. Categorías de tráfico pesado (Fuente: Norma 6.1.-IC. Secciones de firme)

Por lo tanto, se establece que, para el año de puesta en servicio de la vía, teniendo en cuenta el crecimiento anual del tráfico comentado previamente, la categoría de tráfico pesado será T41.

5. NIVEL DE SERVICIO

En el presente apartado se pretende abordar la determinación de nivel de servicio de la CV-345 tanto en la actualidad como una vez concluidas las obras de acondicionamiento, se define nivel de servicio como la medición cualitativa del funcionamiento de una infraestructura viaria.

Para el desarrollo de este apartado se va a utilizar el “Highway Capacity Manual 2010 (HCM 2010)”, este trata de proporcionar unas técnicas para la evaluación de la calidad del servicio en las carreteras, es decir, proveer una base sistemática y consistente para el establecimiento de los valores estimados de la capacidad y de los niveles de servicio del sistema de transporte terrestre. Los parámetros y procedimientos en que se basa dicho manual han sido establecidos a partir de un amplio número de estudios e investigaciones llevados a cabo durante los últimos cincuenta años, y ellos reflejan condiciones promedio de circulación en los EE. UU.

Algunos de los factores que tiene en cuenta dicho manual son, coste que supone recorrer la vía o el tramo en estudio, la fluidez de la circulación o la comodidad para el usuario.

El Manual de Capacidad 2010 (HCM 2010) establece tres clases de carreteras convencionales de dos carriles:

- Clase I: aquellas carreteras en las que los conductores esperan circular a velocidad elevada, vías sometidas a largos desplazamientos o facilita las conexiones entre las vías que sirven a viajes de larga distancia. Se consideran de esta clase, las vías de dos carriles que son la principal ruta interurbana, conectores principales de los principales generadores de tráfico, rutas de cercanías diarias, o principales eslabones de redes estatales o carretera nacional. En el cálculo del nivel de servicio afectan a dos variables, el porcentaje de tiempo en cola y la velocidad media de recorrido.
- Clase II: aquellas carreteras en las que los conductores no esperan circular a velocidades elevadas. Generalmente, están sometidas a viajes relativamente cortos o bien forman parte de un trayecto más largo, funcionan como acceso a las carreteras clasificadas como clase I, que actúan como rutas paisajísticas o pasan por terrenos accidentados. En el cálculo del nivel de servicio afecta únicamente el porcentaje de tiempo en cola.
- Clase III: aquellas carreteras que atraviesan zonas moderadamente desarrolladas, pueden ser tramos de carreteras clasificadas en las clases anteriores que discurren por zonas urbanas o zonas en proceso de desarrollo. En

tales segmentos, el tráfico local se mezcla con el de paso, y la densidad de los puntos de acceso a la carretera es mayor que en una zona rural. En el cálculo del nivel de servicio, las vías que se encuentran en esta clase se caracterizan por una reducción del límite de velocidad, es decir, la variable que más se ve afectada es la de velocidad libre.

Teniendo en cuenta las características que presenta la vía en cuanto a geometría, tráfico y factores ambientales se clasifica la carretera como una infraestructura viaria de clase II, por tratarse de una vía donde los usuarios no pretenden circular a velocidades elevadas y con un recorrido no excesivamente largo.

Por otro lado, en el manual se aportan una serie de condiciones básicas para las carreteras de dos carriles:

- Ancho de carril mayor o igual a 3.65m
- Bermas más anchas o iguales a 1.8m
- Ausencia de zonas de no-rebase
- Solo vehículos de pasajeros en el flujo de tráfico
- Terreno plano
- Ausencia de impedimentos al tráfico

El manual también realiza una clasificación en cuanto al nivel de servicio, y establece 6 tipos diferentes de circulación, de la A a la F:



Ilustración 7. Niveles de servicio HCM 2010 (Fuente: Asignatura Infraestructuras Viarias)

- A: circulación fluida
- B: estable a alta velocidad
- C: circulación estable
- D: casi inestable
- E: inestable
- F: forzada

En el propio manual, se aporta una tabla con los criterios de niveles de servicio para la clasificación anterior de carreteras de dos carriles.

Nivel de servicio	Clase I		Clase II	Clase III
	% tiempo en cola	Velocidad media (km/h)	% tiempo en cola	% velocidad libre
A	≤ 35	> 90	≤ 40	> 91.7
B	$> 35 - 50$	$> 83 - 90$	$> 40 - 50$	$> 83.3 - 91.7$
C	$> 50 - 65$	$> 75 - 83$	$> 55 - 70$	$> 75 - 83.3$
D	$> 65 - 80$	$> 65 - 75$	$> 70 - 85$	$> 66.7 - 75$
E	> 80	≤ 65	> 85	≤ 66.7
F	Cuando se excede la capacidad			

Ilustración 8. Criterios de elección de los niveles de servicio en carreteras de dos carriles (Fuente: HCM 2010)

Antes de comenzar con la determinación del nivel de servicio surge la necesidad de definir tres términos que el manual aporta y son de gran importancia para el cálculo del nivel de servicio.

1. Velocidad media de recorrido (ATS): este parámetro refleja la movilidad en una carretera de dos carriles. Se define como la longitud del tramo de carretera dividido por el tiempo promedio de viaje que cuesta a los vehículos atravesarlo durante un intervalo de tiempo de diseño
2. Porcentaje con velocidad libre (PFFS): hace referencia a la capacidad de circular con velocidad próxima al límite de velocidad establecido y se calcula como el cociente entre la velocidad media de recorrido y la velocidad límite.
3. Porcentaje de tiempo en cola (PTSE): representa la libertad de maniobra, confort y la conveniencia del viaje. Es el porcentaje de tiempo que los vehículos deben viajar en pelotones detrás de los vehículos más lentos debido a la imposibilidad de adelantar, también representa el porcentaje aproximado de vehículos que viajan en pelotón. Debido a que es un parámetro difícil de medir en campo, se aproxima al porcentaje de vehículos con un intervalo inferior a 3 segundos.

5.1. NIVEL DE SERVICIO ACTUAL

En primer lugar, se va a obtener la velocidad en flujo libre con la siguiente ecuación,

$$FFS = BFFS - fls - fa$$

- BFFS = Velocidad de flujo libre base
- fls = factor de sección transversal
- fa = factor de densidad de accesos

La velocidad de flujo libre base es la velocidad esperada sobre la base de las características de la vía de alineamiento horizontal y vertical, ancho de carril y berma y donde no se presenten puntos de acceso a la carretera, por lo tanto, la velocidad de diseño de la vía podría ser un estimador aceptable de esta. Los límites de velocidad pueden no relejar las condiciones actuantes o deseos del conductor, por ello, una estimación apropiada de esta sería tomar la velocidad límite más 16 km/h.

En el caso de la vía es estudio, como no se tiene conocimiento de datos de campo adecuados, se ha decidido tomar el valor de esta como el valor de la velocidad límite más 16 km/h, por tanto, se tiene que BFFS = 96 km/h

La velocidad de flujo libre puede medirse directamente como la velocidad media bajo condiciones de baja demanda, es decir, cuando el flujo vehicular en ambos sentidos es menor o iguala 200 vehículos por hora.

Los coeficientes restantes de la ecuación de la velocidad de flujo libre se obtienen de tablas del propio manual HCM 2010, que se han adjuntado en el apéndice II. El parámetro factor de sección transversal se utiliza con el fin de ajustar el ancho de carril y del arcén, mientras que el segundo de ellos, factor de densidad de accesos sirve para ajustar la densidad de accesos. El objetivo de estos parámetros es reducir la velocidad debido al estrechamiento de la calzada y a la frecuencia de accesos a la misma.

- fls = 10.3, debido a que se tiene un ancho de carril en el intervalo de (2.7 < A < 3) y un ancho de arcén en el intervalo de (0 < a < 0.6)

- fa = 0.22 km/h, se ha determinado mediante una interpolación lineal dado que se tiene un total de 7 accesos a la carretera en la totalidad del recorrido, por tanto, se tiene una densidad de accesos por kilometro de = 7 (accesos)/ 21.4 (km) = 0.33

Por tanto, se tiene una velocidad de flujo libre,

$$FFS = BFFS - fls - fa = 96 - 10.3 - 0.22 = 85.48 \text{ km/h}$$

En segundo lugar, se va a proceder con el cálculo del porcentaje de tiempo en cola, para ello se adjuntan unas tablas donde aparecen los valores tomados para cada parámetro, obtenidos de las tablas del apéndice II, y finalmente la determinación del nivel de servicio en cada sentido. Cabe añadir que se ha tomado un reparto uniforme del tráfico en cada sentido de circulación por ello finalmente se obtiene un mismo nivel de servicio para cada sentido.

ACTUAL				Sentido	Sentido
			TOTAL	Creciente	Decreciente
REPARTO IGUALADO DE TRÁFICO EN AMBOS SENTIDOS DE CIRCULACIÓN					
Intensidad media diraria	IMD	207	104	104	
Intensidad Hora Punta	IHP	22	11	11	
Factor Hora Punta	FHP	0,9	0,9	0,9	
INTENSIDAD DE DEMANDA					
Factor de pendiente	F _{TC}	0,73	0,73	0,73	
% Pesados	% P	30,52	30,52	30,52	
Factor Equivalencia Pesados	E _C	1,9	1,9	1,9	
Factor de Pesados	F _{P,TC}	0,9972	0,9972	0,9972	
Intensidad de Demanda	I _{D,TC}	33,58	16,8	16,8	
% TIEMPO EN COLA BASE					
Coeficiente a	a	-0,0014	-0,0014	-0,0014	
Coeficiente b	b	0,973	0,973	0,973	
% Tiempo en Cola Base	%T _{C,B}	4,19	2,15	2,15	
% TIEMPO EN COLA					
Factor prohibido adelantar	F _{NA,TC}		43,4	43,4	
% Tiempo en Cola	%T _C		23,86	23,86	
Nivel de Servicio				A	A

Ilustración 9. Nivel de Servicio Actual de la CV-345 (Fuente: Elaboración propia)

La IMD y la IHP se han tomado del apartado 3, donde ya se procedió a su cálculo.

El Factor de Hora Punta se obtiene de la siguiente expresión:

$$FHP = \frac{IHP}{4 * I_{15}}$$

La ecuación anterior interpone que el FHP depende del cociente de la IHP respecto de 4 veces la intensidad de tráfico de cuarto de hora más cargado en la hora con mayor volumen de tráfico. A causa de la falta de datos, el HCM 2010 establece determinados valores para el FHP.

- Carretera rural $\rightarrow 0.9$
- Carretera suburbana $\rightarrow 0.95$

En el caso del Factor de Pesados se debe aplicar la siguiente ecuación,

$$F_p = \frac{100}{100 + P_c * (E_c - 1)}$$

Donde,

- $P_c \rightarrow$ Porcentaje de Pesados (apartado 3)
- $E_c \rightarrow$ Factor de Equivalencia de Pesados (tablas del apéndice II)

Una vez obtenidos estos términos, se obtiene la intensidad de demanda,

$$I_{Dl,TC} = \frac{IHP}{FHP * F_{l,TC} * F_{p,TC}}$$

Donde, todos los términos ya son conocidos.

Para seguir con la obtención del % de tiempo en cola, surge la necesidad de obtener el % de tiempo en cola base, el cual viene expuesto en el manual con la siguiente expresión:

$$\%T_{C'B} = 100 * (1 - e^{a * (IDd,TC)^b})$$

Los parámetros a y b se obtienen de las tablas del apéndice II.

Por último, se determina el % de tiempo en cola con el fin de determinar el nivel de servicio de la vía en estudio, el manual HCM 2010 propone la siguiente expresión para el cálculo,

$$\%T_C = \%T_{C'B} + F_{NA,TC} * \frac{I_{Dd',TC}}{I_{Dd,TC} + I_{Do,TC}}$$

Donde,

- $\%T_c \rightarrow$ % Tiempo en Cola Base
- $F_{NA,TC} \rightarrow$ Factor de tramos de prohibido adelantamiento y descompensación entre sentidos.
- $I_{Dd,TC} \rightarrow$ Intensidad de demanda
- $I_{Dd,TC}$ y $I_{Do,TC} \rightarrow$ Intensidades de Demanda sentido de circulación del estudio y sentido de circulación opuesto respectivamente.

5.2. NIVEL DE SERVICIO AÑO DE PUESTA EN SERVICIO

En el caso de la determinación del nivel de servicio para el año de puesta en servicio (2022) se va a operar de la misma forma que en el apartado 5.1., se adjunta tabla de resultados.

AÑO PUESTA EN SERVICIO			TOTAL	Sentido Creciente	Sentido Decreciente
REPARTO IGUALADO DE TRÁFICO EN AMBOS SENTIDOS DE CIRCULACIÓN					
Intensidad media diraria	IMD	220	110	110	
Intensidad Hora Punta	IHP	23	12	12	
Factor Hora Punta	FHP	0,9	0,9	0,9	
INTENSIDAD DE DEMANDA					
Factor de pendiente	FTC	0,73	0,73	0,73	
% Pesados	% P	30,91	30,91	30,91	
Factor Equivalencia Pesados	Ec	1,9	1,9	1,9	
Factor de Pesados	FP,TC	0,997	0,997	0,997	
Intensidad de Demanda	ID,TC	35,11	18,32	18,32	
% TIEMPO EN COLA BASE					
Coeficiente a	a	-0,0014	-0,0014	-0,0014	
Coeficiente b	b	0,973	0,973	0,973	
% Tiempo en Cola Base	$\%T_{c,b}$	4,4	2,343	2,343	
% TIEMPO EN COLA					
Factor prohibido adelantar	$F_{NA,TC}$		43,4	43,4	
% Tiempo en Cola	$\%T_c$		25	25	
Nivel de Servicio				A	A

Ilustración 10. Nivel de Servicio Año de Puesta en Servicio de la CV-345 (Fuente: Elaboración propia)

5.3. NIVEL DE SERVICIO AÑO HORIZONTE

En este caso se va a determinar de la misma forma que en el caso del apartado 5.1., para el año horizonte, 2042. Se adjunta tabla Excel de obtención del mismo.

AÑO HORIZONTE			TOTAL	Sentido Creciente	Sentido Decreciente
REPARTO IGUALADO DE TRÁFICO EN AMBOS SENTIDOS DE CIRCULACIÓN					
Intensidad media diaria	IMD	293	147	147	
Intensidad Hora Punta	IHP	31	16	16	
Factor Hora Punta	FHP	0,9	0,9	0,9	
INTENSIDAD DE DEMANDA					
Factor de pendiente	F _{TC}	0,73	0,73	0,73	
% Pesados	% P	31,05	31,05	31,05	
Factor Equivalencia Pesados	E _c	1,9	1,9	1,9	
Factor de Pesados	F _{P,TC}	0,9972	0,9972	0,9972	
Intensidad de Demanda	I _{D,TC}	47,32	24,42	24,42	
% TIEMPO EN COLA BASE					
Coeficiente a	a	-0,0014	-0,0014	-0,0014	
Coeficiente b	b	0,973	0,973	0,973	
% Tiempo en Cola Base	%T _{c,B}	5,8	3,09	3,09	
% TIEMPO EN COLA					
Factor prohibido adelantar	F _{NA,TC}		43,4	43,4	
% Tiempo en Cola	%T _c		25,49	25,49	
Nivel de Servicio				A	A

Ilustración 11. Nivel de Servicio Año Horizonte de la CV-345 (Fuente: Elaboración propia)

6. CAPACIDAD DE LA VÍA

Un estudio de la capacidad de un sistema vial se puede definir como un estudio cuantitativo y cualitativo, el cual permite evaluar la suficiencia y la calidad del servicio ofrecido por el sistema a los usuarios.

Según el Highway Capacity Manual la capacidad de una vía es el máximo número de vehículos que razonablemente pueden pasar por una intersección durante un intervalo de tiempo dado, normalmente una hora, bajo las condiciones de la infraestructura vial, del tránsito y de los dispositivos de control.

Como ya se comentó al comienzo del apartado 5, el manual establece una serie de condiciones ideales para las carreteras convencionales, dado que las posibilidades de que una carretera cumpla todas las condiciones se considera bastante escaso, el propio manual expone una expresión, la cual esta formada por una serie de coeficientes cuya función es corregir las desviaciones del patrón de carretera convencional del HCM 2010.

$$C_V = 1700 * F_i * F_{P,TC}$$

Donde,

- F_i = factor de pendiente del % de tiempo en cola
- $F_{P,TC}$ = factor de pesados

El manual añade que no se debe superar el límite teórico de capacidad de vía de 3200 vehículos/hora en los dos sentidos.

En las siguientes tablas se adjunta la determinación de la capacidad de la vía CV-345, actual, en el año de puesta en servicio y en el año horizonte, en función de los dos parámetros anteriores que ya fueron calculados en sus respectivos subapartados del apartado 5.

CAPACIDAD ACTUAL VÍA (veh/h)		
Parámetros		
F_i	0,73	1238,00
$F_{P,TC}$	0,9972	

Ilustración 12. Capacidad actual de la vía (Fuente: Elaboración propia)

CAPACIDAD AÑO DE PUESTA EN SERVICIO VÍA (veh/h)		
Parámetros		
F_i	0,73	1238,00
$F_{P,TC}$	0,997	

Ilustración 13. Capacidad de la vía en el año de puesta en servicio (2022) (Fuente: Elaboración propia)

ESTUDIO DE ALTERNATIVAS PARA EL ACONDICIONAMIENTO DE LA CV-345 A SU PASO POR LOS
MUNICIPIOS DE HIGUERUELAS Y LA YESA (VALENCIA)

CAPACIDAD AÑO HORIZONTE VÍA (veh/h)		
Parámetros		
Fi	0,73	1238,00
Fp,TC	0,9972	

Ilustración 14. Capacidad de la vía en el año horizonte (2042) (Fuente: Elaboración propia)

APÉNDICE I: ESTACIONES DE AFORO AFINES

En el presente apéndice se pretende exponer las características de las estaciones afines a la de la CV-345, al tratarse esta de una estación de cobertura. De esta manera se complementa el apartado 2 del presente anejo, donde es tratado este tema.

Código:	345030	Tipo estación:	Primaria	PK aforo:	13,50	PK inicial:	12,75
Tramo:	De CV-341 a Higuieruelas			Longitud tramo:	6,25	PK final:	19,00
IMD: 1.229 vh/d							
Pesados: 11,55 %				Motos: 1,06 %			
Int-reg Lab (vh/d): 1.329		Pesados-Lab (vh/d): 194		Motos-Lab (vh/d): 7		Datos Históricos	
Int-reg Fes (vh/d): 980		Pesados-Fes (vh/d): 11		Motos-Fes (vh/d): 31			
Aforo		feb	abr	jun	sep	oct	dic
ID (vh/d):		1.030	1.171	1.379	1.541	1.197	1.056
ID motos:		1	13	20	7	23	9
% pesados:		10,78 %	13,32 %	12,26 %	8,70 %	13,20 %	11,27 %
IMD-2016:		1.207	-	%Pesados:		10,69	
IMD-2015:		1.190	-	%Pesados:		13,45	
IMD-2014:		1.153	-	%Pesados:		17,95	
IMD-2013:		979	-	%Pesados:		12,16	
IMD-2012:		1.077	-	%Pesados:		19,22	
IMD-2011:		1.616	-	%Pesados:		18,75	
OBSERVACIONES							
-							

Ilustración 15. Estación de aforo CV-341 Libro de Aforos (www.dival.es)

En la tabla anterior se muestran los aspectos relevantes de la primera estación afín, situada hacia el sureste del término municipal de Higuieruelas. Cabe destacar que dicha estación cuenta con un volumen de tráfico elevado respecto al de la estación propia de la CV-345, pero es la única que se encuentra próxima a la vía y de carácter primario.

CV-350 LA YESA A ARAS DE LOS OLMOS (Por Losilla de Aras).							Demarcación: Villar				
Código: 350010		Tipo estación: Secundaria		PK aforo: 1,00		PK inicial: 0,00					
Tramo: La Yesa a CV-354				Longitud tramo: 4,80		PK final: 4,80					
IMD: 169 vh/d							Pesados: 31,15 %		Motos: 0,55 %		
Int-reg Lab (vh/d): 183		Pesados-Lab (vh/d): 57		Motos-Lab (vh/d): 1		Datos Históricos					
Int-reg Fes (vh/d): -		Pesados-Fes (vh/d): -		Motos-Fes (vh/d): -							
Aforo		feb	abr	jun	ago	oct	dic				
ID (vh/d):		151	150	198	271	174	156				
ID motos:		1	-	0	1	1	-				
% pesados:		30,46 %	23,33 %	30,81 %	27,68 %	33,91 %	41,67 %				
OBSERVACIONES											
-											

Ilustración 16. Estación de aforo CV-350 Libro de Aforos (www.dival.es)

En la ilustración 4, se muestran las características de la segunda estación de aforo afín, situada al norte de La Yesa. La presente estación de aforo es de carácter secundario y cuenta con una IMD similar al de la estación afín tomada como referencia (IMD = 207 v/d), con un porcentaje de pesados similar entre ambas.

A continuación, se adjunta el mapa de tráfico de 2016, tomado de referencia para deducir las estaciones de aforo afines.

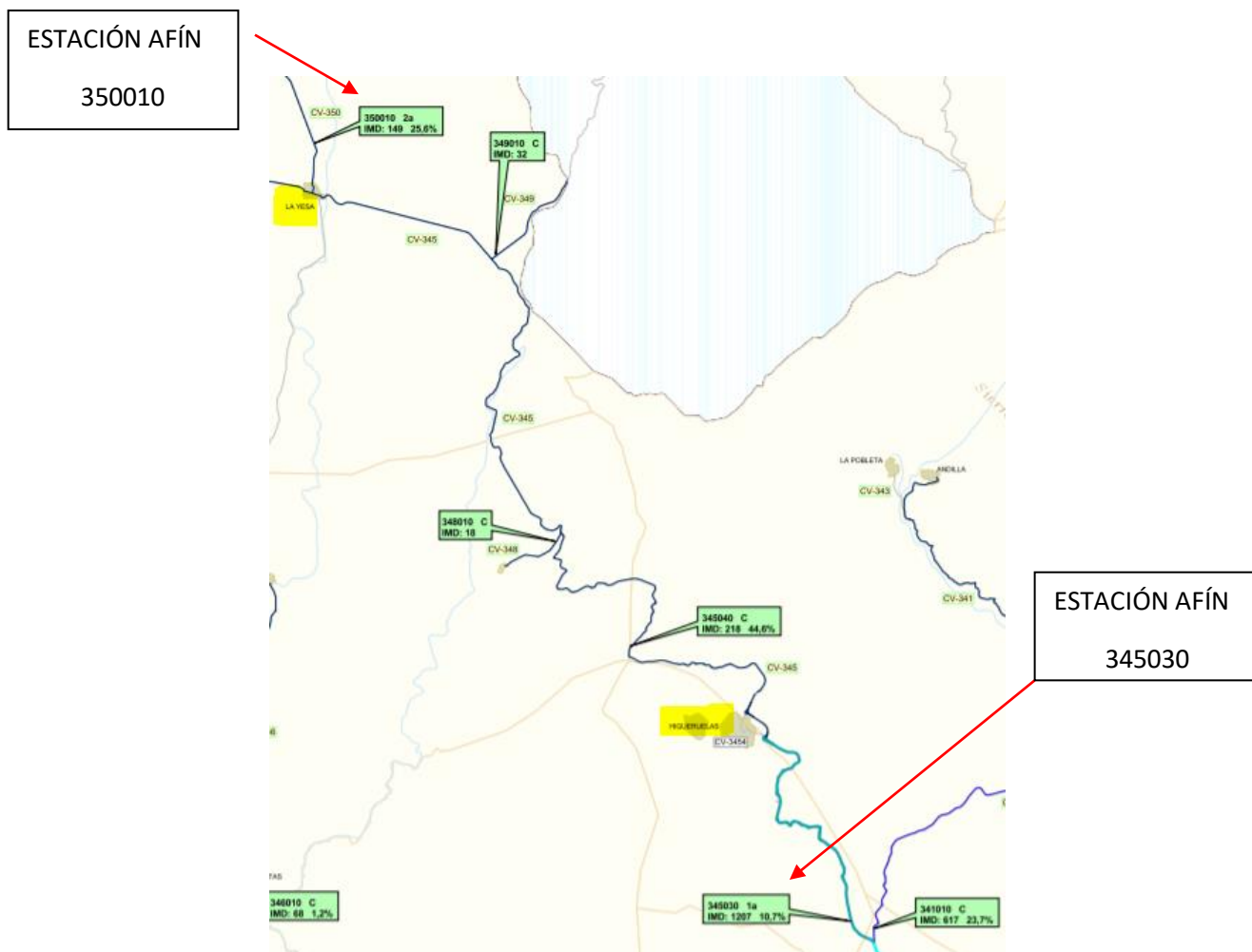


Ilustración 17. Mapa de tráfico 2016 CITMA (www.gva.es)

APÉNDICE II: TABLAS PARA EL CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO

En este apartado se pretenden añadir las tablas necesarias para el cálculo de nivel de servicio según el manual HCM 2010.

Factor de sección transversal (fst) para velocidad en flujo libre				
Anchura de carril	Anchura de arcén			
	0<a<0,6	0,6<a<1,2	1,2<a<1,8	a> 1,8
2,7 <A< 3	10,3	7,7	5,6	3,5
3 <A< 3,3	8,5	6	3,9	1,8
3,3 <A< 3,6	7,6	4,8	2,7	0,6
A> 3,6	6,8	4,2	2,1	0

Ilustración 18. Factor de sección transversal para el cálculo de la velocidad en flujo libre (Fuente: Elaboración propia de los valores del HCM 2010)

Factor densidad de accesos (Fa) para velocidad en flujo libre	
Densidad de accesos (nº accesos/km)	reducción de la velocidad libre (km/h)
0	0
6	4
12	8
18	12
>25	16

Ilustración 19. Factor de densidad de accesos para el cálculo de velocidad en flujo libre (Fuente: Elaboración propia de los valores del HCM 2010)

Factor de equivalencia de Camiones (Ec) para velocidad en flujo libre			
Tipo de Vehículos	Intensidad direccional (tur/h)	Perfil Longitudinal	
		Pendiente específico o llano	Ondulado
Camiones	< 100	1,9	2,7
	200	1,5	2,3
	300	1,4	2,1
	400	1,3	2
	500	1,2	1,8
	600	1,1	1,7
	700	1,1	1,6
	800	1,1	1,4
	> 900	1	1,3

Ilustración 20. Factor de equivalencia de pesados para el cálculo de velocidad en flujo libre (Fuente: Elaboración propia de los valores del HCM 2010)

Factor pendiente ($F_{I,TC}$) para % de tiempo en cola		
Intensidad direccional (veh/h)	Perfil longitudinal	
	Ondulado	Llano o pendiente específica
< 100	0,73	1
200	0,8	2
300	0,85	3
400	0,9	4
500	0,96	5
600	0,97	6
700	0,99	7
800	1	8
> 900	1	9

Ilustración 21. Factor de pendiente para calcular el % de tiempo en cola (Fuente: Elaboración propia de los valores del HCM 2010)

Factor Equivalencia de Camiones (E_c) para % de tiempo en cola			
Tipo de Vehículos	Intensidad direccional (tur/h)	Perfil Longitudinal	
		Pendiente específica o llano	Ondulado
Camiones	< 100	1,1	1,9
	200	1,1	1,8
	300	1,1	1,7
	400	1,1	1,6
	500	1,0	1,4
	600	1,0	1,2
	700	1,0	1,0
	800	1,0	1,0
	≥ 900	1,0	1,0

Ilustración 22. Factor de equivalencia de pesados para calcular el % de tiempo en cola (Fuente: Elaboración propia de los valores del HCM 2010)

ESTUDIO DE ALTERNATIVAS PARA EL ACONDICIONAMIENTO DE LA CV-345 A SU PASO POR LOS MUNICIPIOS DE HIGUERUELAS Y LA YESA (VALENCIA)

Coefficientes a y b para el % de tiempo en cola		
Intensidad en la dirección opuesta, I_{do} (tur/h)	Coefficiente a	Coefficiente b
< 200	-0.0014	0.973
400	-0.0022	0.923
600	-0.0033	0.87
800	-0.0045	0.833
1000	-0.0049	0.829
1200	-0.0054	0.825
1400	-0.0058	0.821
≥ 1600	-0.0062	0.817

Ilustración 23. Valor coeficientes a y b para calcular el % de tiempo en cola (Fuente: Elaboración propia de los valores del HCM 2010)

Factor prohibido adelantar y descompensación de sentidos (F_{NA,TC}) para cálculo de % tiempo en cola						
Intensidad, I_T (tur/h)	Tramos prohibición de adelantamiento (%)					
	0	20	40	60	80	100
Descomposición de sentidos 50/50						
< 200	9,0	29,2	43,4	49,4	51,0	52,6
400	16,2	41,0	54,2	61,6	63,8	65,8
600	15,8	38,2	47,8	53,2	55,2	56,8
800	15,8	33,8	40,4	44,0	44,8	46,6
1400	12,8	20,0	23,8	26,2	27,4	28,6
2000	10,0	13,6	15,8	17,4	18,2	18,8
2600	5,5	7,7	8,7	9,5	10,1	10,3
3200	3,3	4,7	5,1	5,5	5,7	6,1

Ilustración 24. F_{NA,TC} para calcular el % de tiempo en cola (Fuente: Elaboración propia de los valores del HCM 2010)