



**Escola de Camins**

Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de Camins, Canals i Ports  
UPC BARCELONATECH

## Estudio del tráfico de las carreteras de la Diputació de Barcelona en la comarca del Garraf

Treball realitzat per:

**Andoni Bengoetxea Artetxe**

Dirigit per:

**Eduardo Fernández de Villalta Ferrer-Dalmau**

Grau en:

**Enginyeria Civil**

Barcelona, gener 2017

Departament d'Infraestructura del Transport i del Territori

**TREBALL FINAL DE GRAU**



## RESUMEN

Este estudio se basa en el análisis del estado del tráfico de cuatro tramos de carretera pertenecientes a la red de la Diputació de Barcelona que transcurren por la comarca del Garraf y que sirven de nexo entre Vilanova i la Geltrú y sus localidades colindantes. Se trata de carreteras que soportan un tráfico bastante elevado en relación a sus características físicas limitadas.

En primer lugar se calcula, a partir de los datos proporcionados por aforos, el estado actual del tráfico en estas vías en base a un parámetro principal: el nivel de servicio. También se tiene en cuenta la velocidad media de recorrido como indicador adicional del comportamiento del tráfico en los tramos analizados.

A continuación se efectúan prognosis con el objetivo de estimar la evolución del tráfico en años futuros. Se han empleado tres métodos de prognosis diferentes, basados bien en la evolución de las intensidades de tráfico durante los años previos, o bien en el crecimiento del parque de vehículos de la comarca, que se llevan a cabo con el objetivo de evaluar el estado del tráfico en los escenarios futuros.

Teniendo en cuenta que la normativa de trazado establece un nivel de servicio mínimo en función de las características de una carretera, en aquellos casos en los que no se dé una situación peor al mínimo exigido se calcula el tiempo que debe transcurrir hasta que esto suceda.

Tanto para el caso inicial como para los años futuros, así como para el momento en el que se alcance una situación peor al mínimo exigido, se vuelve a analizar el estado de tráfico con el objetivo de evaluar la efectividad de dos propuestas de mejora planteadas: La ampliación de la sección transversal de la calzada y el desdoblamiento a carretera de dos carriles por sentido.

Tras la realización de este estudio se pretende ser capaz de, en primer lugar identificar si los tramos de carretera analizados presentan situaciones de tráfico no aceptables, sea en el momento actual o sea en años futuros, y en segundo lugar evaluar las medidas de mejora propuestas en función de su efectividad y su coste.

## ABSTRACT

This bachelor thesis is based on the analysis of the traffic's state of four road sections belonging to the Barcelona Provincial Council's network which pass by the Garraf region and link Vilanova i la Geltrú with its adjacent towns. Those roads support a relatively big traffic considering their limited physical characteristics.

First of all the current state of the traffic in those roads is calculated from data provided by traffic gauges and based on a main parameter: The level of service. The average velocity is also considered as an additional indicator of the behavior of the analyzed sections.

Then prognoses are developed with the objective of predicting the evolution of the traffic in future years. Three different methods have been employed, based on the evolution of the traffic intensities during the previous years or on the growing of the stock of vehicles in the region, with the aim of evaluating the traffic on future scenarios.

Considering that the regulation on the design of the roads establishes a minimum level of service depending on the characteristics of a road, in those cases on which a worst situation than the minimum required doesn't take place, the time that must pass until this situation happens is calculated.

Both for the initial case and the future years, as well as for the moment on which a worst situation then the minimum required is reached, the state of the traffic is recalculated with the goal of evaluating the effectiveness of two proposals of improvement that are outlined: The enlargement of the transversal section of the road and the extension to a 2 lanes in each direction road.

After the execution of this study it's expected to be able, first to identify if the analyzed road sections present unacceptable traffic situations, in the current or in future years, and then to evaluate the proposed improvement measures in function of their effectiveness and their cost.

# ÍNDICE

1 INTRODUCCIÓN .....	11
2 DEFINICIÓN DEL CASO DE ESTUDIO .....	12
2.1 DESCRIPCIÓN DEL CASO INICIAL .....	12
2.2 DEFINICIÓN DE LOS OBJETIVOS .....	20
3 METODOLOGÍA .....	21
3.1 CÁLCULO DE LOS NIVELES DE SERVICIO .....	21
3.1.1 VARIABLES FUNDAMENTALES DEL TRÁFICO .....	21
3.1.2 CAPACIDAD .....	23
3.1.3 NIVELES DE SERVICIO .....	23
3.1.4 CARRETERAS DE CLASE I Y CLASE II .....	24
3.1.5 CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO EN CARRETERAS DE DOS CARRILES .....	25
3.1.6 CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO EN CARRETERAS MULTICARRIL .....	31
3.1.7 NIVELES DE SERVICIO MÍNIMOS .....	34
3.2 OBTENCIÓN DE DATOS .....	36
3.3 PROGNOSIS DE TRÁFICO .....	39
3.3.1 MÉTODO DE CRECIMIENTO LINEAL DEL TRÁFICO .....	39
3.3.2 MÉTODO DE CRECIMIENTO LINEAL DEL PARQUE DE VEHÍCULOS .....	40
3.3.3 MÉTODO DE LOS FACTORES DE CRECIMIENTO .....	40
4 CÁLCULOS CASO INICIAL .....	42
4.1 DATOS DEL CASO INICIAL .....	42
4.2 NIVELES DE SERVICIO EN EL CASO INICIAL .....	43
4.3 INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS .....	53
5 PROGNOSIS DE TRÁFICO INICIAL .....	54
5.1 MÉTODO DE CRECIMIENTO LINEAL DEL TRÁFICO .....	54
5.2 MÉTODO DE CRECIMIENTO LINEAL DEL PARQUE DE VEHÍCULOS .....	57
5.3 MÉTODO DE LOS FACTORES DE CRECIMIENTO .....	60
5.4 INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS .....	63
6 CASO FUTURO .....	66
6.1 NIVELES DE SERVICIO EN 5 AÑOS .....	67
6.2 NIVELES DE SERVICIO EN 10 AÑOS .....	73
6.3 INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS .....	79
6.4 TIEMPO HASTA SUPERAR LOS NIVELES DE SERVICIO MÍNIMOS .....	81
7 PROPUESTAS DE MEJORA DE LOS TRAMOS EXISTENTES .....	83
7.1 AMPLIACIÓN DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL .....	83
7.2 DESDOBALIENTO DE LA CARRETERA .....	84
8 NUEVOS NIVELES DE SERVICIO .....	85
8.1 AMPLIACIÓN DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL .....	85
8.1.1 NIVELES DE SERVICIO EN EL AÑO INICIAL .....	85
8.1.2 NIVELES DE SERVICIO EN EL AÑO 10 .....	88

8.1.3 NIVELES DE SERVICIO EN EL AÑO HORIZONTE.....	90
8.2 DESDOBLAMIENTO DE LA CARRETERA.....	91
8.2.1 NIVELES DE SERVICIO EN EL AÑO INICIAL .....	91
8.2.2 NIVELES DE SERVICIO EN 10 AÑOS.....	96
8.2.3 NIVELES DE SERVICIO EN EL AÑO HORIZONTE.....	101
8.2.4 TIEMPO NECESARIO HASTA SUPERAR LOS NIVELES DE SERVICIO MÍNIMOS.	107
8.3 INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	109
9 CONCLUSIONES .....	112
9.1 ACLARACIÓN.....	112
9.2 CONCLUSIONES SOBRE LOS TRAMOS ANALIZADOS.....	113
9.3 COCLUSIONES EXTRAPOLABLES A CUALQUIER CARRETERA .....	114
BIBLIOGRAFIA.....	117
ANEJOS .....	119
1 ESTACIONES.....	119
1.1 Estación EA00680.....	119
1.2 Estación EA00748.....	121
1.3 Estación EA00746.....	123
1.4 Estación EA00230.....	125
1.5 Estación EA00231.....	127
1.6 Estación EA00675.....	129
1.7 Imágenes de las estaciones .....	131
2 TRAMOS .....	133
2.1 BV-2115 - Tramo PK 0,480 a 0,975:.....	133
2.2 C-246a - Tramo PK 45,715 a 48,280:.....	134
2.3 C-246a - Tramo PK 38,490 a 40,880:.....	136
2.4 BV-2113 - Tramo PK 0,490 a 2,360:.....	138

## INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Autopista C-32 a la altura del PK 18.....	13
Ilustración 2: Esquema del ramal sur de la autopista C-32.....	13
Ilustración 3: Carretera C-31 a la altura del PK 152 .....	14
Ilustración 4: Las carreteras C-32, C-31 y C-15 a su paso por los alrededores de Vilanova i la Geltrú .....	14
Ilustración 5: Primer kilómetro de recorrido de la carretera C-15 .....	15
Ilustración 6: Carretera C-246a cerca del PK 47.....	16
Ilustración 7: Plano del primer tramo estudiado de la carretera C-246a.....	16
Ilustración 8: Carretera C-246a cerca del PK 40.....	17
Ilustración 9: Plano del segundo tramo estudiado de la carretera C-246a.....	17
Ilustración 10: Carretera BV-2113 a la altura del PK 2.....	18
Ilustración 11: Plano del tramo estudiado de la carretera BV-2113 .....	18
Ilustración 12: Carretera BV-2115 a la altura del PK 1.....	19
Ilustración 13: Plano del tramo estudiado de la carretera BV-2115 .....	19
Ilustración 14: Relación velocidad-intensidad .....	22
Ilustración 15: Niveles de servicio asociados a las curvas velocidad-intensidad .....	24
Ilustración 16: Filmación durante la hora punta a la altura de las estaciones EA00748 y EA00746 .....	36
Ilustración 17: Mejora de la velocidad media de recorrido mediante la ampliación de la sección transversal para cada tramo en km/h .....	110
Ilustración 18: Mejora de la velocidad media de recorrido mediante el desdoblamiento para cada tramo en km/h.....	111
Ilustración 20: Filmación durante la hora punta a la altura de las estaciones EA00680 y EA00748 .....	131
Ilustración 21: Filmación durante la hora punta a la altura de las estaciones EA00746 y EA00230 .....	131
Ilustración 22: Filmación durante la hora punta a la altura de las estaciones EA00231 y EA00675 .....	132

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tipos de relieve en función de la inclinación media .....	25
Tabla 2: Factores de ajuste por anchura del carril.....	26
Tabla 3: Factores de ajuste por número de accesos.....	27
Tabla 4: Factores de equivalencia del terreno según la velocidad media de recorrido .....	27
Tabla 5: Factores de equivalencia del terreno según el porcentaje de tiempo de demora.....	27
Tabla 6: Factores de equivalencia en vehículos ligeros según la velocidad media de recorrido....	28
Tabla 7: Factores de equivalencia en vehículos ligeros según el porcentaje de tiempo de demora .....	28
Tabla 8: Factor de ajuste por efecto de las zonas con prohibido adelantar .....	29
Tabla 9: Factores de ajuste por efecto del reparto entre sentidos y de las zonas con prohibido adelantar.....	30
Tabla 10: Niveles de servicio en carreteras de clase I .....	30
Tabla 11: Niveles de servicio en carreteras de clase II .....	31
Tabla 12: Factores de ajuste por anchura del carril.....	32
Tabla 13: Factores de ajuste por distancia a los obstáculos laterales .....	32
Tabla 14: Factor de ajuste por número de carriles de la calzada .....	32
Tabla 15: Factor de ajuste por separación entre enlaces .....	33
Tabla 16: Factor de equivalencia E en vehículos ligeros.....	33
Tabla 17: Niveles de servicio según la densidad equivalente.....	34
Tabla 18: Relació velocidad de proyecto.radio mínimo-peralte máximo .....	35
Tabla 19: Nivel de servicio mínimo en carreteras convencionales y multicarril en función de la intensidad de proyecto.....	35
Tabla 20: Estaciones de aforo de los tramos de estudio .....	37
Tabla 21: Valores normales y excavaciones del coeficiente L.....	41
Tabla 22: Valores del factor de inducción al tráfico .....	41
Tabla 23: Datos relacionados con las características del tráfico en las estaciones analizadas .....	42
Tabla 24: Datos relacionados con las propiedades de las vías de circulación .....	42
Tabla 25: Resumen de los cálculos y nivel de servicio obtenido en el tramo de la carretera BV-2215 en el estado inicial.....	44
Tabla 26: Resumen de los cálculos y nivel de servicio obtenido en el primer tramo de la carretera C-246a en el estado inicial.....	46
Tabla 27: Resumen de los cálculos y nivel de servicio obtenido en el segundo tramo de la carretera C-246a.....	48
Tabla 28: Resumen de los cálculos y nivel de servicio obtenido para el tramo de la carretera BV-2113.....	52
Tabla 29: Datos asociados a aforos de años anteriores en la estación EA00680 .....	54
Tabla 30: Datos asociados a aforos de años anteriores en la estación EA00748 .....	54
Tabla 31: Datos asociados a aforos de años anteriores en la estación EA00746 .....	55
Tabla 32: Datos asociados a aforos de años anteriores en la estación EA00675 .....	55
Tabla 33: Evolución del parque de vehículos en la comarca del Garraf .....	57
Tabla 34: Estimación del parque de vehículos en años futuros.....	57
Tabla 35: Resultados de las IMD en vehículos/día de los diferentes métodos de pronosis a 5 años vista .....	63
Tabla 36: Resultados de las IMD en vehículos/día de los diferentes métodos de pronosis a 10 años vista .....	63
Tabla 37: Resultados de las IP en vehículos/hora de los diferentes métodos de pronosis a 5 años vista .....	63
Tabla 38: Resultados de las IP en vehículos hora de los diferentes métodos de pronosis a 10 años vista .....	63
Tabla 39: Resultados escogidos de las IMD en vehículos día y de las IP en vehículos/hora resultantes de la pronosis a 5 y 10 años vista.....	65
Tabla 40: Resumen de los cálculos y nivel de servicio obtenido para el tramo de carretera BV-2115 en 5 años .....	68
Tabla 41: Resumen de los cálculos y nivel de servicio obtenido para el primer tramo de la carretera C-246a en 5 años .....	69



Tabla 42: Resumen de los cálculos y nivel de servicio obtenido para el segundo tramo de la carretera C-246a en 5 años .....	71
Tabla 43: Resumen de los cálculos y nivel de servicio obtenido para el tramo de la carretera BV-2113 en 5 años .....	72
Tabla 44: Resumen de los cálculos y nivel de servicio obtenido para el tramo de la carretera BV-2115 en 10 años .....	74
Tabla 45: Resumen de los cálculos y nivel de servicio obtenido para el primer tramo de la carretera C-246a en 10 años .....	75
Tabla 46: Resumen de los cálculos y nivel de servicio obtenido para el segundo tramo de la carretera C-246a en 10 años .....	77
Tabla 47: Resumen de los cálculos y nivel de servicio obtenido para el tramo de la carretera BV-2113 en 10 años .....	78
Tabla 48: Niveles de servicio para el estado inicial y los estados futuros .....	79
Tabla 49: Velocidad media de recorrido en km/h para el estado inicial y los estados futuros .....	79
Tabla 50: Valores de la velocidad de proyecto para cada tramo .....	79
Tabla 51: Dimensiones de la sección transversal para carreteras convencionales en función de la velocidad de proyecto).....	83
Tabla 52: Dimensiones de la sección transversal para carreteras multicarril en función de la velocidad de proyecto .....	84
Tabla 53: Resumen de los cálculos y nivel de servicio para el tramo de la carretera BV-2115 desdoblado en el año inicial.....	92
Tabla 54: Resumen de los cálculos y nivel de servicio para el primer tramo de la carretera C-246a desdoblado en el año inicial.....	93
Tabla 55: Resumen de los cálculos y nivel de servicio para el segundo tramo de la carretera C-246a desdoblado en el año inicial .....	94
Tabla 56: Resumen de los cálculos y resultado nivel de servicio para el tramo de la carretera BV-2113 desdoblado en el año inicial .....	96
Tabla 57: Resumen de los cálculos y nivel de servicio para el tramo de la carretera BV-2115 desdoblado en 10 años.....	97
Tabla 58: Resumen de los cálculos y nivel de servicio para el primer tramo de la carretera C-246a desdoblado en 10 años.....	98
Tabla 59: Resumen de los cálculos y nivel de servicio para el segundo tramo de la carretera C-246a desdoblado en 10 años.....	100
Tabla 60: Resumen de los cálculos y nivel de servicio para el tramo de la carretera BV-2113 desdoblado en 10 años.....	101
Tabla 61: Resumen de los calculos y nivel de servicio para el tramo de la carretera BV-2115 desdoblado en el año horizonte .....	102
Tabla 62: Resumen de los calculos y nivel de servicio para el primer tramo de la carretera C-246a desdoblado en el año horizonte .....	104
Tabla 63: Resumen de los cálculos y nivel de servicio para el segundo tramo de la carretera C-246a desdoblada en el año horizonte .....	105
Tabla 64: Resumen de los cálculos y nivel de servicio para el tramo de la carretera BV-2113 desdoblada en el año horizonte .....	106
Tabla 65: Niveles de servicio para cada tramo en función del tiempo y de las mejoras aplicadas .....	109
Tabla 66: Velocidad media de recorrido para cada tramo en función del tiempo y de las mejoras aplicadas .....	109
Tabla 67: Años necesarios para alcanzar la capacidad de los diferentes tramos en función de las mejoras aplicadas .....	110
Tabla 68: Datos asociados al último aforo efectuado en la estación EA00680.....	119
Tabla 69: Intensidades medidas durante cada minuto de la hora punta de la estación EA00680.....	120
Tabla 70: Reparto entre sentidos medido durante la hora punta de la estación EA00680.....	120
Tabla 71: Datos asociados al último aforo efectuado en la estación EA00748.....	121
Tabla 72: Intensidades medidas durante cada minuto de la hora punta de la estación EA00748.....	122
Tabla 73: Reparto entre sentidos medidos durante la hora punta de la estación EA00748.....	122
Tabla 74: Datos asociados al último aforo efectuado en la estación EA00746.....	123
Tabla 75: Intensidades medidas durante cada minuto de la hora punta de la estación EA00746.....	124

Tabla 76: Reparto entre sentidos medido durante la hora punta de la estación EA00746.....	124
Tabla 77: Datos asociados al último aforo efectuado en la estación EA00230.....	125
Tabla 78: Intensidades medidas durante cada minuto de la hora punta de la estación EA00230	126
Tabla 79: Reparto entre sentido medido durante la hora punta de la estación EA00230 .....	126
Tabla 80: Datos asociados al último aforo efectuado en la estación EA0023.....	127
Tabla 81: Intensidades medidas durante cada minuto de la hora punta de la estación EA00231	128
Tabla 82: Reparto entre sentidos medido durante la hora punta de la estación EA00231.....	128
Tabla 83: Datos asociados al último aforo efectuado en la estación EA00675.....	129
Tabla 84: Intensidades medidas durante cada minuto de la hora punta de la estación EA00675	130
Tabla 85: Reparto entre sentidos medido durante la hora punta de la estación EA00675.....	130
Tabla 86: Características geométricas del tramo de la carretera BV-2115.....	133
Tabla 87: Contabilización y localización de los accesos en el tramo de la carretera BV-2115.....	133
Tabla 88: Características geométricas del primer tramo de la carretera C-246a .....	135
Tabla 89: Contabilización y localización de los accesos en el primer tramo de la carretera C-246a .....	135
Tabla 90: Características geométricas del segundo tramo de la carretera C-246a.....	137
Tabla 91: Contabilización y localización de los accesos en el segundo tramo de la carretera C-246a.....	137
Tabla 92: Características geométricas del tramo de la carretera BV-2113.....	138
Tabla 93: Contabilización y localización de los accesos en el tramo de la carretera BV-2113.....	139

# 1 INTRODUCCIÓN

La ingeniería de tráfico se define como la rama de la ingeniería civil que trata sobre el planeamiento, el diseño y el funcionamiento de las vías de circulación, con el objetivo de conseguir que la circulación de los vehículos se desarrolle de la forma más segura, más cómoda y más eficaz posible.

Esta disciplina surge en Estados Unidos durante los años 20 del siglo pasado cuando, debido al aumento del índice de motorización, aparecen los primeros problemas creados por la acumulación de vehículos y la dificultad de circular por algunas calles y carreteras. En España la ingeniería del tráfico no toma importancia hasta los años 70, cuando había un vehículo por cada siete habitantes.

En el año 1990 el parque nacional de vehículos estaba formado por cerca de 15,5 millones de vehículos, mientras que según la última publicación (2016) hoy lo constituyen más de 32 millones de vehículos. Esto significa que en menos de 30 años el número total de vehículos se ha duplicado, con las consecuentes afectaciones sobre el tráfico. Desde la llegada de los primeros coches, el crecimiento del parque de vehículos ha sido mucho mayor que el crecimiento de la población; En el mismo período de 1990 hasta 2016 la población ha crecido de 38,8 a 46,4 millones de habitantes, por lo que nos encontramos cada vez con mayores índices de motorización. Teniendo en cuenta estos ritmos de crecimiento se puede prever que los problemas relacionados con el tráfico serán más recurrentes con el paso del tiempo.

A menudo los principales estudios de ingeniería de tráfico se centran en las vías principales pertenecientes a la Red de Carreteras del Estado o las diferentes redes autonómicas, autovías, autopistas y carreteras que unen las capitales provinciales y principales ciudades del país. Sin embargo una parte muy destacable de los desplazamientos que se efectúan todos los días tienen lugar en carreteras secundarias, pertenecientes normalmente a las redes provinciales o municipales.

Estas carreteras son fundamentales para articular los desplazamientos entre poblaciones vecinas. Muchas personas se desplazan diariamente entre poblaciones vecinas, normalmente desde poblaciones pequeñas y núcleos aislados hacia poblaciones más importantes, para acudir a sus lugares de trabajo, centros de estudio, centros de salud, comercios, servicios, etc.

Pese a su papel destacable como vertebradoras del territorio, muchas veces el trazado de estas carreteras ha sido diseñado siguiendo antiguos caminos y calzadas que se utilizaban para conectar pueblos y ciudades que ya existían mucho antes de la llegada de los vehículos motorizados. Además en muchos casos el dimensionamiento de éstas vías se han llevado a varias décadas, cuando la realidad del tráfico existente era muy diferente a la actual. No son pocas las carreteras de éste tipo que alcanzan intensidades de tráfico superiores a los 10.000 vehículos diarios.

Por éstos motivos y con la intención de dar más relevancia a las carreteras secundarias, este estudio se centra en el análisis de diferentes tramos de carreteras pertenecientes a la red de la Diputació de Barcelona que unen las principales poblaciones de la comarca del Garraf, con el objetivo de evaluar el estado del tráfico, identificar posibles deficiencias y proponer mejoras si fuera necesario.

## 2 DEFINICIÓN DEL CASO DE ESTUDIO

### 2.1 DESCRIPCIÓN DEL CASO INICIAL

Vilanova i la Geltrú es municipio de alrededor de 65.000 habitantes. Capital de la comarca del Garraf, se trata de una ciudad costera que equidista entre Barcelona y Tarragona, estando a unos 50 kilómetros de ambas ciudades. Hasta mediados del siglo pasado Vilanova era una ciudad relativamente pequeña que no alcanzaba los 20.000 habitantes. A partir de ese momento, y al igual que sucedió en la mayoría de ciudades catalanas, experimentó un importante crecimiento demográfico gracias a la llegada de inmigrantes provenientes sobretudo del sur de España. La ciudad experimentó un nuevo gran crecimiento demográfico a partir de principios de los años 90, coincidiendo con la apertura del primer tramo de la autopista C-32 entre Castelldefels y Sitges. Aprovechando esta importante mejora en las comunicaciones entre Barcelona y el Garraf, muchas familias establecidas mayormente en diferentes ciudades de la zona metropolitana de Barcelona se instalaron en una ciudad más tranquila como Vilanova. Su ubicación frente a la costa mediterránea la ha convertido en los últimos años en un destino de veraneo, especialmente para gente de otras zonas de Catalunya, aunque cada vez más también para extranjeros.

Durante los días laborables se genera un gran número de viajes principalmente por parte de residentes de los alrededores de Vilanova y la comarca del Garraf en General, que se desplazan a Barcelona y su área metropolitana sobre todo por motivos laborales y de estudios. Aunque gran parte de la población opta por utilizar los trenes de cercanías para realizar este recorrido, el número de desplazamientos diarios por carretera es muy elevado.

Por otro lado durante los fines de semana y los períodos festivos, sobre todo en los meses estivales, se genera un alto número de desplazamientos en sentido inverso. En éste caso se trata de habitantes de Barcelona y su área metropolitana, que se desplazan a Sitges, Vilanova y Cubelles, así como a localidades costeras vecinas de la Costa Daurada (Cunit i Calafell) durante sus días libres. También cabe destacar los desplazamientos de los habitantes del Penedès y la zona central de Catalunya (Sobre todo las comarcas del Bages i Anoia) hacia el Garraf y la Costa Daurada por las mismas razones.

No hay que olvidar los desplazamientos más cortos, aquellos que tienen lugar dentro de la propia comarca, generados tanto los días laborales como los festivos sobre todo por los habitantes de las poblaciones de alrededor de Vilanova (especialmente Cubelles, Canyelles i Sant Pere de Ribes) hacia la capital comarcal.

Por otro lado, la gran mayoría de desplazamientos largos, los que hacen los conductores que se desplazan a lo largo de la costa mediterránea y que se dirigen hacia zonas del sur de la península o hacia la frontera francesa, no se efectúan por las carreteras de la comarca si no por la autopista AP-7, que pasa a unos 20km al norte de Vilanova.

Las principales vías que atraviesan la comarca del Garraf y que sirven a Vilanova i la Geltrú son las siguientes:

### C-32:

Es una autopista con 2 carriles por sentido de circulación en la mayor parte de su recorrido, llegando a tener 3 en algunos tramos. Se trata de una autopista de peaje propiedad de la Generalitat de Catalunya, aunque gestionada mediante una concesión por la empresa Aucat, filial del grupo Abertis. Está dividida en dos ramales. El ramal norte une Palafròlts i Montgat, recorriendo la comarca del Maresme. Sin embargo el tramo que nos es de interés es el ramal sur, también conocido como "Autopista Pau Casals", acabado el 1998 y que discurre entre El Prat de Llobregat, donde deriva en la B-20 (Ronda de Dalt) y El Vendrell, donde enlaza con la autopista AP-7, donde deriva en la B-20 (Ronda de Dalt) y El Vendrell, donde enlaza con la autopista AP-7. A lo largo de este recorrido realiza una circunvalación a la ciudad de Vilanova i la Geltrú. Se trata de una vía de alta capacidad que une las comarcas del Baix Llobregat, el Garraf i el Baix Penedès. Esta es la vía más importante que transcurre por Vilanova y la Geltrú tanto por sus características como por el volumen de tráfico que soporta.

La importancia de esta autopista se debe a que ésta es, excluyendo el ferrocarril, la principal vía de comunicación que tiene el Garraf con Barcelona y su área metropolitana.



Ilustración 1: Autopista C-32 a la altura del PK 18 (Fuente: Propia)



Ilustración 2: Esquema del ramal sur de la autopista C-32 (Fuente: Autopistas.com)



### C-31:

Es de un eje que recorre buena parte del litoral catalán, desde El Vendrell hasta Figueres, en cinco tramos discontinuos. Se trata de una carretera autonómica perteneciente a la red primaria catalana gestionada por la Generalitat, que en algunos tramos tiene forma de autopista de dos carriles sin peaje y en otros de carretera de dos carriles. Uno de los cinco tramos transcurre por la comarca el término municipal de Vilanova. Se trata del primero de ellos, una carretera de dos carriles el que une El Vendrell con Vilanova. Tras atravesar el núcleo urbano de Cubelles, poco antes del PK 150 inicia una circunvalación alrededor de Vilanova, hasta unirse con la C-32 pasado el PK 157. Al pasar mucho más cerca del núcleo urbano de Vilanova que la autopista C-31, ésta carretera es mucho más utilizada por aquellos conductores que realizan trayectos cortos entre los diferentes municipios de la comarca. También es utilizada como conector por aquellos conductores que desean desplazarse entre los núcleos urbanos del Garraf y los ejes C-32 y C-15, pero es menos frecuentada por conductores que realizan trayectos más largos.



Ilustración 3: Carretera C-31 a la altura del PK 152 (Fuente: Propia)

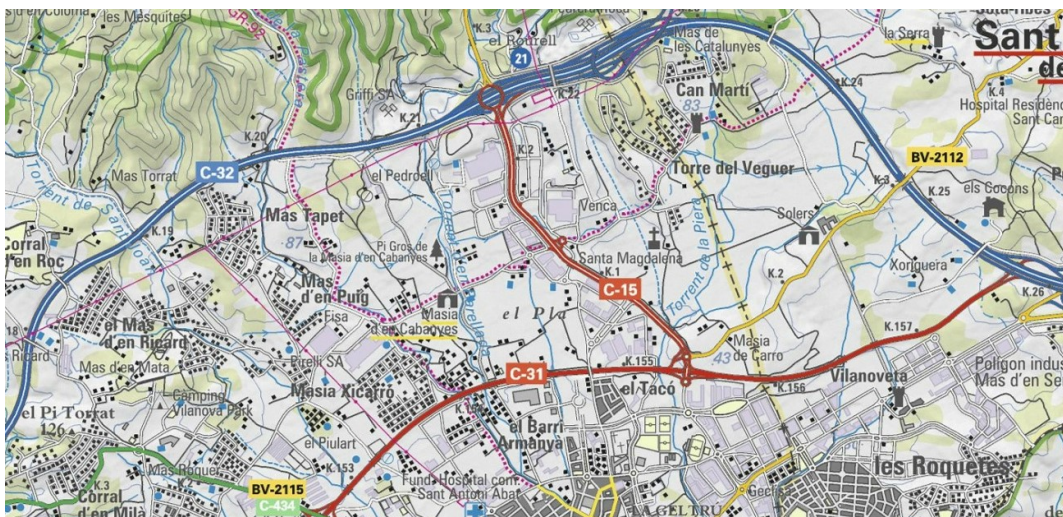


Ilustración 4: Las carreteras C-32, C-31 y C-15 a su paso por los alrededores de Vilanova i la Geltrú (Fuente: Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya)

### C-15:

Es una carretera que une Vilanova i la Geltrú con Igualada, perteneciente a la red primaria catalana y gestionada por la Generalitat. Junto con la C-37, que une Igualada con Manresa, conforma el que se conoce como “Eix Diagonal”. Desde su inicio en Vilanova i la Geltrú hasta pasado el PK 12, a la altura de Vilafranca del Penedès, tiene forma de autopista de 2 carriles por sentido que se financia mediante un peaje sombra. A partir de dicho punto y hasta su finalización en Igualada es una carretera de 2 carriles. Ésta es una vía de suma importancia al tratarse del principal eje de comunicación entre el Garraf y la Cataluña central, además no existe una vía férrea que realice el mismo recorrido. Las mayores intensidades de tráfico que soporta esta carretera se dan durante los fines de semana, días festivos y durante los meses estivales, cuando mucha gente del Penedès, Anoia, y otras zonas de la Catalunya central acuden a las zonas costeras del Garraf.



*Ilustración 5: Primer kilómetro de recorrido de la carretera C-15 (Fuente: Propia)*



Alrededor del núcleo urbano de Vilanova i la Geltrú existen una serie de carreteras de dos carriles integradas en la red provincial de la diputación de Barcelona que conectan la ciudad con los municipios vecinos de la comarca (Cubelles, Sitges, Sant Pere de Ribes y Canyelles) así como con las vías anteriormente mencionadas. Se tratan de carreteras con unos volúmenes de tráfico altos si tenemos en consideración sus características físicas, por lo tanto se pueden llegar a situaciones en las que la circulación llega a no ser estable. Dichos tramos son los siguientes:

·**C-246a** (PK 45,715 a 48,280):

Junto con la C-31 es la principal vía de comunicación entre Vilanova i la Geltrú con el municipio vecino de Cubelles. Es utilizada sobre todo por los conductores que salen o se dirigen a las zonas sur y oeste de Vilanova, mientras que la conexión con la carretera C-31 es más corta y rápida para los vecinos de las zonas centro, este y norte.



*Il·lustración 6: Carretera C-246a cerca del PK 47 (Fuente: Propia)*



*Il·lustración 7: Plano del primer tramo estudiado de la carretera C-246a (Fuente: Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya)*

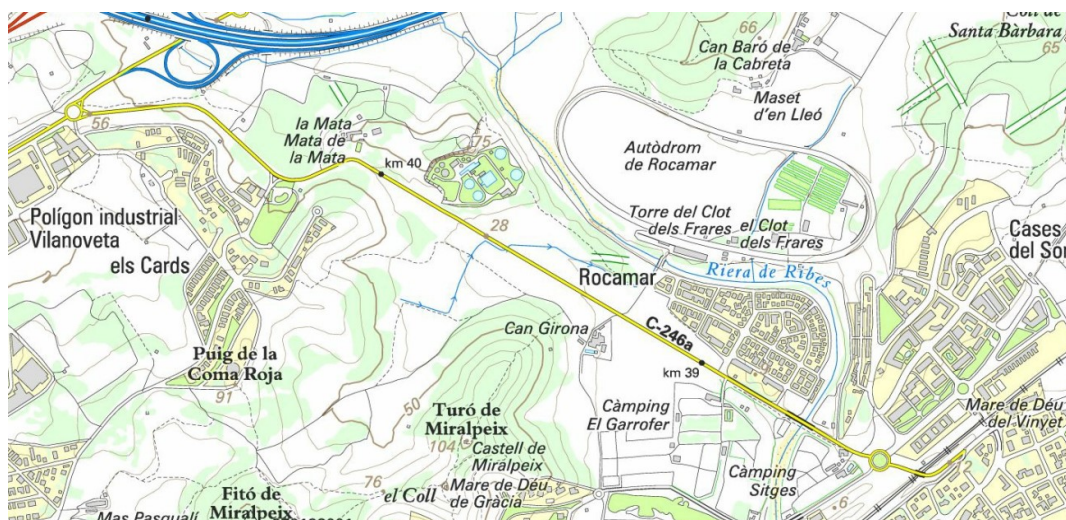


**C-246a (PK 38,490 a 40,880):**

Es la carretera que ofrece el trazado más directo entre Sitges y Vilanova i la Geltrú. Este tramo en concreto conectando la zona más occidental de Sitges con el polígono industrial Mas d'en Serra, ubicado muy cerca del núcleo de Les Roquetes, perteneciente Sant Pere de Ribes. Desde este punto hasta Vilanova i la Geltrú la carretera C-246a se transforma en una avenida urbana con 2 carriles por sentido. La unión entre ambas localidades también se puede hacer por la carretera C-31 que posteriormente enlaza con el tramo gratuito de la autopista C-32 hasta las salidas 30 (Sitges centre) y 31 (Sitges nord), aunque el recorrido sea más largo. En la mayor parte de casos los conductores eligen entre una u otra alternativa en función de las zonas de origen y destino dentro de ambas localidades.



*Ilustración 8: Carretera C-246a cerca del PK 40 (Fuente: Propia)*



*Ilustración 9: Plano del segundo tramo estudiado de la carretera C-246a (Fuente: Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya)*

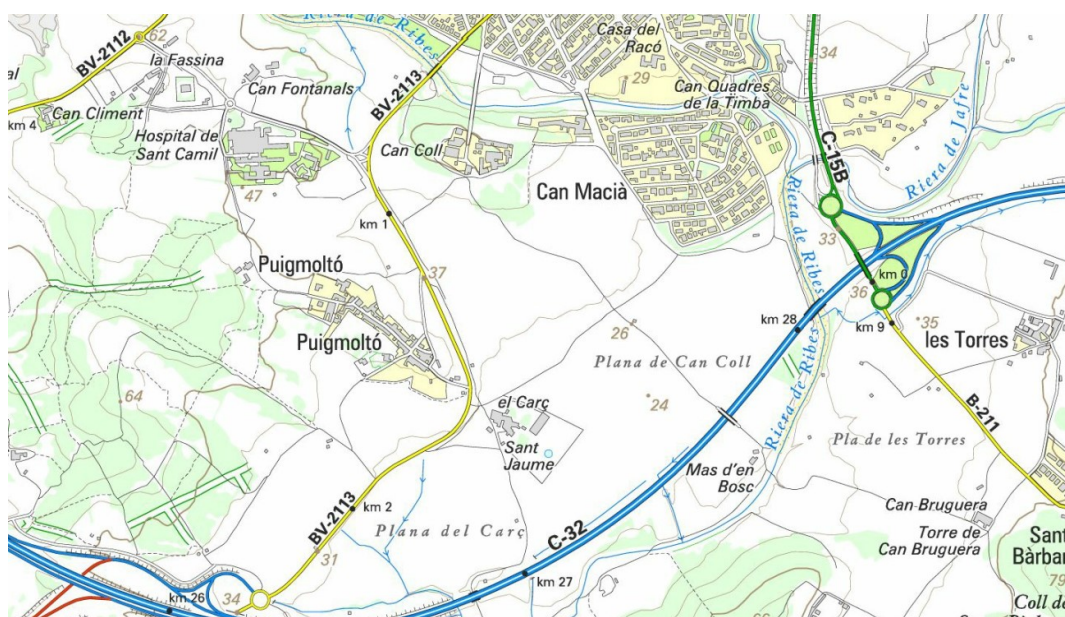


**BV-2113 (PK 0,490 a 2,360):**

Es la principal vía de conexión entre Vilanova i la Geltrú y Les Roquetes con Sant Pere de Ribes. Existen dos alternativas para este recorrido aparte de la propia BV-2113; En primer lugar la carretera BV-2112, que al tener con un recorrido más largo y sinuoso es menos el frecuentado. Por otro lado se puede tomar la carretera C-31, que deriva en el tramo gratuito de la autopista C-32, hasta la salida 28 (Sant Pere de Ribes est), un recorrido bastante más largo. Hay que tener en cuenta que junto a la carretera BV-2113, muy cerca de la zona urbana de Sant Pere de Ribes, se encuentra el Hospital Residencia de Sant Camil, el más importante de la comarca, que genera un número significativo de viajes.



*Ilustración 10: Carretera BV-2113 a la altura del PK 2 (Fuente: Propia)*



*Ilustración 11: Plano del tramo estudiado de la carretera BV-2113 (Fuente: Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya)*

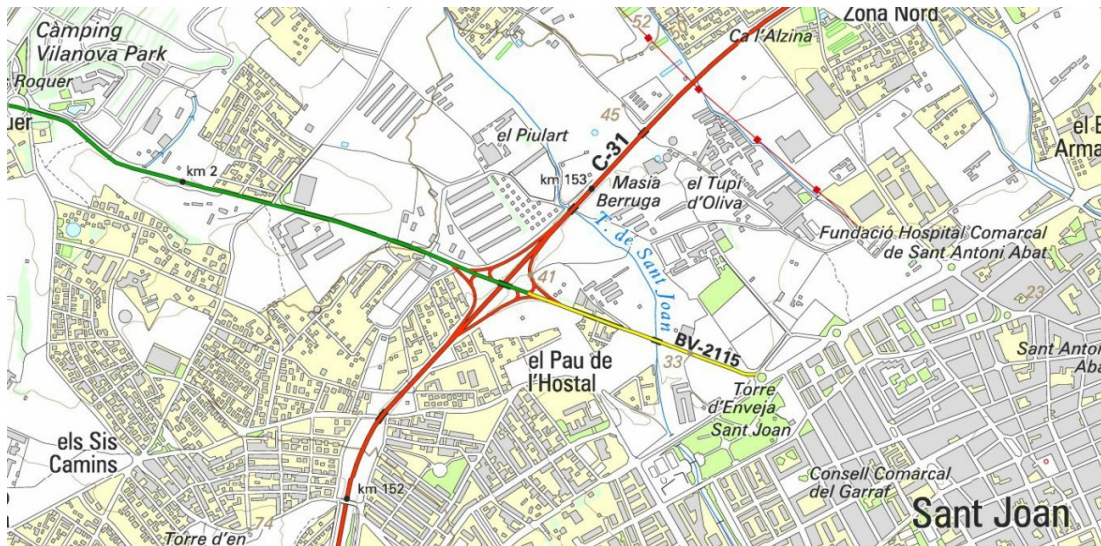


**BV-2115 (PK 0,480 a 0,975):**

Se trata de la carretera que une Vilanova i la Geltrú con l'Arboç (Baix Pendès). Si embargo, el tramo de interés se limita a alrededor de medio kilómetro, desde la rotonda que dan fin a la zona urbana hasta donde se ubica el enlace con la carretera C-31, por lo que la mayor parte del tráfico en este primer kilómetro es el generado por conductores con origen en la zona centro-oeste de Vilanova que quieren enlazar con dicha vía y viceversa. En los meses de verano el tráfico es aún mayor debido a que a un kilómetro del mencionado enlace en dirección l'Arboç se ubica un importante camping, cuyos ocupantes utilizan esta carretera a diario para desplazarse a la zona de playas o al centro de la ciudad. Hay que mencionar que, al ubicarse la cooperativa viticultora de Vilanova en este primer kilómetro, es habitual encontrar vehículos agrícolas en la vía que ralentizan al resto de vehículos creando colas.



*Il·lustració 12: Carretera BV-2115 a la altura del PK 1 (Fuente: Propia)*



*Il·lustració 13: Plano del tramo estudiado de la carretera BV-2115 (Fuente: Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya)*

## 2.2 DEFINICIÓN DE LOS OBJETIVOS

El estudio se desarrollará sobre los cuatro tramos de carreteras pertenecientes a la Diputación de Barcelona anteriormente descritos. El motivo por el cual se ha optado por escoger estas carreteras es el hecho de que sean vías que, en comparación con el volumen de tráfico que soportan, cuentan con unas características físicas limitadas que restringen su capacidad, de forma que cuenten con un amplio margen de mejora.

Las carreteras C-32, C-31 y C-15 se excluyen del estudio ya que sus características físicas son las adecuadas y ofrecen una gran capacidad. De esta forma el estado del tráfico en estas vías no depende de las características de la carretera, sino que de las propias dinámicas del tráfico, en las cuales no podemos influir.

El primer paso de este estudio es el de averiguar el estado actual del tráfico en los cuatro tramos de carreteras anteriormente descritos, estableciendo sus niveles de servicio mediante datos reales de intensidades que proporcionan las campañas de aforos llevadas a cabo por los organismos que administran las redes de carreteras a las que pertenecen los tramos estudiados (en éste caso la Diputación de Barcelona).

Una vez conocida la situación actual se procederá a la realización de pronosis, utilizando diferentes métodos, con tal de prever la situación del tráfico en años futuros. Tras la realización de estas pronosis se podrán rehacer los cálculos iniciales con tal de conocer los niveles de servicio futuros para las dichas carreteras, de modo que se podrá saber si tras un determinado periodo de tiempo se darán situaciones de tráfico inestable o situaciones en las que la intensidad del tráfico sea cercana a la capacidad de la carretera. En el caso de que en el período de la pronosis no se alcance la capacidad de la vía o situaciones peores a las mínimas exigidas por la normativa, se estimará el tiempo que debe transcurrir hasta llegar a dichas situaciones.

El siguiente paso será el de contemplar diferentes alternativas con tal de solucionar los problemas de tráfico en aquellos tramos en los que sea necesario. Las medidas a tomar pueden ser relativamente simples, como la modificación de la sección transversal de la calzada mediante el ensanchamiento de carriles y arcenes, o más complejas, como el desdoblamiento de la carretera convirtiéndola en una vía de 2 carriles por sentido. Una vez definidas las medidas de mejora se reharán los cálculos de los niveles de servicio con tal de observar cuales serían las mejoras que estas medidas generarían sobre el tráfico.

Los objetivos que se persiguen con la realización de este estudio son, en primer lugar, el de averiguar si los tramos de carretera analizados presentan problemas de tráfico, si los presentarán a corto o medio plazo, y si existe el riesgo de alcanzar la capacidad de estas vías. En segundo lugar el de determinar cuáles serán los efectos inducidos sobre las características del tráfico de la aplicación de las mejoras sobre los estos tramos con tal de poder determinar cuál de las diferentes alternativas de mejora es la más aconsejable o, si al contrario, la aplicación de ninguna de ellas se justifica, bien sea por su poca eficacia o bien por su elevado coste.

## 3 METODOLOGÍA

### 3.1 CÁLCULO DE LOS NIVELES DE SERVICIO

#### 3.1.1 VARIABLES FUNDAMENTALES DEL TRÁFICO

Para poder conocer el funcionamiento de una vía de circulación es necesario introducir una serie de variables que nos caracterizan cómo se comporta la circulación de los vehículos en dicha vía, de entre las cuales destacan tres, conocidas como **variables fundamentales del tráfico**.

- La **intensidad** (vehículos entre tiempo).
- La **velocidad** (distancia entre tiempo).
- La **densidad** (vehículos entre distancia).

De las tres variables fundamentales, la intensidad y la velocidad serán, respectivamente, las de mayor interés para éste estudio.

Existen también otras características interesantes para definir el tráfico, como la composición del tráfico, la separación media entre vehículos (en distancia), el intervalo medio entre vehículos (en tiempo), el tiempo medio de recorrido y la demora media.

Intensidad: Se entiende por intensidad de tráfico el número de vehículos que pasan por una determinada sección fija de carretera en una unidad de tiempo. Se puede hablar de intensidad total de la carretera, intensidad de una calzada, intensidad de un carril o intensidad de un sentido de circulación en función de la sección de carretera considerada. Se habla de intensidad horaria o intensidad diaria si se emplea como unidad los vehículos/hora o los vehículos/día respectivamente.

La intensidad va a ser la variable de mayor interés para este estudio. Es también la variable más utilizada, y en consecuencia existen gran cantidad de datos y estudios al respecto. La unidad de medida de la intensidad más empleada, y la que se empleará en este estudio, es la Intensidad Media Diaria (IMD), que se define como el número total de vehículos que pasan por una sección de carretera durante un año dividido entre los 365 días del año, medida en vehículos/día. Ésta media se obtiene mediante aforos "in situ", y sirve para definir la importancia de las distintas vías de circulación.

$$IMD = \frac{N^{\circ} \text{de vehículos en un año}}{365}$$

Velocidad: Medida en km/h, puede variar mucho entre los distintos vehículos de un tramo de carretera. El interés está en estudiar valores medios de velocidad que la velocidad de un vehículo en particular. Así pues se definen diferentes medidas de velocidad:

- La Velocidad Media Temporal (VMT) es la velocidad media de todos los vehículos que pasan por una sección fija de carretera durante un cierto periodo de tiempo.
- La Velocidad Media Espacial (VME) es la velocidad de todos los vehículos que se encuentran en un mismo tramo de carretera en un instante determinado.
- La Velocidad Media de Recorrido (VMR) es la media de las velocidades de recorrido de todos los vehículos que pasan por un mismo tramo de carretera.

El concepto de **velocidad libre** se define como la velocidad media de los vehículos cuando hay una intensidad baja, de modo que los conductores no se ven influenciados por la velocidad de los demás vehículos.

La velocidad está estrechamente ligada a la intensidad del tráfico. Cuando la intensidad es baja los conductores pueden mantener una velocidad adecuada, mientras que a medida que aumenta la intensidad la velocidad de cada conductor se ve influenciada por la de los demás, disminuyéndose la velocidad media.

A continuación se presenta una figura que muestra la relación existente entre la velocidad y la intensidad.

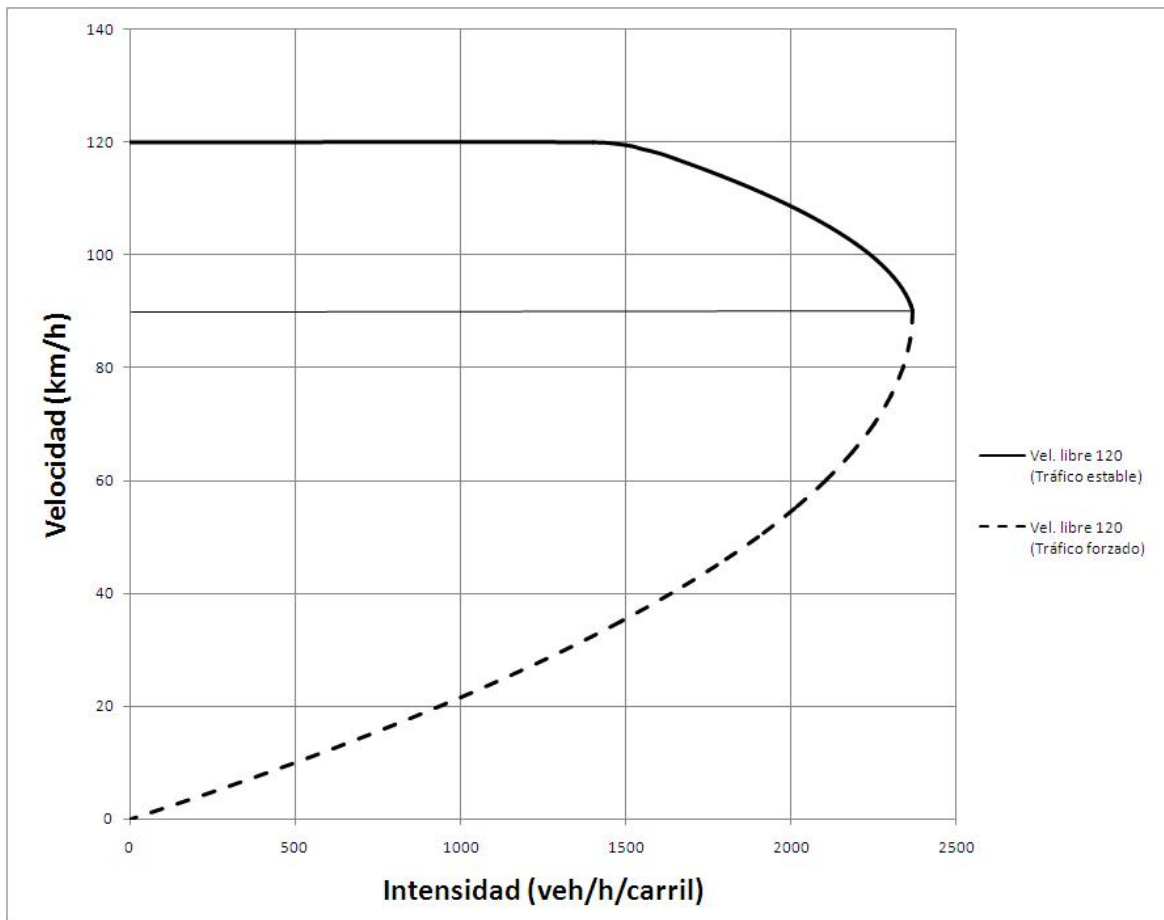


Ilustración 14: Relación velocidad-intensidad (Fuente: Wikivia)

La parte superior, que se mantiene constante, corresponde a una situación de circulación libre, estable y no congestionada, en la que los vehículos pueden circular a la velocidad libre. A medida que la intensidad aumenta la gráfica se curva, y la velocidad media disminuye al verse los vehículos más rápidos cada vez más condicionados por los demás. El punto de inflexión corresponde a la velocidad en la situación de máxima intensidad que puede soportar la vía. La parte inferior corresponde a una circulación densa, inestable y congestionada, situación que se trata de evitar.

**Densidad:** Se define como densidad de tráfico el número de vehículos presentes por unidad de longitud sobre una carretera. La unidad utilizada es vehículos/km y se puede considerar densidad total de la carretera, densidad en una calzada, en un carril o en un sentido de circulación.

Existe un valor máximo de la densidad de tráfico, que se obtiene cuando todos los vehículos de una carretera están en fila, uno detrás de otro, y si espacios entre ellos. En esta situación la circulación es imposible, todos los vehículos están parados.

La densidad es un valor complicado de medir de forma empíricamente, por lo que rara vez se hace. Sin embargo, teniendo en cuenta la relación fundamental del tráfico se puede obtener fácilmente.

La relación fundamental de tráfico es una expresión que relaciona las tres variables fundamentales y que nos permite obtener la intensidad conocidas la intensidad y la velocidad.

$$I = V \cdot D$$

La velocidad media espacial (VME) es el valor de velocidad que se utiliza.



### 3.1.2 CAPACIDAD

La capacidad de una sección de carretera se define como el número máximo de vehículos que tienen una probabilidad razonable de atravesarla durante un período dado de tiempo en unas condiciones determinadas de la carretera y del tráfico, expresado en vehículos/hora. La capacidad corresponde a la intensidad máxima que puede atravesar una determinada sección de carretera. La capacidad depende de condiciones que se refieren a las características de la sección de la carretera, a su tráfico y a sus regulaciones de circulación.

En condiciones ideales la capacidad de una carretera de dos carriles es de 3200 vehículos ligeros/hora en total y 1700 vehículos ligeros/hora por carril.

Las condiciones ideales para las carreteras de dos carriles desde el punto de vista de las características geométricas, de la circulación y del entorno son las siguientes:

- Velocidad de proyecto igual o mayor a 96km/h
- Anchura de carril igual o mayor a 3,6m
- Anchura de arcenes igual o mayor a 1,8m
- Inexistencia de tramos con prohibición de adelantamiento
- Tráfico formado exclusivamente por vehículos ligeros
- Terreno llano
- Inexistencia de accesos a las propiedades colindantes
- Reparto 50/50 del tráfico según los sentidos de circulación

Los vehículos pesados son aquellos que están acondicionados para el transporte de mercancías cuyo peso máximo autorizado sea superior a 6 toneladas y cuya capacidad de carga exceda de 3,5 toneladas. En esta categoría se incluyen camiones y autobuses. Los coches, furgonetas y motocicletas se consideran vehículos ligeros.

### 3.1.3 NIVELES DE SERVICIO

El Manual de Capacidad de Carreteras define el concepto de nivel de servicio como una medida cualitativa de las condiciones de circulación que, del mismo modo que la capacidad tiene en cuenta varios factores que dependen de la carretera, del tráfico y de los sistemas de control y regulación del tráfico.

Se establecen con carácter general seis niveles de servicio que comprenden todas las situaciones de tráfico que se pueden producir, aunque por supuesto podrían haberse considerado otros niveles intermedios. Los seis niveles se identifican por las letras A a F, de mejor a peor.

El **nivel de servicio A** corresponde a una circulación libre y fluida, con intensidad de tráfico baja y velocidades altas, sólo limitadas por las condiciones físicas de la vía. Los conductores no se ven forzados a mantener una determinada velocidad a causa de otros vehículos, pues cuando un vehículo alcanza a otro más lento puede adelantarlo sin sufrir demora.

El **nivel de servicio B** corresponde a una circulación estable con velocidad media alta, aunque la velocidad de los vehículos más rápidos comienza a ser condicionada por la de los otros vehículos. Los conductores pueden mantener velocidades de servicio razonables pero puede haber pequeñas demoras en ciertos tramos, aunque sin llegar a formarse colas por existir suficientes oportunidades de adelantamiento.

El **nivel de servicio C** corresponde también a una circulación estable, pero la velocidad está considerablemente condicionada por el resto del tráfico ya que la mayor parte de los conductores deberán ajustar su velocidad a la de los vehículos que les preceden. Las posibilidades de adelantamiento son reducidas, de forma que se forman pequeñas colas o grupos de vehículos que circulan a la misma velocidad.

El **nivel de servicio D** corresponde a situaciones en las que la circulación que empieza a ser inestables. Todos los conductores ajustan regular su velocidad a la de los vehículos precedentes. Las maniobras de adelantamiento son muy difíciles, de forma que la velocidad media se reduce, formándose largas colas.

El **nivel de servicio E** corresponde a situaciones en las que la intensidad del tráfico es próxima a la capacidad de la vía. Todos los vehículos circulan prácticamente a la misma velocidad, cualquier maniobra de adelantamiento resulta imposible y se forma una cola continua de vehículos donde cualquier en la que la velocidad media es muy reducida.

El **nivel de servicio F** corresponde a las situaciones en las que se producen retenciones de tráfico. La velocidad de circulación es muy baja, incluso con paradas que pueden ser prolongadas. El extremo de éste nivel es la absoluta congestión de la vía. Esta situación denota que la capacidad de la vía es insuficiente para la demanda existente.

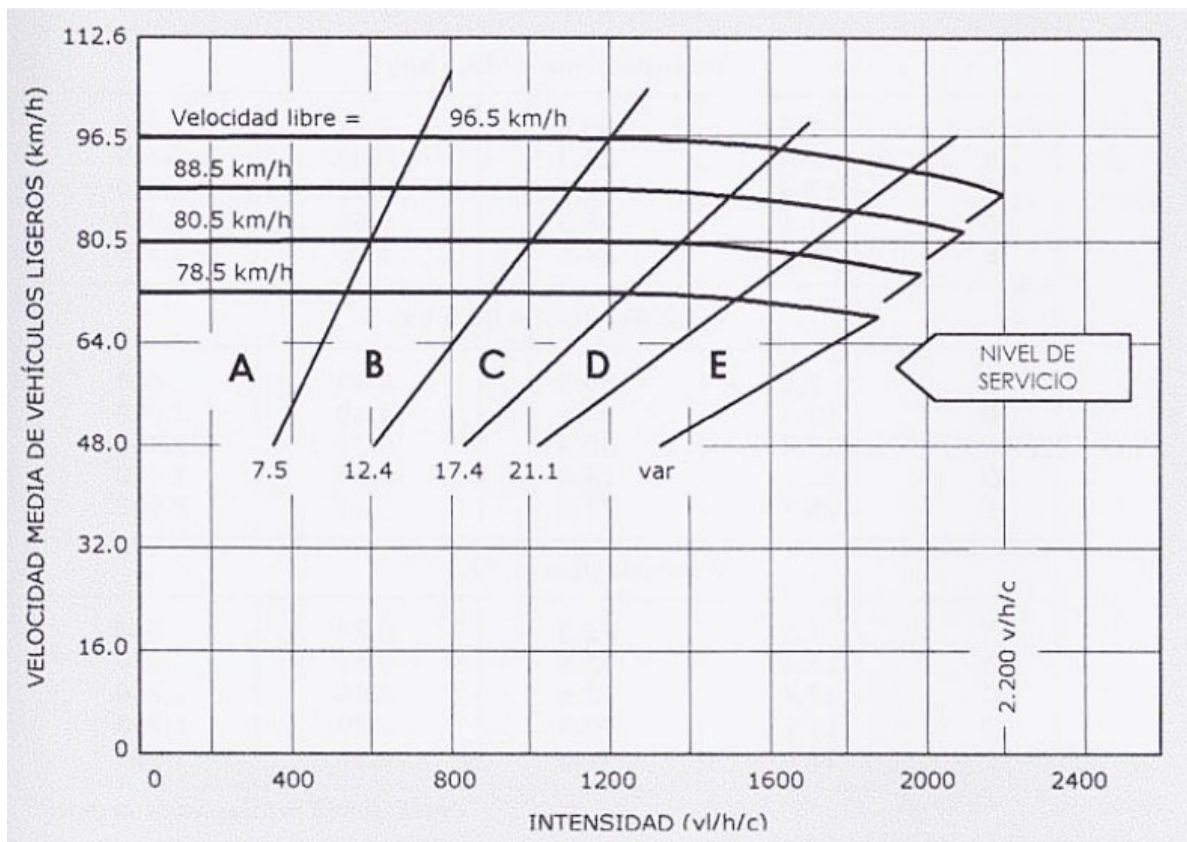


Ilustración 15: Niveles de servicio asociados a las curvas velocidad-intensidad (Fuente: Manual de tráfico en vías interurbanas, Universidad de Alicante)

### 3.1.4 CARRETERAS DE CLASE I Y CLASE II

Una carretera de dos carriles puede definirse como una calzada que tiene un carril para cada sentido de circulación. Las carreteras de dos carriles representan el mayor kilometraje de la red de carreteras, se usan en todas las áreas geográficas y satisfacen una amplia gama de necesidades de circulación.

El adelantamiento requiere utilizar el carril del sentido opuesto. A medida que aumentan la intensidad y/o las restricciones geométricas, disminuye la posibilidad de adelantar, dando lugar a la formación de colas en la circulación.



La función principal de las carreteras principales de dos carriles es la de ser utilizadas como arterias de tráfico que conectan núcleos generadores de tráfico. Para éstas carreteras es deseable es mantenimiento sostenido de altas velocidades.

Por otro lado las carreteras rurales de dos carriles cumplen básicamente una función de accesibilidad, frecuentemente bajo condiciones de volúmenes reducidos de tráfico. La alta velocidad no es la característica esencial, aunque sea beneficiosa.

De éste modo distinguimos dos tipos de carretera de dos carriles; Las carreteras de **clase I** son aquellas en las que los conductores esperan viajar a una velocidad relativamente alta, mientras que en las carreteras de **clase II** los conductores no necesariamente esperan viajar a una velocidad alta.

Pequeños tramos de carreteras de dos carriles con altos volúmenes de circulación sirven a veces de conexión entre dos carreteras multicarril o entre centros urbanos. En estos tramos, las expectativas de los conductores respecto a la calidad del servicio son normalmente mejores que para los tramos largos. Estas son precisamente las características de los tramos que se analizan en este estudio. De este modo dichos tramos serán considerados de clase II.

### 3.1.5 CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO EN CARRETERAS DE DOS CARRILES

A continuación se mencionan los factores que influyen en el cálculo de capacidades y niveles de servicio para carreteras de dos carriles.

#### Factores que dependen de la carretera:

- Anchura del carril
- Anchura de los arcones
- Número de accesos
- Tipo de terreno: Clasificación establecida según la normativa de trazado 3.1-IC en función de las condiciones orográficas del terreno.

Tipo de relieve	Inclinación media $i_t$ (%)
Llano	$i_t \leq 5$
Ondulado	$5 \leq i_t \leq 15$
Accidentado	$15 \leq i_t \leq 25$
Muy accidentado	$25 \leq i_t$

Tabla 1: Tipos de relieve en función de la inclinación media (Fuente: Normativa de trazado 3.1-IC)

#### Factores que dependen del tráfico:

- Intensidad de proyecto: La intensidad de proyecto IP corresponde a la Intensidad en la hora 30, es decir la intensidad horaria que sólo se excede o iguala durante 30 horas al año.
- Factor de Hora Punta (FHP): Corresponde al cociente entre la intensidad de la hora de más tráfico de un día entre cuatro veces la intensidad de los 15 minutos de mayor tráfico. Habitualmente los valores del FHP son de entre 0.90 y 0.95, raramente se llegan a 1.

$$FHP = \frac{I_{60}}{4 \cdot I_{15}}$$

- Porcentaje de vehículos pesados
- Reparto del tráfico entre sentidos

### Factores que dependen de los sistemas de control y regulación del tráfico:

·Velocidad Libre Básica: Como se ha definido anteriormente, corresponde a la velocidad media de circulación en situaciones de baja densidad. Para los cálculos se tomará el valor de la velocidad de proyecto o la velocidad máxima autorizada, si esta es menor a la de proyecto.

·Porcentaje de zonas con prohibido adelantar

### Método de cálculo:

En las carreteras de dos carriles de clase I existen parámetros valores que debemos calcular con tal de llegar al nivel de servicio.

El primero de ellos es la **Velocidad media de recorrido**, que como se ha comentado anteriormente se define como la media de las velocidades de recorrido de todos los vehículos que pasan por un mismo tramo de carretera.

Por otro lado el **porcentaje de tiempo de demora** se define como el valor medio del porcentaje de tiempo de demora que sufren todos los vehículos al viajar en columnas como consecuencia de la imposibilidad de adelantar.

Cada uno de los dos parámetros proporciona un valor independiente del nivel de servicio, de modo que se debe escoger el peor resultado de los dos.

Para ambos cálculos existen algunos pasos previos en común. Para hallar la velocidad media de recorrido se precisa de la velocidad libre real y de la intensidad punta equivalente, de forma que lo primero será llegar a estos valores.

En primer lugar se calcula de la **velocidad libre real**, que será menor que la velocidad libre básica y que se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$VL = VLB - f_{ls} - f_a$$

Donde:

- VL: Velocidad libre real en km/h
- VLB: Velocidad libre básica en km/h
- $f_{ls}$ : Factor de ajuste por anchura de carril y de los arcenes en km/h
- $f_a$ : Factor de ajuste por número de accesos en km/h

Los valores de estos factores de ajuste se obtienen de las siguientes tablas:

Anchura del carril (m)	Factor de ajuste por anchura del carril (km/h)			
	Anchura del arcén (m)			
	≥0<0,6	≥0,6<1,2	≥1,2<1,8	≥1,8
2,7<3	10,3	7,7	5,6	3,5
≥3<3,3	8,5	5,9	3,8	1,7
≥3,3<3,6	7,5	4,9	2,8	0,7
≥3,6	6,8	4,2	2,1	0

Tabla 2: Factores de ajuste por anchura del carril (Fuente: Highway Capacity Manual)

Nº de accesos por kilómetro	Factor de ajuste por número de accesos (km/h)
0	0
6	4
12	8
18	12
≥24	16

Tabla 3: Factores de ajuste por número de accesos (Fuente: Highway Capacity Manual)

Normalmente se obtendrá un valor del número de accesos por kilómetro distinto al de los rangos de la tabla, de modo que se efectuará una interpolación para obtener un factor de ajuste adecuado.

A continuación se procede al cálculo de la **intensidad punta equivalente**. El objetivo de la IPE es el de convertir el valor real de intensidad (en nuestro caso los valores de IMD considerados) a un nuevo valor, en el que todos los vehículos sean considerados como vehículos ligeros y todos los conductores habituales.

$$IPE = \frac{IP}{FHP \cdot f_{vp} \cdot f_t}$$

Donde:

- IPE: Intensidad punta equivalente en vehículos ligeros/hora
- IP: Intensidad de proyecto en vehículos/hora
- FHP: Factor de hora punta (parámetro adimensional)
- $f_{vp}$ : Factor de equivalencia en vehículos ligeros (parámetro adimensional)
- $f_t$ : Factor de equivalencia a terreno llano (parámetro adimensional)

El valor del factor de equivalencia a terreno llano se obtiene en las siguientes tablas. Cabe destacar que el valor de este factor es distinto para el cálculo de la velocidad media de recorrido y para el porcentaje de tiempo de demora.

	Rango de intensidades para ambos sentidos (vehículos/hora)	Rango de intensidades para un sentido (vehículos/hora)	Tipo de terreno	
			Llano	Ondulado
<b>Factor de equivalencia <math>f_t</math></b>	IP<600	IP<300	1	0,71
	600<IP<1200	300<IP<600	1	0,93
	IP>1200	IP>600	1	0,99

Tabla 4: Factores de equivalencia del terreno según la velocidad media de recorrido (Fuente: Highway Capacity Manual)

	Rango de intensidades para ambos sentidos (vehículos/hora)	Rango de intensidades para un sentido (vehículos/hora)	Tipo de terreno	
			Llano	Ondulado
<b>Factor de equivalencia <math>f_t</math></b>	IP<600	IP<300	1	0,77
	600<IP<1200	300<IP<600	1	0,94
	IP>1200	IP>600	1	1

Tabla 5: Factores de equivalencia del terreno según el porcentaje de tiempo de demora (Fuente: Highway Capacity Manual)

La obtención del factor de equivalencia en vehículos ligeros requiere de un cálculo independiente, que se especifica a continuación:

$$f_{vp} = \frac{100}{100 + \%V_p \cdot (E - 1)}$$

Donde:

- $f_{vp}$ : Factor de equivalencia en vehículos ligeros (parámetro adimensional)
- $\%V_p$ : Porcentaje de vehículos pesados
- $E$ : Equivalente en vehículos ligeros (parámetro adimensional)

En la siguiente tabla se muestran los valores del equivalente en vehículos ligeros, que depende del rango de intensidades y del tipo de terreno. El valor de dicho factor también es diferente para el cálculo de la velocidad media de recorrido y para el porcentaje de tiempo de demora.

	Rango de intensidades para ambos sentidos (vehículos/hora)	Rango de intensidades para un sentido (vehículos/hora)	Tipo de terreno	
			Llano	Ondulado
<b>Facto de equivalencia E</b>	IP<600	IP<300	1,1	1,7
	600<IP<1200	300<IP<600	1,2	1,9
	IP>1200	IP>600	1,1	1,5

Tabla 6: Factores de equivalencia en vehículos ligeros según la velocidad media de recorrido (Fuente: Highway Capacity Manual)

	Rango de intensidades para ambos sentidos (vehículos/hora)	Rango de intensidades para un sentido (vehículos/hora)	Tipo de terreno	
			Llano	Ondulado
<b>Factor de equivalencia E</b>	IP<600	IP<300	1,1	1,8
	600<IP<1200	300<IP<600	1,1	1,5
	IP>1200	IP>600	1	1

Tabla 7: Factores de equivalencia en vehículos ligeros según el porcentaje de tiempo de demora (Fuente: Highway Capacity Manual)

Al ser algunos de los factores diferentes para cada caso, el valor de la intensidad punta equivalente obtenida para el cálculo de la velocidad media de recorrido será diferente a la del porcentaje de tiempo de demora. El valor de la velocidad libre real será la misma en ambos casos puesto que los factores que intervienen son los mismos para los dos casos.

Antes de proseguir con el cálculo de la velocidad media de recorrido y el porcentaje de tiempo de demora se debe comprobar que los valores de intensidad punta equivalente calculados no superan la capacidad de la carretera. Por lo tanto se deberán cumplir las siguientes condiciones:

$$IPE(total) \leq 3200v.ligeros/hora$$

$$IPE(carril) \leq 1700v.ligeros/hora$$

Ambas dos condiciones se deben cumplir para ambos los dos valores de intensidad punta equivalente calculados. En el caso de que alguna de las condiciones no se cumplan se puede afirmar que el nivel de servicio será F y no será necesario proseguir con los cálculos. Si todas las condiciones se cumplen no se habrá superado la capacidad de la carretera.

A continuación se muestra la expresión mediante la que se obtiene la velocidad media de recorrido.

$$VM = VL - 0,0125 \cdot IPE - f_{pa}$$

Donde:

- $VM$ : Velocidad media de recorrido en km/h
- $VL$ : Velocidad libre real en km/h
- $IPE$ : Intensidad punta equivalente en vehículos ligeros/hora
- $f_{pa}$ : Factor de ajuste por efecto de las zonas con prohibido adelantar en km/h.

En la siguiente tablas se muestran los valores del factor de ajuste por efecto de las zonas con prohibido adelantar.

IPE (v.ligeros/hora)	Factor de ajuste $f_{pa}$ en km/h					
	Zonas con prohibió adelantar (%)					
	0	20	40	60	80	100
0	0	0	0	0	0	0
200	0	1	2,3	3,8	4,2	5,6
400	0	2,7	4,3	5,7	6,3	7,3
600	0	2,5	3,8	4,9	5,5	6,2
800	0	2,2	3,1	3,9	4,3	4,9
1000	0	1,8	2,5	3,2	3,6	4,2
1200	0	1,3	2	2,6	3	3,4
1400	0	0,9	1,4	1,9	2,3	2,7
1600	0	0,9	1,3	1,7	2,1	2,4
1800	0	0,8	1,1	1,6	1,8	2,1
2000	0	0,8	1	1,4	1,6	1,8
2200	0	0,8	1	1,4	1,5	1,7
2400	0	0,8	1	1,3	1,5	1,7
2600	0	0,8	1	1,3	1,4	1,6
2800	0	0,8	1	1,2	1,3	1,4
3000	0	0,8	0,9	1,1	1,1	1,3
3200	0	0,8	0,9	1	1	1,1

Tabla 8: Factor de ajuste por efecto de las zonas con prohibido adelantar (Fuente: Highway Capacity Manual)

Se efectuarán las interpolaciones necesarias para hallar el valor adecuado del este factor de ajuste.

Por otro lado, la siguiente expresión permite el cálculo del porcentaje de tiempo de demora.

$$\%TD = 100 \cdot (1 - e^{-0,000879 \cdot IPE}) + f_{r/pa}$$

Donde:

- $\%TD$ : Porcentaje de tiempo de demora
- $IPE$ : Intensidad de punta equivalente en vehículos ligeros/hora
- $f_{r/pa}$ : Factor de ajuste por efecto del reparto entre sentidos y de las zonas con prohibido adelantar (parámetro adimensional)

Los valores de dicho factor de ajuste se obtienen en la siguiente tabla.

IPE (v.ligeros/hora)	Factor de ajuste $f_{r/pa}$					
	Zonas con prohibido adelantar					
	0	20	40	60	80	100
<b>Reparto entre sentidos = 50/50</b>						
200	0	10,1	17,2	20,2	21	21,8
400	0	12,4	19	22,7	23,8	24,8

600	0	11,2	16	18,7	19,7	20,5
800	0	9	12,3	14,1	14,5	15,4
1400	0	3,6	5,5	6,7	7,3	7,9
2000	0	1,8	2,9	3,7	4,1	4,4
2600	0	1,1	1,6	2	2,3	2,4
3200	0	0,7	0,9	1,1	1,2	1,4
<b>Reparto entre sentidos = 60/40</b>						
200	1,6	11,8	17,2	22,5	23,1	23,7
400	0,5	11,7	16,2	20,7	21,5	22,2
600	0	11,5	15,2	18,9	19,8	20,7
800	0	7,6	10,3	13	13,7	14,4
1400	0	3,7	5,4	7,1	7,6	8,1
2000	0	2,3	3,4	3,6	4	4,3
2600	0	0,9	1,4	1,9	2,1	2,2
<b>Reparto entre sentidos = 70/30</b>						
200	2,8	13,4	19,1	24,8	25,2	25,5
400	1,1	12,5	17,3	22	22,6	23,2
600	0	11,6	15,4	19,1	20	20,9
800	0	7,7	10,5	13,3	14	14,6
1400	0	3,8	5,6	7,4	7,9	8,3
2000	0	1,4	4,9	3,5	3,9	4,2
<b>Reparto entre sentidos = 80/20</b>						
200	5,1	17,5	24,3	31	31,3	31,6
400	2,5	15,8	21,5	27	27,6	28
600	0	14	18,6	23,2	23,9	24,5
800	0	9,3	12,7	16	16,5	17
1400	0	4,6	6,7	8,7	9,1	9,5
2000	0	2,4	3,4	4,5	4,7	4,9
<b>Reparto entre sentidos = 90/10</b>						
200	5,6	21,6	29,4	37,2	37,4	37,6
400	2,4	19	25,6	32,2	32,5	32,8
600	0	16,3	21,8	27,2	27,6	28
800	0	10,9	14,8	18,6	19	9,4
1400	0	5,5	7,8	10	10,4	10,7

Tabla 9: Factores de ajuste por efecto del reparto entre sentidos y de las zonas con prohibido adelantar (Fuente: Highway Capacity Manual)

Se efectuarán las interpolaciones necesarias para hallar el valor adecuado del este factor de ajuste.

Una vez calculada la velocidad media y el porcentaje de tiempo de demora ya se puede obtener los dos valores de nivel de servicio. En la siguiente tabla se muestran los niveles de servicio en función de ambos parámetros para carreteras de dos carriles de clase I y clase II

Nivel de servicio	Velocidad media de recorrido (km/h)	Porcentaje de tiempo de demora (%)
A	VMR>90	%TD<35
B	80<VMR<90	35<%TD<50
C	70<VMR<80	50<%TD<65
D	60<VMR<70	65<%TD<80
E	VMR<60	%TD>80

Tabla 10: Niveles de servicio en carreteras de clase I (Fuente: Highway Capacity Manual)

Nivel de servicio	Porcentaje de tiempo de demora (%)
A	%TD<40
B	40<%TD<55
C	55<%TD<70
D	70<%TD<85
E	%TD>85

Tabla 11: Niveles de servicio en carreteras de clase II (Fuente: Highway Capacity Manual)

El nivel de servicio F se cumple siempre que se supere la capacidad de la carretera.

### 3.1.6 CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO EN CARRETERAS MULTICARRIL

A continuación se mencionan los factores que influyen en el cálculo de capacidades y niveles de servicio para carreteras multicarril. Las definiciones son las mismas que en el caso de carreteras de dos carriles.

#### Factores que dependen de la carretera:

- Anchura del carril
- Anchura de los arcenes
- Número de carriles
- Separación entre enlaces
- Tipo de terreno

#### Factores que dependen del tráfico:

- Intensidad de proyecto:
- Factor de Hora Punta (FHP)
- Porcentaje de vehículos pesados
- Porcentaje de conductores habituales
- Reparto del tráfico entre sentidos

#### Factores que dependen de los sistemas de control y regulación del tráfico:

- Velocidad Libre Básica

#### **Método de cálculo:**

La variable fundamental del tráfico que caracteriza el nivel de servicio en autopistas, autovías y carreteras multicarril en general es la densidad, que se mide en vehículos equivalentes (vehículos ligeros y conductores habituales) por kilómetro y carril. Dicha variable se conoce como **densidad equivalente**.

El primer paso consiste en el cálculo de la **velocidad libre**. Esta velocidad se define como la velocidad media de los vehículos con una baja intensidad d tráfico, y se calcula partiendo de la velocidad libre básica. Como velocidad libre básica se suele utilizar normalmente valores de 120km/h en autopistas rurales y suburbanas y 110km/h en autopistas urbanas.

$$VL = VLB - f_w - f_{tc} - f_n - f_{id}$$

Donde:

- $V_L$ : Velocidad libre real en km/h
  - $V_{LB}$ : Velocidad libre básica en km/h
  - $f_{lw}$ : Factor de ajuste por anchura del carril
  - $f_{lc}$ : Factor de ajuste por distancia a los obstáculos laterales
  - $f_n$ : Factor de ajuste por número de carriles de la calzada
  - $f_{id}$ : Factor de ajuste por separación entre enlaces
- Los valores de estos factores de ajuste se obtienen de las siguientes tablas:

Anchura del carril (m)	Factor de ajuste por anchura del carril (km/h)
3,6	0,0
3,5	1,0
3,4	2,1
3,3	3,1
3,2	5,6
3,1	8,1
3,0	10,6

Tabla 12: Factores de ajuste por anchura del carril (Fuente: Highway Capacity Manual)

Despeje lateral arcén derecho (m)	Factor de ajuste por distancia a los obstáculos laterales (km/h)			
	Carriles en una dirección			
	2	3	4	≥5
≥1,8	0,0	0,0	0,0	0,0
1,5	1,0	0,7	0,3	0,2
1,2	1,9	1,3	0,7	0,4
0,9	2,9	1,9	1,0	0,6
0,6	3,9	2,6	1,3	0,8
0,3	4,8	3,2	1,6	1,1
0,0	5,8	3,9	1,9	1,3

Tabla 13: Factores de ajuste por distancia a los obstáculos laterales (Fuente: Highway Capacity Manual)

Número de carriles (en una dirección)	Factor de ajuste por número de carriles de la calzada (km/h)
≥5	0,0
4	2,4
3	4,8
2	7,3

Tabla 14: Factor de ajuste por número de carriles de la calzada (Fuente: Highway Capacity Manual)

Enlaces por kilómetro	Factor de ajuste por separación entre enlaces (km/h)
≤0,3	0,0
0,4	1,1
0,5	2,1
0,6	3,9
0,7	5
0,8	6
0,9	8,1
1,0	9,2
1,1	10,2
1,2	12,1



Tabla 15: Factor de ajuste por separación entre enlaces (Fuente: Highway Capacity Manual)

Se realizarán interpolaciones para la obtención de aquellos factores de ajuste que ofrecen resultados para valores concretos, en el caso de que los valores del estudio sean distintos a los valores reales en cada caso.

La densidad equivalente depende también de la **densidad punta equivalente**, cuyo cálculo se detalla a continuación.

$$IPE = \frac{IP}{FHP \cdot N \cdot f_{vp} \cdot f_e}$$

Donde:

- $IPE$ : Intensidad punta equivalente en vehículos ligeros/hora/carril
- $IP$ : Intensidad de proyecto en vehículos/hora/calzada
- $N$ : Número de carriles de la calzada
- $f_{vp}$ : Factor de equivalencia en vehículos ligeros (parámetro adimensional)
- $f_e$ : Factor de equivalencia a conductores ligeros (parámetro adimensional)

Hay que tener en cuenta que, al tratarse de vías con calzadas separadas para cada sentido, el nivel de servicio no tiene porqué ser igual para ambos sentidos. No suele ser habitual encontrar repartos entre sentidos muy diferenciados, no obstante las diferencias pueden ser suficientes como para hacer que los niveles de servicio no sean los mismos. Por este motivo se multiplica la intensidad del proyecto por el porcentaje de reparto entre sentidos. Se debe multiplicar por el porcentaje correspondiente al sentido con mayor tráfico, es decir, el que sea mayor o igual al 50%, puesto que será el sentido en el que haya una mayor densidad equivalente y por lo tanto se den unas condiciones de tráfico peores.

La obtención del factor de equivalencia en vehículos ligeros requiere de un cálculo independiente, que se especifica a continuación:

$$f_{vp} = \frac{100}{100 + \%V_p \cdot (E - 1)}$$

Donde:

- $f_{vp}$ : Factor de equivalencia en vehículos ligeros (parámetro adimensional)
- $\%V_p$ : Porcentaje de vehículos pesados
- $E$ : Equivalente en vehículos ligeros (parámetro adimensional)

Factor de equivalencia E	Tipo de terreno		
	Llano	Ondulado	Montañosos
	1,5	2,5	4,5

Tabla 16: Factor de equivalencia E en vehículos ligeros (Fuente: Highway Capacity Manual)

Respecto al factor de equivalencia a conductores habituales, si no se especifica ninguna información, se considerará igual a 1.

Una vez conocidas la velocidad libre y la intensidad punta equivalente se puede proceder al cálculo de la **velocidad media de circulación**.

Como se puede apreciar en la *imagen*, se observa que el gráfico que relaciona velocidad media e intensidad punta equivalente se compone de dos partes diferenciadas: una primera parte en la que la gráfica es horizontal y con la velocidad media igual a la velocidad libre hasta que se alcanza la intensidad punta equivalente (3100 – 15VL), y una segunda parte en forma de curva descendente que empieza a continuación. Por éste motivo el cálculo de la velocidad media se realiza de forma distinta en función de la parte del gráfico en la que nos hallemos:

· Si  $IPE \leq (3100 - 15VL) \rightarrow VM = VL$

· Si  $(1800 + 5VL) \geq IPE > (3100 - 15VL)$

$$VM = VL - \left[ \frac{1}{28} \cdot (23 \cdot VL - 1800) \cdot \left( \frac{IPE + 15 \cdot VL - 3100}{20 \cdot VL - 1300} \right)^{2,6} \right]$$

En el caso de que la intensidad punta equivalente sea mayor que la capacidad de la calzada  $(1800 + 5VL)$  se habrá alcanzado el nivel de servicio F.

Finalmente, conociendo la intensidad punta equivalente y la velocidad media de circulación se puede obtener la densidad media equivalente.

$$D_{eq} = \frac{IPE}{VM}$$

Donde:

- $D_{eq}$ : Densidad equivalente en vehículos equivalentes/km/carril
- $IPE$ : Intensidad punta equivalente en vehículos ligeros/hora/carril
- $VM$ : Velocidad media de circulación en km/h

En la siguiente tabla se especifican los niveles de servicio correspondientes a cada rango de densidades equivalentes:

Nivel de servicio	Densidad equivalente (VI/km/carril)
<b>A</b>	$0 < D_{eq} < 7$
<b>B</b>	$7 < D_{eq} < 11$
<b>C</b>	$11 < D_{eq} < 16$
<b>D</b>	$16 < D_{eq} < 22$
<b>E</b>	$22 < D_{eq} < 28$
<b>F</b>	$> 28$

Tabla 17: Niveles de servicio según la densidad equivalente (Fuente: Highway Capacity Manual)

### 3.1.7 NIVELES DE SERVICIO MÍNIMOS

Según la normativa de trazado 3.1-IC, cada carretera debe tener un nivel de servicio mínimo. Los niveles de servicio vienen definidos en función de la velocidad de proyecto, que depende del radio mínimo de curvatura y de la longitud máxima de las rectas en cada tramo. Al diseñar una carretera, hay que tener en cuenta que en la hora proyecto del año horizonte, es decir la intensidad de la H 30 en año horizonte, no se supere el nivel de servicio especificado.

· Velocidades de proyecto según los radios de curvatura:

En la siguiente tabla solamente se especifican los datos referentes al grupo 3. La normativa de trazado establece tres grupos diferentes de carreteras, y todos los tramos estudiados pertenecen al tercero (Carreteras multicarril C-90, C-80, C-70, C-60, C-50 y C-40 y Carreteras convencionales C-90, C-80, C-70, C-60, C-50 y C-40).

Velocidad de proyecto (km/h)	Grupo 3	
	Radio Mínimo (m)	Peralte Máximo (%)
90	350	7,00
80	265	7,00
70	190	7,00
60	130	7,00
50	85	7,00
40	50	7,00

Tabla 18: Relación velocidad de proyecto-radio mínimo-peralte máximo (Fuente: Normativa de trazado 3.1-IC)

·Velocidades de proyecto según las longitudes de las rectas

$$L_{min,s} = 1,39 \cdot V_p$$

$$L_{min,0} = 2,78 \cdot V_p$$

$$L_{max} = 16,70 \cdot V_p$$

Donde:

$L_{min,s}$ : Longitud mínima para trazados en "S" en metros (alineación recta entre alineaciones curvas con radios de curvatura de sentido contrario).

$L_{min,0}$ : Longitud mínima para el resto de casos en metros (alineación recta entre alineaciones curvas con radios de curvatura del mismo sentido).

$L_{max}$ : Longitud máxima en metros.

Según las características de cada tramo se tendrá en cuenta el criterio de las rectas o de los radios de curvatura mínimos para el cálculo de la intensidad de proyecto. En el caso de los trazados que incluyan tanto rectas como curvas y por lo tanto sea posible el cálculo por los dos métodos, se escoge el valor de la intensidad de proyecto más bajo entre ambos.

En la siguiente tabla se especifican cuales son los niveles de servicio mínimos exigidos en carreteras convencionales en función de su velocidad de proyecto.

Clase de carretera	Velocidad de proyecto (km/h)	Nivel de servicio mínimo en la hora de proyecto del año horizonte
<b>Carretera Convencional</b>	100	D
	90 y 80	D
	70 y 60	E
	50 y 40	E
<b>Carretera multicarril</b>	100	D
	90 y 80	D
	79 y 60	E
	50 y 40	E

Tabla 19: Nivel de servicio mínimo en carreteras convencionales y multicarril en función de la intensidad de proyecto (Fuente: Normativa de trazado 3.1-IC)

En este estudio se entiende por año horizonte el año en el que se alcanzaría la capacidad de la vía si no se efectúa toma ninguna medida de mejora.

### 3.2 OBTENCIÓN DE DATOS

Las estaciones de aforo pertenecientes a la red de carreteras locales de la Diputación de Barcelona son los que proporcionan parte de los datos necesarios para el desarrollo del cálculo de los niveles de servicio. De la información asociada a estas estaciones se obtiene la Intensidad de proyecto y el porcentaje de vehículos pesados. Los datos que se han tenido en cuenta para el cálculo de los niveles de servicio en el caso inicial son los correspondientes a los últimos aforos, llevados a cabo durante los años 2015 y 2016 (en función de cada estación).

Existen dos parámetros más relacionados con las características del tráfico que se deben obtener para la obtención del nivel de servicio, pero que sin embargo no vienen adjuntos en la información asociada a los aforos llevados a cabo por la Diputación de Barcelona.

#### Factor de hora punta:

Este dato se tiene que calcular de forma manual. Se acude a los puntos más cercanos posibles a las estaciones de aforo que se tienen en cuenta durante las horas punta (estas horas sí que vienen indicadas en los aforos) para grabar vídeos en los que queden registrados todos los vehículos que circulen por los tramos de interés. Estas medidas se han llevado a cabo durante días entre semana a finales de junio y principios de julio del 2017. Posteriormente, analizando dichos vídeos se contabiliza el número de vehículos en cada minuto dentro de la hora punta. Una vez conocido el número de vehículos durante los 15 minutos de máxima intensidad y el número total de vehículos durante la hora punta se puede obtener el factor de hora punta.

#### Reparto entre sentidos:

Se trata de un dato que sí se proporcionaba en aforos de la Diputación de Barcelona de años anteriores, pero que sin embargo no se incluye en los años 2015 ni 2016. Su obtención se hace a partir de los mismos vídeos utilizados para la obtención del factor de hora punta. Contabilizando en número de vehículos que circulan hacia un sentido u otro durante la hora punta se puede establecer el porcentaje de vehículos que circulan en cada sentido.



*Ilustración 16: Filmación durante la hora punta a la altura de las estaciones EA00748 y EA00746 (Fuente: Propia)*

Estación	Carretera	PK inicio	PK final	PK estación	Último año
EA00680	BV-2115	0,480	0,975	0,750	2015
EA00748	C-246a	45,715	48,280	47,000	2015
EA00746	C-246a	38,490	40,880	38,625	2016
EA00230	BV-2113	0,490	2,360	0,600	2015
EA00231	BV-2113	0,490	2,360	2,000	2016
EA00675	BV-2113	0,490	2,360	1,000	2016

Tabla 20: Estaciones de aforo de los tramos de estudio (Fuente: Elaboración propia)

Por otro lado hay una serie de datos que no dependen de las características del tráfico sino que de las características físicas de las vías de circulación, por lo que no se pueden obtener a partir de informaciones relacionadas a las estaciones de aforo. A continuación se detallan cuales son estos datos y su método de obtención:

·Anchura del carril y de los arcenes:

La anchura de los carriles para cada sentido no siempre es simétrica, como tampoco lo son los arcenes, pues puede haber pequeñas diferencias de anchura entre los dos sentidos de circulación. Sin embargo, teniendo en cuenta que dichas diferencias no son significativas en la mayor parte de casos, y con el objetivo de no tener que realizar cálculos separados para cada sentido se considera que existe una simetría y se calculan las anchuras del carril y de los arcenes de la siguiente forma.

$$A_{carril} = \frac{A_{carril1} + A_{carril2}}{2}$$

$$A_{arcén} = \frac{A_{total} - 2A_{carril}}{2}$$

Por otro lado dichas anchuras tampoco son constantes a lo largo de los tramos, pues existen variaciones debido a las características del trazado, la proximidad con edificios o fincas colindantes, el paso sobre pequeños viaductos, los accesos, etc. Por éste motivo se toman medias de las anchuras cada 50 metros para después obtener un promedio que caracterice a cada tramo.

$$A_{final} = \frac{\sum_{i=1}^{50} A_i}{50}$$

Estas medidas se toman utilizando la aplicación VISSIR v3.26 del Institut Cartogràfic i Geogràfic de Catalunya, que da acceso a topografía y orto-fotografías actualizadas de toda la geografía catalana. El modo más preciso de realizar estos cálculos sería acudir a las carreteras y tomar las medidas in situ. Sin embargo al haber una circulación constante de vehículos este método ha sido descartado por su peligrosidad, recurriendo al método descrito, aunque no sea tan preciso.

·Número de accesos:

El uso de la aplicación VISSIR permite también calcular el porcentaje de zonas con prohibido adelantar (la proporción entre la distancia con prohibición y la distancia total) y el número de accesos por kilómetro.

$$\%_{prohibidoadelantar} = \frac{l_{prohibidoadelantar}}{l_{tramo}}$$

$$n_{accesos/km} = \frac{n_{accesos}}{l_{tramo}}$$

#### ·Tipo de relieve:

Mediante la aplicación VISSIR se puede obtener la cota para cada punto de los tramos estudiados, de éste modo se pueden calcular las pendientes de las carreteras. La distinción entre relieves llanos, ondulados, accidentados o muy accidentados se hace en base a la normativa de trazado 3.1-IC.

#### ·Radios de curvatura:

Los radios de curvatura mínimos de en cada tramo, necesarios para el cálculo de la velocidad de proyecto según la normativa de trazado 3.1-IC, se estiman con la ayuda de la aplicación VISSIR. Se trazan dos rectas normales a la curva, una al inicio y otra al final (intentando intentando en la medida de lo posible evitar trazar las normales en las curvas de transición), y se calcula la longitud entre el inicio y la intersección de ambas rectas.

#### ·Porcentaje de zonas con prohibido adelantar:

Este dato se obtiene también mediante el uso de la aplicación VISSIR, estableciendo el cociente entre la longitud con línea continua, que indica la prohibición de adelantar, y la longitud total del tramo. Es importante comprobar que las ortofotos no sean antiguas, ya que podría darse el caso de que existan zonas en los que años atrás había línea discontinua pero actualmente haya línea continua, y viceversa.

#### ·Velocidad Libre Básica:

Al tratarse de la velocidad máxima autorizada, se obtiene simplemente acudiendo a los tramos de estudio y observando los límites de velocidad indicados en la señalización vertical. En el caso de no poder ir físicamente a dichos tramos de carretera, la aplicación Street View de Google puede resultar una herramienta muy útil.

En anejos se detallan todos los datos relacionados tanto con las estaciones de aforo como con las características físicas de las carreteras que empleadas en este estudio.

Por otro lado, para las extrapolaciones de tendencias que se llevan a cabo en las prognosis se necesitará información relativa a años anteriores. Las IMD e intensidades de proyecto de años pasados se han obtenido a partir de la información asociada a los aforos llevados a cabo por la Diputació de Barcelona. Cada año se han llevado a cabo campañas de aforo diferentes, de forma que cada estación tiene asociada información de años diferentes. Se tienen en cuenta todos los datos disponibles desde el año 2000 (el más lejano del cual se dispone información) hasta la última campaña de aforo (2016). Los datos referentes al parque de vehículos en años pasados se obtiene del Institut d'Estadística de Catalunya (Idescat).

### 3.3 PROGNOSIS DE TRÁFICO

El objetivo de las prognosis de tráfico es el de estimar la previsión de la demanda de tráfico con tal de determinar el comportamiento futuro de la red de carreteras. Éstas previsiones incluyen un cierto margen de error, que será mayor cuando más dilatado sea el plazo de la prognosis. Con tal de intentar reducir el error, las prognosis toman en consideración variables cuya evolución se puede prever con mayor exactitud y en función de las cuales puede determinarse la variación del tráfico.

La complejidad, y por lo tanto el coste de estos métodos de previsión, serán mayores en cuando se tengan en cuenta un mayor número de variables. La aplicación de los métodos más costosos se justifica para proyectos de gran alcance.

Los métodos más sencillos se basan en la extrapolación de tendencias observadas en series temporales suficientemente largas, mientras que los métodos complejos lo hacen en modelos que permiten analizar las decisiones de los viajeros.

En este estudio se emplearan tres métodos sencillos que se describen a continuación. Posteriormente se comparará los resultados obtenidos para cada caso. Se espera que los tres métodos proporcionen resultados con valores parecidos, de forma que para los pasos posteriores se tendrán en cuenta los valores que impliquen unas intensidades de tráfico mayores con tal de estar del lado de la seguridad. En el caso de que uno de los métodos proporcione unos resultados muy superiores respecto a los otros dos se decidirá descartarlo, y para las siguientes etapas del estudio se tendrá en cuenta el valor más elevado de los dos restantes, pues el hecho de considerar valores sobredimensionados nos llevaría una interpretación errónea del comportamiento del tráfico y en consecuencia a unas conclusiones incorrectas respecto a los tramos de carretera estudiados.

Mediante las prognosis se estimarán tanto las intensidades medias diarias como las intensidades de proyecto (nos serán necesarias para el cálculo de los niveles de servicio futuros) a 5 y 10 años vista.

#### 3.3.1 MÉTODO DE CRECIMIENTO LINEAL DEL TRÁFICO

Consiste en extrapolar el ritmo de crecimiento del tráfico observado en años anteriores suponiendo que se conservará en el futuro. Para ello se requiere de una serie de IMD correspondientes a los años anteriores. Es el método más sencillo, pero su principal inconveniente es su poca fiabilidad cuando el plazo de previsión supera los 5 años. Sin embargo este método se puede utilizar más allá de este horizonte para disponer de un orden de magnitud. La expresión que permite obtener la intensidad de tráfico futura es la siguiente:

$$IMD_n = IMD_0 \cdot (1 + C)^n$$

Donde:

· $IMD_0$ : Intensidad media diaria en el año actual en vehículos/día

· $IMD_i$ : Intensidad media diaria en el año n en vehículos/día

· $n$ : Plazo de la prognosis en años

· $C$ : Tasa de crecimiento anual (factor adimensional) calculado como promedio del crecimiento anual de los años anteriores

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n C_i}{i}$$

### 3.3.2 MÉTODO DE CRECIMIENTO LINEAL DEL PARQUE DE VEHÍCULOS

Dado que el crecimiento del tráfico está directamente relacionado con el del parque de vehículos automóviles, se pueden realizar previsiones del tráfico basándose en la evolución futura del parque de vehículos. El problema de usar éste método en grandes ejes, autopistas y carreteras de largo recorrido este método es que el tráfico generado no proviene de una sola región o país y en consecuencia no se puede tomar el parque de vehículos de la zona donde se ubica el tramo estudiado como valor fiable para la aplicación de este método. Sin embargo, al centrarse éste estudio en carreteras que unen poblaciones vecinas, la gran mayoría del tráfico estará compuesto por conductores locales de modo que habrá una buena correlación entre tráfico. La expresión es la siguiente:

$$IMD_n = IMD_0 \cdot \frac{P_n}{P_0} \cdot f$$

Donde:

- $IMD_0$ : Intensidad media diaria en el año actual en vehículos/día
- $IMD_n$ : Intensidad media diaria en el año n en vehículos/día
- $P_0$ : Parque de la región afectada en el año actual en vehículos/1000habitantes
- $P_n$ : Parque de la región afectada en el año n en vehículos/1000habitantes
- $n$ : Plazo de la prognosis en años
- $f$ : Factor de corrección

El valor del parque en la región afectada se obtiene ponderando el parque en los municipios que recorren los tramos estudiados en función de su población.

El factor de corrección permite tener en cuenta circunstancias que hagan previsible un crecimiento más rápido o más lento. Si no se proporciona información al respecto se asumirá un valor igual a 1.

### 3.3.3 MÉTODO DE LOS FACTORES DE CRECIMIENTO

$$(IMD)_n = A \cdot (1 + T)^n \cdot L \cdot I$$

Donde:

- $IMD_n$ : Intensidad media diaria en el año n en vehículos/día
- $A$ : Tráfico existente en el tramo de estudio en vehículos/día
- $T$ : Tasa de crecimiento anual (factor adimensional) calculado como promedio del crecimiento anual del tráfico de los años anteriores

$$T = \frac{\sum_{i=1}^n T_i}{i}$$

- $n$ : Plazo de la prognosis en años
- $L$ : Factor para referir a las condiciones locales del tramo en estudio al crecimiento medio del tráfico en el país (factor adimensional)
- $I$ : Factor de inducción al tráfico (factor adimensional)



En la siguiente tabla se muestran los valores del coeficiente L, que dependen del carácter rural o urbano así como el nivel de desarrollo y los usos mayoritarios del territorio por donde transcurren los tramos analizados.

Zona	L normal	L excepcional
<b>Zona semiurbana de poco desarrollo</b>	0,60	0,70
<b>Zona rural de carácter agrícola</b>	0,80	1,00
<b>Zona rural de carácter medio</b>	0,90	1,00
<b>Zona rural con influencia turística</b>	1,10	1,20
<b>Zona de influencia de grandes ciudades con tráfico de recreo</b>	1,15	1,25
<b>Zona en desarrollo urbano</b>	1,20	1,30
<b>Zona urbana en desarrollo</b>	1,50	2,00
<b>Zona urbana turística</b>	1,80	2,50
<b>Zona de desarrollo extraordinario</b>	2,00	3,00

Tabla 21: Valores normales y excavaciones del coeficiente L (Fuente: Ingeniería de tráfico)

A continuación se muestran los valores del factor de tráfico inducido, que dependerán de las mejoras que se apliquen a los tramos de carretera sobre los cuales se aplica la prognosis. Este factor será igual a 1 en el caso de que no se vaya a aplicar ninguna mejora.

Mejoras introducidas	Factor I
<b>Mejora de carretera existente</b>	de 1,00 a 1,10
<b>Creación (o transformación) de autopista de peaje</b>	de 1,10 a 1,20
<b>Creación (o transformación) de autopista libre</b>	de 1,20 a 1,30
<b>Caso excepcional de acortamiento de tiempo de recorrido</b>	de 1,30 a 1,50

Tabla 22: Valores del factor de inducción al tráfico (Fuente: Ingeniería de tráfico)

## 4 CÁLCULOS CASO INICIAL

### 4.1 DATOS DEL CASO INICIAL

Estación	Carretera	IMD	IP	V. Pesados (%)	Hora Punta	F. de Hora Punta	Reparto (%)
<b>EA00680</b>	BV-2115	15710	1369	5,54	9:00	0,78	55,10/44,90
<b>EA00748</b>	C-246a	11715	1158	4,81	9:00	0,90	59,18/40,82
<b>EA00746</b>	C-246a	11095	922	7,35	20:00	0,88	50,14/49,86
<b>EA00230</b>	BV-2113	8872	724	3,73	18:00	0,90	51,39/48,61
<b>EA00231</b>	BV-2113	10867	861	7,30	10:00	0,95	51,61/48,39
<b>EA00675</b>	BV-2113	10880	916	6,84	16:00	0,88	54,97/45,03

Tabla 23: Datos relacionados con las características del tráfico en las estaciones analizadas (Fuente: Elaboración propia a partir de los aforos de la Diputació de Barcelona)

Estación	A. Carril (m)	A. Arcén (m)	Accesos	Adelantamiento (%)	VLB (km/h)	Relieve
<b>EA00680</b>	3,22	0,37	6	0	70	Llano
<b>EA00748</b>	3,26	0,94	16	0	70	Llano
<b>EA00746</b>	3,32	1,02	11	21,09	70	Llano
<b>EA00230</b>	3,31	0,4	6	0	70	Llano
<b>EA00231</b>	3,31	0,4	6	0	70	Llano
<b>EA00675</b>	3,31	0,4	6	0	70	Llano

Tabla 24: Datos relacionados con las propiedades de las vías de circulación (Fuente: Elaboración propia)

Al estar sus velocidades libres limitadas a 70 km/h, los cuatro tramos se clasifican como carreteras de clase II.

## 4.2 NIVELES DE SERVICIO EN EL CASO INICIAL

Para cada tramo se llevarán a cabo los cálculos para la obtención de los niveles de servicio teniendo en cuenta los datos detallados que se han proporcionado anteriormente y según los procedimientos especificados en la metodología.

A diferencia de en los tres primeros, en último tramo éste hay tres estaciones de aforos diferentes, que proporcionan valores ligeramente distintos. En éste caso se realiza el cálculo con los datos proporcionados por cada uno de ellos (midiendo también factores de hora punta en función de la hora punta indicada para cada estación) para finalmente considerar los resultados más críticos con tal de estar al lado de la seguridad.

BV-2115 - TRAMO PK 0,480 a 0,975:

Éste tramo que de cerca de medio kilómetro de longitud se caracteriza por sus escasos arcenes, prácticamente inexistentes excepto en los últimos metros en los que se ensancha en las cercanías del enlace con la carretera C-31. También cabe destacar la elevada concentración de accesos, que corresponden mayormente a naveas adyacentes a la vía o caminos particulares que comunican con pequeñas fincas cercanas. También existe un pequeño viaducto, que apenas supera la decena de metros de longitud, que permite cruzar el Torrent de Sant Joan. El trazado es completamente rectilíneo, y el relieve llano, pues el recorrido parte de una altura de 30m y finaliza a algo menos de 38m, lo que supone una pendiente positiva que no llega al 1%.

Velocidad libre:

Factor de ajuste por anchura del carril y de los arcenes  $f_{ls}$ : 8,5

Número de accesos por kilómetro:  $\frac{6}{0,495} = 12,12$

Factor de ajuste por número de accesos  $f_a$  interpolado: 8,08

$$VL = 70 - 8,5 - 8,08 = 53,43 \text{ km/h}$$

Intensidad punta equivalente (según porcentaje de tiempo de demora):

Equivalente en vehículos ligeros  $E$ : 1,0

$$f_{vp} = \frac{100}{100 + 5,54 \cdot (1 - 1)} = 1$$

Factor de equivalencia a terreno llano  $f_t$ : 1

$$IPE = \frac{1369}{0,78 \cdot 1 \cdot 1} = 1755 \text{ Vehículos ligeros/hora}$$

$IPE < 3200 \text{vehículos ligeros/hora}$  por lo tanto no se supera la capacidad de la carretera

Intensidad punta equivalente (según velocidad media de recorrido):

Equivalente en vehículos ligeros  $E$ : 1,1

$$f_{vp} = \frac{100}{100 + 5,54 \cdot (1,1 - 1)} = 0,995$$

Factor de equivalencia a terreno llano  $f_t$ : 1

$$IPE = \frac{1369}{0,78 \cdot 0,995 \cdot 1} = 1764 \text{ Vehículos ligeros/hora}$$

$IPE < 3200$  vehículos ligeros/hora por lo tanto no se supera la capacidad de la carretera

Velocidad media de recorrido:

Factor de ajuste por efecto de las zonas con prohibido adelantar en la velocidad media de recorrido  $f_{pa}$  interpolado: 2,15

$$VM = 53,43 - 0,0125 \cdot 1764 - 2,15 = 29,23 \text{ km/h}$$

Porcentaje de tiempo de demora:

Factor de ajuste por efecto del reparto entre sentidos y de las zonas con prohibido adelantar  $f_{r/pa}$  interpolado: 5,84

$$\%TD = 100 \cdot (1 - e^{-0,000879 \cdot 1755}) + 5,84 = 84,46\%$$

El nivel de servicio en éste tramo de carretera es D, aunque con cualquier cambio se alcanzaría el nivel E con mucha facilidad. Esto nos indica que la intensidad del tráfico está relativamente cerca de la capacidad de la vía. Los adelantamientos serán imposibles tanto por la no existencia de zonas de adelantamiento como por la falta de oportunidades debido al propio tráfico. Se puede esperar que casi todos los conductores circularen a velocidades constantes delimitadas por los vehículos más lentos, de forma que la velocidad libre de circulación será mucho menor que la velocidad libre básica.

<i>VLB</i>	70 km/h
$f_{ls}$	8,5
$f_a$	8,08
<i>VL</i>	53,43 km/h
<i>IP</i>	1369 vehículos/hora
<i>FHP</i>	0,78
$\%v_p$	5,54%
<i>E(%TD)</i>	1
$f_{vp}(\%TD)$	1
$f_t(\%TD)$	1
<i>IPE(%TD)</i>	1755 vehículos ligeros/hora
<i>E(VM)</i>	1,1
$f_{vp}(VM)$	0,995
$f_t(VM)$	1
<i>IPE(VM)</i>	1764 vehículos ligeros/hora
<i>Reparto entre sentidos</i>	55,1/44,9
<i>Porcentaje de zonas con prohibido adelantar</i>	100%
$f_{pa}$	2,15
<i>VM</i>	29,23 km/h
$f_{r/pa}$	5,84
<i>Porcentaje de tiempo de demora</i>	84,46%
<b>Nivel de Servicio</b>	<b>D</b>

Tabla 25: Resumen de los cálculos y nivel de servicio obtenido en el tramo de la carretera BV-2215 en el estado inicial (Fuente: Elaboración propia)

C-246a - TRAMO PK 45,715 a 48,280:

Se trata del tramo más largo de los cuatro. El tramo se inicia con un tramo recto en ligera bajada durante aproximadamente los primeros 530m, a continuación hay una curva hacia la izquierda que da inicio a una breve subida de 275m con una pendiente algo inferior al 2% hasta la cota más alta del tramo, a 25m. A continuación, tras un giro hacia la derecha se inicia una larga recta casi ininterrumpida si no fuera por una muy ligera curva hacia la izquierda a la altura del PK 47,880. Durante los primeros 300m de esta recta hay una pequeña pendiente de bajada de alrededor del 1,9% (la mayor de todo el tramo). Pese a la longitud de la recta, que puede resultar tentadora para circular a velocidades elevadas, hay una limitación que impide superar los 70km/h (incluso en los tramos de curvas se aconsejan velocidades más bajas), y no hay ninguna zona de adelantamiento. Existen varios enlaces, la mayoría de ellos correspondientes a pequeños caminos que enlazan con fincas particulares, pero también hay dos bien señalizadas sobre la calzada que unen la carretera con los barrios de L'Aragai i Santa Llúcia. La anchura de los arcenes varía a lo largo del éste tramo, aunque de promedio algo menor a un metro, mientras que la de los carriles se mantiene bastante constante.

Velocidad libre:

Factor de ajuste por anchura del carril y de los arcenes  $f_{ls}$ : 5,9

Número de accesos por kilómetro:  $\frac{16}{2,565} = 6,23$

Factor de ajuste por número de accesos  $f_a$  interpolado: 4,15

$$VL = 70 - 5,9 - 4,15 = 59,95 \text{ km/h}$$

Intensidad punta equivalente (según tiempo de demora):

Equivalente en vehículos ligeros  $E$ : 1,1

$$f_{vp} = \frac{100}{100 + 4,81 \cdot (1,1 - 1)} = 0,995$$

Factor de equivalencia a terreno llano  $f_t$ : 1

$$IPE = \frac{1158}{0,9 \cdot 0,995 \cdot 1} = 1293 \text{ Vehículos ligeros/hora}$$

$IPE < 3200 \text{vehículos ligeros/hora}$  por lo tanto no se supera la capacidad de la carretera

Intensidad punta equivalente (según velocidad media de recorrido):

Equivalente en vehículos ligeros  $E$ : 1,2

$$f_{vp} = \frac{100}{100 + 4,81 \cdot (1,2 - 1)} = 0,991$$

Factor de equivalencia a terreno llano  $f_t$ : 1 (según porcentaje de tiempo de demora)

$$IPE = \frac{1158}{0,9 \cdot 0,991 \cdot 1} = 1298 \text{ Vehículos ligeros/hora}$$

$IPE < 3200 \text{vehículos ligeros/hora}$  por lo tanto no se supera la capacidad de la carretera



Velocidad media de recorrido:

Factor de ajuste por efecto de las zonas con prohibido adelantar en la velocidad media de recorrido  $f_{pa}$  interpolado: 3,06

$$VM = 59,95 - 0,0125 \cdot 1298 - 3,06 = 40,68 \text{ km/h}$$

Porcentaje de tiempo de demora:

Factor de ajuste por efecto del reparto entre sentidos y de las zonas con prohibido adelantar  $f_{r/pa}$  interpolado: 9,22

$$\%TD = 100 \cdot (1 - e^{-0,000879 \cdot 1293}) + 9,22 = 77,13\%$$

El nivel de servicio en éste tramo de carretera es D, estando en una situación aproximadamente equidistante entre los umbrales superiores e inferiores con los niveles E y C respectivamente. Bajo estas condiciones la mayoría de conductores ven condicionada su circulación en función de los vehículos precedentes, y la posibilidad de efectuar adelantamientos es nula debido a la prohibición en todo en trazado (de cualquier modo las oportunidades para adelantar serían muy bajas). La velocidad media de recorrido es también considerablemente más baja que la velocidad libre de recorrido.

<i>VLB</i>	70 km/h
<i>f<sub>ls</sub></i>	5,9
<i>f<sub>a</sub></i>	4,15
<i>VL</i>	59,95 km/h
<i>IP</i>	1158 vehículos/hora
<i>FHP</i>	0,90
<i>%v<sub>p</sub></i>	4,81%
<i>E (%TD)</i>	1,1
<i>f<sub>vp</sub> (%TD)</i>	0,995
<i>f<sub>t</sub> (%TD)</i>	1
<i>IPE (%TD)</i>	1293 vehículos ligeros/hora
<i>E (VM)</i>	1,2
<i>f<sub>vp</sub> (VM)</i>	0,991
<i>f<sub>t</sub> (VM)</i>	1
<i>IPE (VM)</i>	1298 vehículos ligeros/hora
<b>Reparto entre sentidos</b>	59,18/40,82
<b>Porcentaje de zonas con prohibido adelantar</b>	100%
<i>f<sub>pa</sub></i>	3,06
<i>VM</i>	40,68 km/h
<i>f<sub>r/pa</sub></i>	9,22
<b>Porcentaje de tiempo de demora</b>	77,13%
<b>Nivel de servicio</b>	<b>D</b>

Tabla 26: Resumen de los cálculos y nivel de servicio obtenido en el primer tramo de la carretera C-246a en el estado inicial (Fuente: Elaboración propia)

### C-246a - TRAMO PK 38,490 a 40,880:

Es un tramo con características similares al otro tramo de la carretera C-246a estudiado. A lo largo de recorrido existe una ligera pendiente positiva, pasando se de 12m en el PK 38,490 hasta los 56m, en el PK 40,880, lo que implica una pendiente promedia de poco más del 1%. El tramo se inicia con una larga recta de algo más de kilómetro y medio, con una limitación de la velocidad de 70km/h, y con un tramo de unos 500m para poder adelantar. Finalizada la recta hay una secuencia de dos curvas, hacia la izquierda y hacia la derecha respectivamente. Poco después hay una pequeña recta en a que se ubica el principal enlace del tramo, bien señalizado sobre la calzada y que implica un aumento de la sección total momentáneo, que une la carretera con la urbanización Els Cards. Poco después hay un nuevo giro hacia la izquierda que da lugar a una pequeña recta de algo menos de 250m. Dicha recta confluye en una rotonda que enlaza la carretera C-246a con la BV-2113 y la Rambla del Garraf (Sant Pere de Ribes), en la que finaliza este tramo. Justo al inicio de este tramo hay un viaducto de algo más de 100m de longitud que permite superar el cauce de la Riera de Ribes. Exceptuando el enlace ya mencionado y otro que une la vía con la urbanización Rocamar, el resto de enlaces corresponden a pequeños caminos rurales. No hay variaciones destacables en la anchura de los carriles ni los arcenes.

### Velocidad libre:

·Factor de ajuste por anchura del carril y de los arcenes  $f_{ls}$ : 4,9

Número de accesos por kilómetro:  $\frac{11}{2,390} = 4,60$

·Factor de ajuste por número de accesos  $f_a$  interpolado: 3,07

$$VL = 70 - 4,9 - 3,07 = 62,03 \text{ km/h}$$

### Intensidad punta equivalente (según porcentaje de tiempo de demora):

Equivalente en vehículos ligeros  $E$ : 1,1

$$f_{vp} = \frac{100}{100 + 7,35 \cdot (1,1 - 1)} = 0,993$$

Factor de equivalencia a terreno llano  $f_t$ : 1

$$IPE = \frac{922}{0,88 \cdot 0,993 \cdot 1} = 1055 \text{ Vehículos ligeros/hora}$$

$IPE < 3200 \text{vehículos ligeros/hora}$  por lo tanto no se supera la capacidad de la carretera

### Intensidad punta equivalente (según velocidad media de recorrido):

Equivalente en vehículos ligeros  $E$ : 1,2

$$f_{vp} = \frac{100}{100 + 7,35 \cdot (1,2 - 1)} = 0,986$$

Factor de equivalencia a terreno llano  $f_t$ : 1

$$IPE = \frac{922}{0,88 \cdot 0,986 \cdot 1} = 1063 \text{ Vehículos ligeros/hora}$$

$IPE < 3200$  vehículos ligeros/hora por lo tanto no se supera la capacidad de la carretera

Velocidad media de recorrido:

Factor de ajuste por efecto de las zonas con prohibido adelantar en la velocidad media de recorrido  $f_{pa}$  interpolado: 3,39

$$VM = 62,03 - 0,0125 \cdot 1063 - 3,39 = 45,35 \text{ km/h}$$

Porcentaje de tiempo de demora:

Reparto entre sentidos: 50,14/49,86

Porcentaje de zonas con prohibido adelantar:  $1886 \text{ m} / 2390 \text{ m} = 78,91\%$

Factor de ajuste por efecto del reparto entre sentidos y de las zonas con prohibido adelantar  $f_{r/pa}$  interpolado: 11,38

$$\%TD = 100 \cdot (1 - e^{-0,000879 \cdot 1055}) + 11,38 = 71,82\%$$

El nivel de servicio en éste tramo de carretera es D, muy cerca del umbral inferior con el nivel C. En este tramo los conductores cuentan con un tramo de unos 500 metros para realizar adelantamientos, sin embargo las posibilidades de adelantar serán reducidas si tenemos en cuenta que buena parte de los vehículos circularan formando pequeñas colas en las que deberán ceñirse a la velocidad impuesta por los vehículos más lentos. La velocidad media de recorrido es considerablemente inferior a la velocidad libre de circulación.

<i>VLB</i>	70 km/h
<i>f<sub>ls</sub></i>	4,9
<i>f<sub>a</sub></i>	3,07
<i>VL</i>	62,03 km/h
<i>IP</i>	922 vehículos/hora
<i>FHP</i>	0,88
<i>%v<sub>p</sub></i>	7,35%
<i>E (%TD)</i>	1,1
<i>f<sub>vp</sub> (%TD)</i>	0,993
<i>f<sub>t</sub> (%TD)</i>	1
<i>IPE (%TD)</i>	1055 vehículos ligeros/hora
<i>E (VM)</i>	1,2
<i>f<sub>vp</sub> (VM)</i>	0,986
<i>f<sub>t</sub> (VM)</i>	1
<i>IPE (VM)</i>	1063 vehículos ligeros/hora
<i>Reparto entre sentidos</i>	50,14/49,86
<i>Porcentaje de zonas con prohibido adelantar</i>	78,91%
<i>f<sub>pa</sub></i>	3,39
<i>VM</i>	45,35 km/h
<i>f<sub>r/pa</sub></i>	11,38
<i>Porcentaje de tiempo de demora</i>	71,82%
<b>Nivel de servicio</b>	<b>D</b>

Tabla 27: Resumen de los cálculos y nivel de servicio obtenido en el segundo tramo de la carretera C-246a (Fuente: Elaboración propia)

BV-2113 - TRAMO PK 0,490 a 2,360:

El tramo parte en una pequeña recta la cual incluye un viaducto de alrededor de 50m de longitud para superar la Riera de Ribes. Poco después hay una curva hacia la izquierda, en donde encontramos el enlace que comunica con e Hospital Residencia de Sant Camil. A continuación hay una recta de unos 575m que pasa cerca del barrio de Puigmoltó. En esta recta hay un paso de cebrá que permite a los peatones llegar a una marquesina de autobús que sirve a dicho Barrio y que se encuentra al otro lado de la carretera. Junto al paso también hay un semáforo que suele estar en verde para los vehículos y solo se pone en rojo al accionar un pulsador a demanda de los peatones que quieran cruzar la vía. Es muy poco frecuente encontrar el semáforo en rojo puesto que muy poca gente suele utilizar la marquesina. Una vez finalizada la recta hay un giro hacia la derecha a partir del cual el límite de velocidad sube hasta los 70km/h y da lugar a una recta de algo más de 600m que confluye con la rotonda que una ésta vía con las carreteras C-31 y C-32 y que significa la conclusión del tramo. Los desniveles son prácticamente nulos en todo el recorrido, con una cota máxima de 42m y mínima de 32m. Los arcenes son bastante limitados, especialmente en la segunda mitad del tramo, apenas se supera el medio metro de anchura.

Velocidad libre:

·Factor de ajuste por anchura del carril y de los arcenes  $f_{ls}$ : 7,5

Número de accesos por kilómetro:  $\frac{6}{1,870} = 3,21$

·Factor de ajuste por número de accesos  $f_a$  interpolado: 1,61

$$VL = 70 - 7,5 - 1,61 = 60,89 \text{ km/h}$$

1-Estación EA00231

Intensidad punta equivalente (según porcentaje de tiempo de demora):

Equivalente en vehículos ligeros  $E$ : 1,1

$$f_{vp} = \frac{100}{100 + 3,73 \cdot (1,1 - 1)} = 0,996$$

Factor de equivalencia a terreno llano  $f_t$ : 1 (según porcentaje de tiempo de demora)

$$IPE = \frac{724}{0,90 \cdot 0,995 \cdot 1} = 808 \text{ Vehículos ligeros/hora}$$

$IPE < 3200 \text{vehículos ligeros/hora}$  por lo tanto no se supera la capacidad de la carretera

Intensidad punta equivalente (según porcentaje de tiempo de demora):

Equivalente en vehículos ligeros  $E$ : 1,2

$$f_{vp} = \frac{100}{100 + 3,73 \cdot (1,2 - 1)} = 0,993$$

Factor de equivalencia a terreno llano  $f_t$ : 1 (según velocidad media de recorrido)

$$IPE = \frac{724}{0,90 \cdot 0,993 \cdot 1} = 810 \text{ Vehículos ligeros/hora}$$

$IPE < 3200$ vehículos ligeros/hora por lo tanto no se supera la capacidad de la carretera

Velocidad media de recorrido:

Factor de ajuste por efecto de las zonas con prohibido adelantar en la velocidad media de recorrido  $f_{pa}$  interpolado: 4,87

$$VM = 60,89 - 0,0125 \cdot 810 - 4,74 = 46,03 \text{ km/h}$$

Porcentaje de tiempo de demora:

Factor de ajuste por efecto del reparto entre sentidos y de las zonas con prohibido adelantar  $f_{r/pa}$  interpolado: 15,14

$$\%TD = 100 \cdot (1 - e^{-0,000879 \cdot 808}) + 15,14 = 65,99\%$$

2-Estación EA00230

Intensidad punta equivalente (según porcentaje de tiempo de demora):

Equivalente en vehículos ligeros  $E$ : 1,1

$$f_{vp} = \frac{100}{100 + 7,30 \cdot (1,1 - 1)} = 0,993$$

Factor de equivalencia a terreno llano  $f_t$ : 1 (según porcentaje de tiempo de demora)

$$IPE = \frac{861}{0,95 \cdot 0,993 \cdot 1} = 912 \text{ Vehículos ligeros/hora}$$

$IPE < 3200$ vehículos ligeros/hora por lo tanto no se supera la capacidad de la carretera

Intensidad punta equivalente (según velocidad media de recorrido):

Equivalente en vehículos ligeros  $E$ : 1,2

$$f_{vp} = \frac{100}{100 + 7,30 \cdot (1,2 - 1)} = 0,986$$

Factor de equivalencia a terreno llano  $f_t$ : 1

$$IPE = \frac{861}{0,95 \cdot 0,986 \cdot 1} = 919 \text{ Vehículos ligeros/hora}$$

$IPE < 3200$ vehículos ligeros/hora por lo tanto no se supera la capacidad de la carretera

Velocidad media de recorrido:

Factor de ajuste por efecto de las zonas con prohibido adelantar en la velocidad media de recorrido  $f_{pa}$  interpolado: 4,48

$$VM = 60,89 - 0,0125 \cdot 912 - 4,48 = 45,01 \text{ km/h}$$

Porcentaje de tiempo de demora:

Factor de ajuste por efecto del reparto entre sentidos y de las zonas con prohibido adelantar  $f_{r/pa}$  interpolado: 13,79

$$\%TD = 100 \cdot (1 - e^{-0,000879 \cdot 919}) + 14,86 = 70,28\%$$

3-Estación EA00675:

Intensidad punta equivalente (según porcentaje de tiempo de demora):

Equivalente en vehículos ligeros  $E$ : 1,1

$$f_{vp} = \frac{100}{100 + 6,84 \cdot (1,1 - 1)} = 0,993$$

Factor de equivalencia a terreno llano  $f_t$ : 1 (según porcentaje de tiempo de demora)

$$IPE = \frac{916}{0,88 \cdot 0,993 \cdot 1} = 1048 \text{ Vehículos ligeros/hora}$$

$IPE < 3200 \text{vehículos ligeros/hora}$  por lo tanto no se supera la capacidad de la carretera

Intensidad punta equivalente (según velocidad media de recorrido):

Equivalente en vehículos ligeros  $E$ : 1,2

$$f_{vp} = \frac{100}{100 + 6,84 \cdot (1,2 - 1)} = 0,986$$

Factor de equivalencia a terreno llano  $f_t$ : 1

$$IPE = \frac{916}{0,88 \cdot 0,986 \cdot 1} = 1056 \text{ Vehículos ligeros/hora}$$

$IPE < 3200 \text{vehículos ligeros/hora}$  por lo tanto no se supera la capacidad de la carretera

Velocidad media de recorrido:

Factor de ajuste por efecto de las zonas con prohibido adelantar en la velocidad media de recorrido  $f_{pa}$  interpolado: 3,98

$$VM = 60,89 - 0,0125 \cdot 1055 - 3,98 = 43,72 \text{ km/h}$$

Porcentaje de tiempo de demora:

Factor de ajuste por efecto del reparto entre sentidos y de las zonas con prohibido adelantar  $f_{r/pa}$  interpolado: 12,05

$$\%TD = 100 \cdot (1 - e^{-0,000879 \cdot 1055}) + 12,05 = 72,49\%$$



Tras analizar los tres casos, vemos que el estado más lejano a la circulación libre se encuentra en la estación EA00675. El nivel de servicio en éste tramo de carretera es D, más cerca del umbral respecto al el nivel C que al nivel D. No se podrán efectuar adelantamientos tanto por la prohibición a lo largo del trazado como por la dificultad de encontrar oportunidades si estuviera permitido hacerlo. La velocidad media de recorrido está muy por debajo de la velocidad libre básica, especialmente en los tramos donde ésta está limitada a 50km/h. No obstante, al no ser la velocidad media de recorrido un valor determinante para las carreteras de clase II, hay que ser escéptico con el resultado obtenido según el cálculo ya es difícil que un resultado tan bajo corresponda con la realidad de la circulación en ésta carretera.

<i>VLB</i>	70 km/h
$f_{ls}$	7,5
$f_a$	1,61
<i>VL</i>	60,89 km/h
<i>IP</i>	916 vehículos/hora
<i>FHP</i>	0,88
$\%v_p$	6,84
<i>E (%TD)</i>	1,1
$f_{vp} (%TD)$	0,993
$f_t (%TD)$	1
<i>IPE (%TD)</i>	1048 vehículos ligeros/hora
<i>E (VM)</i>	1,2
$f_{vp} (VM)$	0,986
$f_t (VM)$	1
<i>IPE (VM)</i>	1056 vehículos ligeros/hora
<i>Reparto entre sentidos</i>	54,97/45,03
<i>Porcentaje de zonas con prohibido adelantar</i>	100%
$f_{pa}$	3,98
<i>VM</i>	43,72 km/h
$f_{r/pa}$	12,05
<i>Porcentaje de tiempo de demora</i>	72,49%
<b>Nivel de Servicio</b>	<b>D</b>

Tabla 28: Resumen de los cálculos y nivel de servicio obtenido para el tramo de la carretera BV-2113 (Fuente: Elaboración propia)

### 4.3 INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

Una característica en común que comparten los cuatro tramos estudiados es que son carreteras de tipo II, de modo que el único factor que se debe tener en cuenta en ellos para el cálculo de los niveles de servicio es el porcentaje de tiempo de demora. Las velocidades medias de recorrido se prevén bajas en éste tipo de carreteras (dado las bajas velocidades libres) de modo que no influyen en la obtención de los niveles de servicio, sin embargo se ha optado por calcularlas para considerarlas como un indicador más sobre el funcionamiento del tráfico, ya que siempre será preferible contar con velocidades medias lo más altas posibles. Pese a ello podemos ver que si la velocidad libre básica impuesta es reducida, como es el caso de la carretera BV-2113 con 50km/h en algunos tramos, los valores obtenidos de la velocidad media son muy bajos (de entre 23km/h a 26km/h en nuestro caso), lo cual no corresponde con la realidad de la circulación. La obtención de unos resultados que difícilmente corresponden con la realidad pone en duda la validez de éstos resultados y justifica su no utilización al medir los niveles de servicio en carreteras de clase II, en las que no se espera circular a velocidades elevadas.

Teniendo en cuenta que en los tramos estudiados el tiempo de demora es el único factor que se tiene en cuenta para el cálculo de los niveles de servicio, la variación de los datos relativos a las características del tráfico son las que influyen sobre los niveles de servicio, y el único dato relativo a las propiedades físicas de la vía es el porcentaje de zonas con prohibido adelantar. El resto características físicas de la vía influyen únicamente sobre la velocidad media de recorrido. Las características del tráfico seguirán unas dinámicas sobre las que no podemos influir a no ser que se realicen obras importantes como la mejora del trazado o el desdoblamiento del los carriles. Las velocidades medias sirven como un indicador alternativo a los niveles de servicio.

En el caso de la carretera BV-2113 se puede advertir la relatividad de los resultados obtenidos. Se observan variaciones significativas en los datos que aportan las tres estaciones de aforo pese a que el tráfico en los tres puntos es prácticamente el mismo, pues no existen enlaces con otras carreteras ni tampoco accesos relevantes en dicho tramo (excepto el correspondiente al Hospital de Sant Camil). Estas variaciones se explican porque los aforos de cada una de las estaciones corresponden a días diferentes (en una carretera el tráfico no puede ser idéntico en días diferentes), y inducen a variaciones en los resultados obtenidos, aunque siempre se mantenga en un mismo orden de magnitud. El mismo hecho se da en todas la carreteras, aunque no se pueda verificar aquellos tramos de carretera que cuenten con una sola estación. De este modo los resultados obtenidos se deben interpretar como indicadores generales del estado del tráfico y no como valores numéricos específicos.

El nivel de servicio obtenido en los cuatro tramos es el D. Se trata un nivel aceptable para carreteras de clase II, sin embargo el margen hasta situaciones críticas es bastante limitado. Teniendo en cuenta que ligeros cambios en el tráfico pueden inducir a un aumento del tiempo de demora, y ante la expectativa de un aumento del tráfico en años futuros, es probable que a corto o medio plazo se pueda superar la capacidad de estas carreteras.

## 5 PROGNOSIS DE TRÁFICO INICIAL

### 5.1 MÉTODO DE CRECIMIENTO LINEAL DEL TRÁFICO

En primer lugar se procede al cálculo de la tasa de crecimiento a partir de los datos de los aforos de años interiores. Se obtiene una tasa de crecimiento diferente para las IMD como para las IP (intensidades en la hora 30).

A continuación se realizan los cálculos para cada uno de los tramos.

BV-2115 - TRAMO PK 0,480 a 0,975:

Año	IMD (veh/día)	Variación	IP (veh/hora)	Variación
2015	15710	-11,60%	1369	-17,38%
2013	17772	5,97%	1657	22,92%
2011	16770	-0,59%	1348	-4,60%
2009	16870	-9,32%	1413	-0,35%
2007	18604		1418	

Tabla 29: Datos asociados a aforos de años anteriores en la estación EA00680 (Fuente: Elaboración propia a partir de los aforos de la Diputació de Barcelona)

$$C_{IMD} = \frac{-9,32 - 0,59 + 5,97 - 11,60}{8} = -1,94\% \text{ anual}$$

$$C_{IP} = \frac{-0,35 - 4,60 + 22,92 - 17,38}{8} = +0,07\% \text{ anual}$$

$$IMD_5 = 15710 \cdot (1 - 0,0194)^5 = 14244 \text{ vehículos/día}$$

$$IMD_{10} = 15710 \cdot (1 - 0,0194)^{10} = 12915 \text{ vehículos/día}$$

$$IP_5 = 1369 \cdot (1 - 0,0007)^5 = 1374 \text{ vehículos/hora}$$

$$IP_{10} = 1369 \cdot (1 - 0,0007)^{10} = 1378 \text{ vehículos/hora}$$

C-246a - TRAMO PK 45,715 a 48,280:

Año	IMD (veh/día)	Variación	IP (veh/hora)	Variación
2015	11715	8,22%	1158	26,70%
2013	10825	-0,76%	914	0,66%
2011	10908	-8,63%	908	-10,37%
2009	11938	-8,60%	1013	-7,49%
2007	13061	9,49%	1095	30,05%
2006	11929		842	

Tabla 30: Datos asociados a aforos de años anteriores en la estación EA00748 (Fuente: Elaboración propia a partir de los aforos de la Diputació de Barcelona)

$$C_{IMD} = \frac{9,49 - 8,60 - 8,63 - 0,76 + 8,22}{9} = -0,03\% \text{ anual}$$

$$C_{IP} = \frac{30,05 - 7,49 - 10,37 + 0,66 + 26,70}{9} = +4,39\% \text{ anual}$$

$$IMD_5 = 11715 \cdot (1 - 0,0003)^5 = 11697 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

$$IMD_{10} = 11715 \cdot (1 - 0,0003)^{10} = 11680 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

$$IP_5 = 1158 \cdot (1 + 0,0439)^5 = 1436 \text{ veh\u00edculos/hora}$$

$$IP_{10} = 1158 \cdot (1 + 0,0439)^{10} = 1780 \text{ veh\u00edculos/hora}$$

**C-246a - TRAMO PK 38,490 a 40,880:**

A\u00f1o	IMD (veh/d\u00eda)	Variaci\u00f3n	IP (veh/hora)	Variaci\u00f3n
2016	11095	22,56%	922	27,70%
2014	9053	-4,45%	722	-10,09%
2012	9475	-0,57%	803	-0,12%
2010	9529	0,39%	804	5,24%
2008	9492	-2,66%	764	8,83%
2006	9751		702	

Tabla 31: Datos asociados a aforos de a\u00f1os anteriores en la estaci\u00f3n EA00746 (Fuente: Elaboraci\u00f3n propia a partir de los aforos de la Diputaci\u00f3 de Barcelona)

$$C_{IMD} = \frac{-2,66 + 0,39 - 0,57 - 4,45 + 22,56}{10} = +1,52\% \text{ anual}$$

$$C_{IP} = \frac{8,83 + 5,24 - 0,12 - 10,09 + 27,70}{10} = 3,16\% \text{ anual}$$

$$IMD_5 = 11095 \cdot (1 + 0,0152)^5 = 11964 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

$$IMD_{10} = 11095 \cdot (1 + 0,0152)^{10} = 14244 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

$$IP_5 = 922 \cdot (1 + 0,0316)^5 = 1077 \text{ veh\u00edculos/hora}$$

$$IP_{10} = 922 \cdot (1 + 0,0316)^{10} = 1259 \text{ veh\u00edculos/hora}$$

**BV-2113 - TRAMO PK 0,490 a 2,360:**

Para \u00e9ste tramo se consideran los datos de la estaci\u00f3n de aforo EA00675 ya que, estaciones como se ha podido observar en el c\u00e1lculo de los niveles de servicio en el estado inicial, conlleva a peores niveles de tr\u00e1fico que las otras dos.

A\u00f1o	IMD (veh/d\u00eda)	Variaci\u00f3n	IP (veh/hora)	Variaci\u00f3n
2016	10880	4,02%	916	4,93%
2014	10460	-0,76%	873	-6,43%
2012	10540	-10,63%	933	-17,14%
2010	11794	3,00%	1126	18,40%
2008	11451	-6,24%	951	3,71%
2006	12213		917	

Tabla 32: Datos asociados a aforos de a\u00f1os anteriores en la estaci\u00f3n EA00675 (Fuente: Elaboraci\u00f3n propia a partir de los aforos de la Diputaci\u00f3 de Barcelona)

$$C_{IMD} = \frac{-6,24 + 18,40 - 17,14 - 6,43 + 4,93}{10} = -1,06\% \text{ anual}$$

$$C_{IMD} = \frac{3,71 + 18,40 - 17,40 - 6,43 + 4,93}{10} = 0,35\% \text{ anual}$$

$$IMD_5 = 10880 \cdot (1 - 0,0106)^5 = 10315 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

$$IMD_{10} = 10880 \cdot (1 - 0,0106)^{10} = 9780 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

$$IP_5 = 916 \cdot (1 + 0,0035)^5 = 932 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

$$IP_{10} = 916 \cdot (1 + 0,0035)^{10} = 948 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

## 5.2 MÉTODO DE CRECIMIENTO LINEAL DEL PARQUE DE VEHÍCULOS

El primer paso consiste en la estimación del parque de vehículos para el año  $n$ . Para ello se debe conocer la tasa de crecimiento del parque, que se puede obtener a partir de los datos del Institut d'Estadística de Catalunya. Para éste cálculo se han tenido en cuenta los datos de los últimos 15 años, una muestra suficientemente grande. Para éste estudio se ha tenido en cuenta únicamente el parque de vehículos correspondiente a la comarca del Garraf, ya que se asume la suposición de que la gran mayoría del tráfico de los tramos de estudio está generada por conductores de la comarca.

Se toma 2016 como año cero del estudio, al ser este año el último en el que se disponen datos oficiales, y se estima el parque a 5 y 10 años vista.

Año	Parque de vehículos	Variación
2016	95782	2,81%
2015	93167	2,13%
2014	91224	0,50%
2013	90770	-0,36%
2012	91099	0,36%
2011	90774	0,73%
2010	90116	0,97%
2009	89249	0,89%
2008	88460	2,16%
2007	86586	6,08%
2006	81620	4,89%
2005	77816	6,12%
2004	73327	6,02%
2003	69164	2,96%
2002	67175	4,27%
2001	64426	

Tabla 33: Evolución del parque de vehículos en la comarca del Garraf (Fuente: Elaboració propia a partir de los datos del Institut d'Estadística de Catalunya)

$$Tasa\ de\ crecimiento = \frac{\sum_{2001}^{2016} Variación}{15}$$

Aunque se puede afirmar que el crecimiento ha sido constante durante el siglo XXI, se aprecian dinámicas de crecimientos acelerados y dinámicas de crecimientos muy moderados, (incluso negativos entre 2012 y 2013). La importancia de tener en cuenta una muestra suficientemente grande, de 15 años en este caso, reside en que los cálculos no se ven tan influenciados por dinámicas particulares como con muestras más pequeñas.

Teniendo en cuenta estos datos, el promedio del crecimiento del parque de vehículos en la comarca es de un 2,70%. A partir de éste valor podemos estimar el parque de vehículos futuro.

$$Parque_n = Parque_0 \cdot (1 + 0,027)^n$$

Año	Parque de vehículos
0 – 2016	95782
5 – 2021	109433
10 – 2026	125026

Tabla 34: Estimación del parque de vehículos en años futuros (Fuente: Elaboración propia)



Respecto al factor de corrección  $f$ , al no disponer de información se asumirá su valor como igual a 1.

A continuación se realizan los cálculos para cada uno de los tramos.

BV-2115 - TRAMO PK 0,480 a 0,975:

$$IMD_5 = 15710 \cdot \frac{109433}{95782} \cdot 1 = 17949 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

$$IMD_{10} = 15710 \cdot \frac{125026}{95782} \cdot 1 = 20506 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

$$IP_5 = 1369 \cdot \frac{109433}{95782} \cdot 1 = 1564 \text{ veh\u00edculos/hora}$$

$$IP_{10} = 1369 \cdot \frac{125026}{95782} \cdot 1 = 1787 \text{ veh\u00edculos/hora}$$

C-246a - TRAMO PK 45,715 a 48,280:

$$IMD_5 = 11715 \cdot \frac{109433}{95782} \cdot 1 = 13385 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

$$IMD_{10} = 11715 \cdot \frac{125026}{95782} \cdot 1 = 15292 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

$$IP_5 = 1158 \cdot \frac{109433}{95782} \cdot 1 = 1323 \text{ veh\u00edculos/hora}$$

$$IP_{10} = 1158 \cdot \frac{125026}{95782} \cdot 1 = 1511 \text{ veh\u00edculos/hora}$$

C-246a - TRAMO PK 38,490 a 40,880:

$$IMD_5 = 11095 \cdot \frac{109433}{95782} \cdot 1 = 12676 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

$$IMD_{10} = 11095 \cdot \frac{125026}{95782} \cdot 1 = 14483 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

$$IP_5 = 922 \cdot \frac{109433}{95782} \cdot 1 = 1053 \text{ veh\u00edculos/hora}$$

$$IP_{10} = 922 \cdot \frac{125026}{95782} \cdot 1 = 1204 \text{ veh\u00edculos/hora}$$

BV-2113 - TRAMO PK 0,490 a 2,360:

$$IMD_5 = 10880 \cdot \frac{109433}{95782} \cdot 1 = 12431 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

$$IMD_{10} = 10880 \cdot \frac{125026}{95782} \cdot 1 = 14202 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

$$IP_5 = 916 \cdot \frac{109433}{95782} \cdot 1 = 1047 \text{ veh\u00edculos/hora}$$

$$IP_{10} = 916 \cdot \frac{125026}{95782} \cdot 1 = 1196 \text{ veh\u00edculos/hora}$$

### 5.3 MÉTODO DE LOS FACTORES DE CRECIMIENTO

Para el factor  $L$ , que determina las condiciones locales, la descripción que mejor se ciñe a la zona por donde transcurren las zonas de estudio es la de “zona urbana en desarrollo” como por zonas en desarrollo urbano. Por este motivo el cálculo se realizará teniendo en cuenta en primer lugar un factor normal  $L_n = 1,5$  y en segundo lugar un valor excepcional  $L_n = 2$ .

En cuanto al factor  $I$  referido a la inducción del tráfico, tendremos que tener en cuenta dos casuísticas. Uno de los objetivos de este estudio es el de estimar el estado del tráfico en años futuros en unos tramos de carretera ya existentes sometidos a un tráfico real. Por este motivo se tomará en primer lugar un factor  $I = 1$ , ya que en un principio no se efectuará ninguna mejora. Por otro lado el estudio debe determinar, para aquellos casos en los que el tráfico futuro presente unos niveles no aceptables, la introducción de mejoras que contribuyan a mejorar las condiciones de circulación. Debido a ello, en aquellos tramos en los que se deba realizar alguna mejora, los valores de la IMD y la IP se tendrán calcular a posteriori utilizando un factor  $I = 1,1$  (el más alto del rango con tal de estar del lado de la seguridad), ya que en el caso de no hacerlo nos arriesgaríamos a subestimar los niveles de servicio futuros.

Las tasas de crecimiento anual de cada tramo son las mismas que las empleadas en el método del crecimiento lineal del tráfico.

A continuación se realizan los cálculos para cada uno de los tramos.

#### BV-2115 - TRAMO PK 0,480 a 0,975:

·Caso Normal

$$IMD_5 = 15710 \cdot (1 - 0,0194)^5 \cdot 1,5 \cdot 1 = 21366 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

$$IMD_{10} = 15710 \cdot (1 - 0,0194)^{10} \cdot 1,5 \cdot 1 = 19373 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

$$IP_5 = 1369 \cdot (1 + 0,0007)^5 \cdot 1,5 \cdot 1 = 2061 \text{ veh\u00edculos/hora}$$

$$IP_5 = 1369 \cdot (1 + 0,0007)^{10} \cdot 1,5 \cdot 1 = 2067 \text{ veh\u00edculos/hora}$$

·Caso excepcional

$$IMD_5 = 15710 \cdot (1 - 0,0194)^5 \cdot 2 \cdot 1 = 28488 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

$$IMD_{10} = 15710 \cdot (1 - 0,0194)^{10} \cdot 2 \cdot 1 = 25830 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

$$IP_5 = 1369 \cdot (1 + 0,0007)^5 \cdot 2 \cdot 1 = 2748 \text{ veh\u00edculos/hora}$$

$$IP_5 = 1369 \cdot (1 + 0,0007)^{10} \cdot 2 \cdot 1 = 2757 \text{ veh\u00edculos/hora}$$

#### C-246a - TRAMO PK 45,715 a 48,280:

·Caso Normal

$$IMD_5 = 11715 \cdot (1 - 0,0003)^5 \cdot 1,5 \cdot 1 = 17546 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

$$IMD_{10} = 11715 \cdot (1 - 0,0003)^{10} \cdot 1,5 \cdot 1 = 17520 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

$$IP_5 = 1158 \cdot (1 + 0,0439)^5 \cdot 1,5 \cdot 1 = 2153 \text{ veh\u00edculos/hora}$$

$$IP_{10} = 1158 \cdot (1 + 0,0439)^{10} \cdot 1,5 \cdot 1 = 2669 \text{ veh\u00edculos/hora}$$

·Caso excepcional

$$IMD_5 = 11715 \cdot (1 - 0,0003)^5 \cdot 2 \cdot 1 = 23394 \text{ veh\u00edculos/dia}$$

$$IMD_{10} = 11715 \cdot (1 - 0,0003)^{10} \cdot 2 \cdot 1 = 23360 \text{ veh\u00edculos/dia}$$

$$IP_5 = 1158 \cdot (1 + 0,0439)^5 \cdot 2 \cdot 1 = 2871 \text{ veh\u00edculos/hora}$$

$$IP_{10} = 1158 \cdot (1 + 0,0439)^{10} \cdot 2 \cdot 1 = 3559 \text{ veh\u00edculos/hora}$$

C-246a - TRAMO PK 38,490 a 40,880:

·Caso Normal

$$IMD_5 = 11095 \cdot (1 + 0,0152)^5 \cdot 1,5 \cdot 1 = 17946 \text{ veh\u00edculos/dia}$$

$$IMD_{10} = 11095 \cdot (1 + 0,0152)^{10} \cdot 1,5 \cdot 1 = 19352 \text{ veh\u00edculos/dia}$$

$$IP_5 = 922 \cdot (1 + 0,0316)^5 \cdot 1,5 \cdot 1 = 1616 \text{ veh\u00edculos/hora}$$

$$IP_{10} = 922 \cdot (1 + 0,0316)^{10} \cdot 1,5 \cdot 1 = 1887 \text{ veh\u00edculos/hora}$$

·Caso excepcional

$$IMD_5 = 11095 \cdot (1 + 0,0152)^5 \cdot 2 \cdot 1 = 23928 \text{ veh\u00edculos/dia}$$

$$IMD_{10} = 11095 \cdot (1 + 0,0152)^{10} \cdot 2 \cdot 1 = 25803 \text{ veh\u00edculos/dia}$$

$$IP_5 = 922 \cdot (1 + 0,0316)^5 \cdot 2 \cdot 1 = 2154 \text{ veh\u00edculos/hora}$$

$$IP_{10} = 922 \cdot (1 + 0,0316)^{10} \cdot 2 \cdot 1 = 2517 \text{ veh\u00edculos/hora}$$

BV-2113 - TRAMO PK 0,490 a 2,360:

·Caso Normal

$$IMD_5 = 10880 \cdot (1 - 0,0106)^5 \cdot 1,5 \cdot 1 = 15473 \text{ veh\u00edculos/dia}$$

$$IMD_{10} = 10880 \cdot (1 - 0,0106)^{10} \cdot 1,5 \cdot 1 = 14670 \text{ veh\u00edculos/dia}$$

$$IP_5 = 916 \cdot (1 + 0,0035)^5 \cdot 1,5 \cdot 1 = 1398 \text{ veh\u00edculos/hora}$$

$$IP_{10} = 916 \cdot (1 + 0,0035)^{10} \cdot 1,5 \cdot 1 = 1423 \text{ veh\u00edculos/hora}$$

·Caso excepcional

$$IMD_5 = 10880 \cdot (1 - 0,0106)^5 \cdot 2 \cdot 1 = 20630 \text{ veh\u00edculos/dia}$$

$$IMD_{10} = 10880 \cdot (1 - 0,0106)^{10} \cdot 2 \cdot 1 = 19560 \text{ veh\u00edculos/dia}$$

$$IP_5 = 916 \cdot (1 + 0,0035)^5 \cdot 2 \cdot 1 = 1864 \text{ veh\u00edculos/hora}$$

$$IP_{10} = 916 \cdot (1 + 0,0035)^{10} \cdot 2 \cdot 1 = 1897 \text{ veh\u00edculos/hora}$$

## 5.4 INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

En las siguientes tablas se recopilan los resultados para las prognosis, según al método empleado y a 5 o 10 años vista, de cada tramo.

Se refiere al método del crecimiento lineal del tráfico como método 1, al método del crecimiento lineal del parque de vehículos como método 2, y al método de los factores de crecimiento al método 3 (3.1 para el caso normal y 3.2 para el caso excepcional).

·Intensidades medias diarias en 5 años

Tramo	Inicial	Método 1	Método 2	Método 3.1	Método 3.2
<b>BV-2115</b>	15710	14244	17949	21366	28488
<b>C-246 a (1)</b>	11715	11697	13385	17456	23394
<b>C-246 a (2)</b>	11095	11964	12676	17946	23928
<b>BV-2113</b>	10880	10315	12431	15473	20630

Tabla 35: Resultados de las IMD en vehículos/día de los diferentes métodos de prognosis a 5 años vista (Fuente: Elaboración propia)

·Intensidades medias diarias en 10 años

Tramo	Inicial	Método 1	Método 2	Método 3.1	Método 3.2
<b>BV-2115</b>	15710	12915	20506	19373	25830
<b>C-246 a (1)</b>	11715	11680	15292	17520	23360
<b>C-246 a (2)</b>	11095	14244	14483	19352	25803
<b>BV-2113</b>	10880	9780	14202	14670	19560

Tabla 36: Resultados de las IMD en vehículos/día de los diferentes métodos de prognosis a 10 años vista (Fuente: Elaboración propia)

·Intensidades de proyecto en 5 años

Tramo	Inicial	Método 1	Método 2	Método 3.1	Método 3.2
<b>BV-2115</b>	1369	1374	1564	2061	2748
<b>C-246 a (1)</b>	1158	1436	1323	2153	2871
<b>C-246 a (2)</b>	922	1077	1053	1616	2154
<b>BV-2113</b>	916	932	1047	1398	1864

Tabla 37: Resultados de las IP en vehículos/hora de los diferentes métodos de prognosis a 5 años vista (Fuente: Elaboración propia)

·Intensidades de proyecto en 10 años

Tramo	Inicial	Método 1	Método 2	Método 3.1	Método 3.2
<b>BV-2115</b>	1369	1378	1787	2067	2757
<b>C-246 a (1)</b>	1158	1780	1511	2669	3559
<b>C-246 a (2)</b>	922	1259	1204	1887	2517
<b>BV-2113</b>	916	948	1196	1423	1897

Tabla 38: Resultados de las IP en vehículos hora de los diferentes métodos de prognosis a 10 años vista (Fuente: Elaboración propia)

Aunque la tasa de crecimiento del las IMD es diferente a la de las IP, se puede observar cómo para un mismo tramo existe cierta relación entre las dos.

Para todos los casos, el crecimiento de las IP es siempre mayor que el de las IMD (que solo es positivo en el tramo C-246 a 2), y como normal general se puede afirmar que en aquellos tramos en los que la tasa de crecimiento de las IMD es mayor (o más cercana a cero en los casos negativos) el crecimiento de la IP también tiende a ser mayor.



El hecho de que las tasas de crecimiento de la IMD sean cercanas a cero y negativas en tres de los cuatro tramos se explica por el hecho de que solo se ha dispuesto de información a partir de los últimos diez años. La crisis económica que ha tenido lugar entre finales de la pasada década e inicios de la actual ha supuesto una ralentización brusca de las dinámicas de crecimiento constante del tráfico en años anteriores. De este modo, si se hubiera podido contar con una muestra de más años para la elaboración de las tasas de crecimiento, seguramente los valores obtenidos habrían sido mayores.

Este hecho se puede constatar con los datos del crecimiento del parque de vehículos: Se observa un ritmo de crecimiento elevado entre 2001 y 2007 y un estancamiento entre 2008 y 2014 (incluso una disminución entre 2012 y 2013), año a partir del cual el crecimiento parece retomar ritmos parecidos a los propios de los años anteriores a la crisis. Hay que tener en cuenta que el parque de vehículos está directamente relacionado con el crecimiento del tráfico.

En primer lugar cabría destacar la fiabilidad del método 2 por encima de los otros. Al haber dispuesto de un mayor número de datos, la tasa del crecimiento del parque de vehículos se puede considerar más fiable que la tasa del crecimiento del tráfico.

El método 3 se diferencia de los dos anteriores en que, a parte de una tasa de crecimiento, incluye dos factores. El problema de tener en cuenta factores es que a menudo no proporcionan valores concretos adaptados a cada casuística como sí lo hacen los factores. Un factor de crecimiento se elabora a partir de datos reales e unívocos de una estación de aforo (en el caso del tráfico) o un lugar (en el caso del parque de vehículos). Por otro lado los factores son valores genéricos de entre los cuales se debe elegir el valor más próximo a cada situación.

Por ejemplo en el caso del factor  $L$  Se ha tomado la decisión de definir la zona por donde transcurren los diferentes tramos como “zona urbana en desarrollo”, sin embargo la comarca del Garraf también podrían llegar a ser definidas como “zonas de influencia de grandes ciudades con tráfico de recreo” o “zonas urbanas turísticas” en determinadas épocas del año. Sin embargo el hecho de tener que escoger un factor concreto obliga a ceñirse a una única definición, y este no tendrá la capacidad de definir la zona de estudio como sí lo hacen los factores de crecimiento.

Por lo tanto debería ser preferible trabajar con métodos que den más peso a tasas de crecimiento que a factores, dando más fiabilidad a los métodos 1 y 2 respecto al 3.

Se puede observar cómo los resultados proporcionados por el método 3, especialmente en el caso extraordinario, están muy por encima de los de los métodos 1 y 2. La diferencia entre los resultados de los métodos 1 y 2 es mucho menor que respecto a los del 3.

Con tal de evitar obtener unos niveles de servicio futuros sobredimensionados se decide descartar los resultados obtenidos por el método de los factores de crecimiento.

Finalmente los resultados que se tendrán en cuenta para el cálculo de los niveles de servicio futuros son los del método 2, el del crecimiento lineal del parque de vehículos, por dos motivos:

- Por contar, generalmente, con los valores mayores de entre los dos métodos restantes, y por lo tanto estar del lado de la seguridad.

- Por considerar que es el método más fiable de los tres según los motivos que se han expuesto.

A continuación se muestran los valores definitivos de las prognosis que se emplearán para el cálculo de los niveles de servicios futuros.

Tramo	<i>IMD</i> <sub>5</sub> (veh/día)	<i>IMD</i> <sub>10</sub> (veh/día)	<i>IP</i> <sub>5</sub> (veh/hora)	<i>IP</i> <sub>10</sub> (veh/hora)
<b>BV-2115</b>	17949	20506	1564	1787
<b>C-246 a (1)</b>	13385	15292	1323	1511
<b>C-246 a (2)</b>	12676	14483	1053	1204
<b>BV-2113</b>	12431	14202	1047	1196

*Tabla 39: Resultados escogidos de las IMD en vehículos día y de las IP en vehículos/hora resultantes de la prognosis a 5 y 10 años vista (Fuente: Elaboración propia)*

## 6 CASO FUTURO

Para cada tramo se llevarán a cabo los cálculos para la obtención de los niveles de servicio en un horizonte de 5 y 10 años teniendo en cuenta los datos obtenidos mediante la prognosis y según los procedimientos especificados en la metodología.

En último tramo el cálculo se realiza teniendo en cuenta solamente los datos de la estación de aforo EA00675, que son los únicos que se han tenido en cuenta en las prognosis por ser los que generan un peor nivel de servicio en el caso inicial.

Las características propias de las vías no cambian en la situación futura, solamente los hacen las características del tráfico. De este modo solo es necesario realizar los cálculos relacionados con propiedades del tráfico, pues los demás son los mismos que los del estado inicial.

El porcentaje de vehículos pesados, así como el reparto entre sentidos, se asumen constantes e iguales a la situación inicial a lo largo del tiempo.

## 6.1 NIVELES DE SERVICIO EN 5 AÑOS

BV-2115 - TRAMO PK 0,480 a 0,975:

Intensidad punta equivalente (según porcentaje de tiempo de demora):

Equivalente en vehículos ligeros  $E$ : 1,0

$$f_{vp} = \frac{100}{100 + 5,54 \cdot (1 - 1)} = 1$$

Factor de equivalencia a terreno llano  $f_t$ : 1

$$IPE = \frac{1564}{0,78 \cdot 1 \cdot 1} = 2005 \text{ Vehículos ligeros/hora}$$

$IPE < 3200$ vehículos ligeros/hora por lo tanto no se supera la capacidad de la carretera

Intensidad punta equivalente (según velocidad media de recorrido):

Equivalente en vehículos ligeros  $E$ : 1,1

$$f_{vp} = \frac{100}{100 + 5,54 \cdot (1,1 - 1)} = 0,995$$

Factor de equivalencia a terreno llano  $f_t$ : 1

$$IPE = \frac{1564}{0,78 \cdot 0,995 \cdot 1} = 2015 \text{ Vehículos ligeros/hora}$$

$IPE < 3200$ vehículos ligeros/hora por lo tanto no se supera la capacidad de la carretera

Velocidad media de recorrido:

Factor de ajuste por efecto de las zonas con prohibido adelantar en la velocidad media de recorrido  $f_{pa}$  interpolado: 1,79

$$VM = 53,43 - 0,0125 \cdot 2015 - 1,79 = 26,45 \text{ km/h}$$

Porcentaje de tiempo de demora:

Factor de ajuste por efecto del reparto entre sentidos y de las zonas con prohibido adelantar  $f_{r/pa}$  interpolado: 4,33

$$\%TD = 100 \cdot (1 - e^{-0,000879 \cdot 2005}) + 4,33 = 87,17\%$$

El nivel de servicio en éste tramo de carretera es E, cerca del umbral inferior con el nivel E.

<i>VLB</i>	70 km/h
$f_{ls}$	8,5
$f_a$	8,08
<i>VL</i>	53,43 km/h
<i>IP</i>	1564 vehículos/hora
<i>FHP</i>	0,78
$\%v_p$	5,54%
<i>E(%TD)</i>	1
$f_{vp}(%TD)$	1
$f_t(%TD)$	1
<i>IPE(%TD)</i>	2005 vehículos ligeros/hora
<i>E(VM)</i>	1,1
$f_{vp}(VM)$	0,995
$f_t(VM)$	1
<i>IPE(VM)</i>	2015 vehículos ligeros/hora
<i>Reparto entre sentidos</i>	55,1/44,9
<i>Porcentaje de zonas con prohibido adelantar</i>	100%
$f_{pa}$	1,79
<i>VM</i>	26,45 km/h
$f_{r/pa}$	4,33
<i>Porcentaje de tiempo de demora</i>	87,17%
<b>Nivel de Servicio</b>	<b>E</b>

Tabla 40: Resumen de los cálculos y nivel de servicio obtenido para el tramo de carretera BV-2115 en 5 años (Fuente: Elaboración propia)

C-246a - TRAMO PK 45,715 a 48,280:

Intensidad punta equivalente (según tiempo de demora):

Equivalente en vehículos ligeros  $E$ : 1

$$f_{vp} = \frac{100}{100 + 4,81 \cdot (1 - 1)} = 1$$

Factor de equivalencia a terreno llano  $f_t$ : 1

$$IPE = \frac{1323}{0,9 \cdot 1 \cdot 1} = 1470 \text{ Vehículos ligeros/hora}$$

$IPE < 3200$ vehículos ligeros/hora por lo tanto no se supera la capacidad de la carretera

Intensidad punta equivalente (según velocidad media de recorrido):

Equivalente en vehículos ligeros  $E$ : 1,1

$$f_{vp} = \frac{100}{100 + 4,81 \cdot (1,1 - 1)} = 0,995$$

Factor de equivalencia a terreno llano  $f_t$ : 1 (según porcentaje de tiempo de demora)

$$IPE = \frac{1323}{0,9 \cdot 0,995 \cdot 1} = 1477 \text{ Vehículos ligeros/hora}$$

$IPE < 3200$ vehículos ligeros/hora por lo tanto no se supera la capacidad de la carretera

Velocidad media de recorrido:

Factor de ajuste por efecto de las zonas con prohibido adelantar en la velocidad media de recorrido  $f_{pa}$  interpolado: 2,43

$$VM = 59,95 - 0,0125 \cdot 1477 - 2,43 = 39,06 \text{ km/h}$$

Porcentaje de tiempo de demora:

Factor de ajuste por efecto del reparto entre sentidos y de las zonas con prohibido adelantar  $f_{r/pa}$  interpolado: 7,65

$$\%TD = 100 \cdot (1 - e^{-0,000879 \cdot 1470}) + 7,65 = 80,18\%$$

El nivel de servicio en éste tramo de carretera es D, estando más cerca del umbral superior que del inferior.

<i>VLB</i>	70 km/h
<i>f<sub>ls</sub></i>	5,9
<i>f<sub>a</sub></i>	4,15
<i>VL</i>	59,95 km/h
<i>IP</i>	1323 vehículos/hora
<i>FHP</i>	0,90
<i>%v<sub>p</sub></i>	4,81%
<i>E (%TD)</i>	1,1
<i>f<sub>vp</sub> (%TD)</i>	0,995
<i>f<sub>t</sub> (%TD)</i>	1
<i>IPE (%TD)</i>	1470 vehículos ligeros/hora
<i>E (VM)</i>	1,1
<i>f<sub>vp</sub> (VM)</i>	0,995
<i>f<sub>t</sub> (VM)</i>	1
<i>IPE (VM)</i>	1477 vehículos ligeros/hora
<i>Reparto entre sentidos</i>	59,18/40,82
<i>Porcentaje de zonas con prohibido adelantar</i>	100%
<i>f<sub>pa</sub></i>	2,43
<i>VM</i>	39,06 km/h
<i>f<sub>r/pa</sub></i>	7,65
<i>Porcentaje de tiempo de demora</i>	80,18%
<b>Nivel de servicio</b>	<b>D</b>

Tabla 41: Resumen de los cálculos y nivel de servicio obtenido para el primer tramo de la carretera C-246a en 5 años (Fuente: Elaboración propia)

Tabla: Resumen de los cálculos y resultados obtenidos. (Fuente: Propia)

C-246a - TRAMO PK 38,490 a 40,880:

Intensidad punta equivalente (según porcentaje de tiempo de demora):

Equivalente en vehículos ligeros *E*: 1,1

$$f_{vp} = \frac{100}{100 + 7,35 \cdot (1,1 - 1)} = 0,993$$

Factor de equivalencia a terreno llano  $f_t$ : 1



$$IPE = \frac{1053}{0,88 \cdot 0,993 \cdot 1} = 1205 \text{ Vehículos ligeros/hora}$$

$IPE < 3200$ vehículos ligeros/hora por lo tanto no se supera la capacidad de la carretera

Intensidad punta equivalente (según velocidad media de recorrido):

Equivalente en vehículos ligeros  $E$ : 1,2

$$f_{vp} = \frac{100}{100 + 7,35 \cdot (1,2 - 1)} = 0,986$$

Factor de equivalencia a terreno llano  $f_t$ : 1

$$IPE = \frac{1053}{0,88 \cdot 0,986 \cdot 1} = 1214 \text{ Vehículos ligeros/hora}$$

$IPE < 3200$ vehículos ligeros/hora por lo tanto no se supera la capacidad de la carretera

Velocidad media de recorrido:

Factor de ajuste por efecto de las zonas con prohibido adelantar en la velocidad media de recorrido  $f_{pa}$  interpolado: 2,85

$$VM = 62,03 - 0,0125 \cdot 1214 - 2,85 = 44,01 \text{ km/h}$$

Porcentaje de tiempo de demora:

Factor de ajuste por efecto del reparto entre sentidos y de las zonas con prohibido adelantar  $f_{r/pa}$  interpolado: 8,41

$$\%TD = 100 \cdot (1 - e^{-0,000879 \cdot 1205}) + 8,41 = 73,74\%$$

El nivel de servicio en éste tramo de carretera es D, separado de forma aproximadamente equidistante entre su umbral superior e inferior.

<i>VLB</i>	70 km/h
$f_{ls}$	4,9
$f_a$	3,07
<i>VL</i>	62,03 km/h
<i>IP</i>	1053 vehículos/hora
<i>FHP</i>	0,88
$\%v_p$	7,35%
<i>E (%TD)</i>	1,1
$f_{vp} (%TD)$	0,993
$f_t (%TD)$	1
<i>IPE (%TD)</i>	1205 vehículos ligeros/hora
<i>E (VM)</i>	1,2
$f_{vp} (VM)$	0,986
$f_t (VM)$	1
<i>IPE (VM)</i>	1214 vehículos ligeros/hora
<i>Reparto entre sentidos</i>	50,14/49,86
<i>Porcentaje de zonas con prohibido adelantar</i>	78,91%
$f_{pa}$	2,85
<i>VM</i>	44,01 km/h
$f_{r/pa}$	8,41
<i>Porcentaje de tiempo de demora</i>	73,74%
<b>Nivel de servicio</b>	<b>D</b>

Tabla 42: Resumen de los cálculos y nivel de servicio obtenido para el segundo tramo de la carretera C-246a en 5 años (Fuente: Elaboración propia)

BV-2113 - TRAMO PK 0,490 a 2,360:

Intensidad punta equivalente (según porcentaje de tiempo de demora):

Equivalente en vehículos ligeros  $E$ : 1,1

$$f_{vp} = \frac{100}{100 + 6,84 \cdot (1,1 - 1)} = 0,993$$

Factor de equivalencia a terreno llano  $f_t$ : 1 (según porcentaje de tiempo de demora)

$$IPE = \frac{1047}{0,88 \cdot 0,993 \cdot 1} = 1198 \text{ Vehículos ligeros/hora}$$

$IPE < 3200$  vehículos ligeros/hora por lo tanto no se supera la capacidad de la carretera

Intensidad punta equivalente (según velocidad media de recorrido):

Equivalente en vehículos ligeros  $E$ : 1,2

$$f_{vp} = \frac{100}{100 + 6,84 \cdot (1,2 - 1)} = 0,986$$

Factor de equivalencia a terreno llano  $f_t$ : 1

$$IPE = \frac{1047}{0,88 \cdot 0,986 \cdot 1} = 1207 \text{ Vehículos ligeros/hora}$$

$IPE < 3200$  vehículos ligeros/hora por lo tanto no se supera la capacidad de la carretera

Velocidad media de recorrido:

Factor de ajuste por efecto de las zonas con prohibido adelantar en la velocidad media de recorrido  $f_{pa}$  interpolado: 3,38

$$VM = 60,89 - 0,0125 \cdot 1207 - 3,38 = 42,42 \text{ km/h}$$

Porcentaje de tiempo de demora:

Factor de ajuste por efecto del reparto entre sentidos y de las zonas con prohibido adelantar  $f_{r/pa}$  interpolado: 10,33

$$\%TD = 100 \cdot (1 - e^{-0,000879 \cdot 1198}) + 10,33 = 75,44\%$$

El nivel de servicio en éste tramo de carretera es D, más cerca del límite inferior con el nivel C que del límite superior.

<i>VLB</i>	70 km/h
<i>f<sub>ls</sub></i>	7,5
<i>f<sub>a</sub></i>	1,61
<i>VL</i>	60,89 km/h
<i>IP</i>	1047 vehículos/hora
<i>FHP</i>	0,88
<i>%v<sub>p</sub></i>	6,84
<i>E (%TD)</i>	1,1
<i>f<sub>vp</sub> (%TD)</i>	0,993
<i>f<sub>t</sub> (%TD)</i>	1
<i>IPE (%TD)</i>	1198 vehículos ligeros/hora
<i>E (VM)</i>	1,2
<i>f<sub>vp</sub> (VM)</i>	0,986
<i>f<sub>t</sub> (VM)</i>	1
<i>IPE (VM)</i>	1207 vehículos ligeros/hora
<i>Reparto entre sentidos</i>	54,97/45,03
<i>Porcentaje de zonas con prohibido adelantar</i>	100%
<i>f<sub>pa</sub></i>	3,41
<i>VM</i>	42,42 km/h
<i>f<sub>r/pa</sub></i>	10,33
<i>Porcentaje de tiempo de demora</i>	75,44%
<b>Nivel de Servicio</b>	<b>D</b>

Tabla 43: Resumen de los cálculos y nivel de servicio obtenido para el tramo de la carretera BV-2113 en 5 años (Fuente: Elaboración propia)

## 6.2 NIVELES DE SERVICIO EN 10 AÑOS

BV-2115 - TRAMO PK 0,480 a 0,975:

Intensidad punta equivalente (según porcentaje de tiempo de demora):

Equivalente en vehículos ligeros  $E$ : 1,0

$$f_{vp} = \frac{100}{100 + 5,54 \cdot (1 - 1)} = 1$$

Factor de equivalencia a terreno llano  $f_t$ : 1

$$IPE = \frac{1787}{0,78 \cdot 1 \cdot 1} = 2291 \text{ Vehículos ligeros/hora}$$

$IPE < 3200$  vehículos ligeros/hora por lo tanto no se supera la capacidad de la carretera

Intensidad punta equivalente (según velocidad media de recorrido):

Equivalente en vehículos ligeros  $E$ : 1,1

$$f_{vp} = \frac{100}{100 + 5,54 \cdot (1,1 - 1)} = 0,995$$

Factor de equivalencia a terreno llano  $f_t$ : 1

$$IPE = \frac{1787}{0,78 \cdot 0,995 \cdot 1} = 2303 \text{ Vehículos ligeros/hora}$$

$IPE < 3200$  vehículos ligeros/hora por lo tanto no se supera la capacidad de la carretera

Velocidad media de recorrido:

Factor de ajuste por efecto de las zonas con prohibido adelantar en la velocidad media de recorrido  $f_{pa}$  interpolado: 1,7

$$VM = 53,43 - 0,0125 \cdot 2303 - 1,7 = 22,94 \text{ km/h}$$

Porcentaje de tiempo de demora:

Factor de ajuste por efecto del reparto entre sentidos y de las zonas con prohibido adelantar  $f_{r/pa}$  interpolado: 3,35

$$\%TD = 100 \cdot (1 - e^{-0,000879 \cdot 2291}) + 3,35 = 90,00\%$$

El nivel de servicio en éste tramo de carretera es E, cerca del umbral inferior con el nivel E.

<i>VLB</i>	70 km/h
$f_{ls}$	8,5
$f_a$	8,08
<i>VL</i>	53,43 km/h
<i>IP</i>	1787 vehículos/hora
<i>FHP</i>	0,78
$\%v_p$	5,54%
$E(\%TD)$	1
$f_{vp}(\%TD)$	1
$f_t(\%TD)$	1
<i>IPE(%TD)</i>	2392 vehículos ligeros/hora
$E(VM)$	1,1
$f_{vp}(VM)$	0,995
$f_t(VM)$	1
<i>IPE(VM)</i>	2291 vehículos ligeros/hora
<i>Reparto entre sentidos</i>	55,1/44,9
<i>Porcentaje de zonas con prohibido adelantar</i>	100%
$f_{pa}$	1,7
<i>VM</i>	22,94 km/h
$f_{r/pa}$	3,35
<i>Porcentaje de tiempo de demora</i>	90,00%
<b>Nivel de Servicio</b>	<b>E</b>

Tabla 44: Resumen de los cálculos y nivel de servicio obtenido para el tramo de la carretera BV-2115 en 10 años (Fuente: Elaboración propia)

C-246a - TRAMO PK 45,715 a 48,280:

Intensidad punta equivalente (según tiempo de demora):

Equivalente en vehículos ligeros  $E$ : 1

$$f_{vp} = \frac{100}{100 + 4,81 \cdot (1 - 1)} = 1$$

Factor de equivalencia a terreno llano  $f_t$ : 1

$$IPE = \frac{1511}{0,9 \cdot 1 \cdot 1} = 1679 \text{ Vehículos ligeros/hora}$$

$IPE < 3200 \text{vehículos ligeros/hora}$  por lo tanto no se supera la capacidad de la carretera

Intensidad punta equivalente (según velocidad media de recorrido):

Equivalente en vehículos ligeros  $E$ : 1,1

$$f_{vp} = \frac{100}{100 + 4,81 \cdot (1,1 - 1)} = 0,995$$

Factor de equivalencia a terreno llano  $f_t$ : 1 (según porcentaje de tiempo de demora)

$$IPE = \frac{1511}{0,9 \cdot 0,995 \cdot 1} = 1687 \text{ Vehículos ligeros/hora}$$

$IPE < 3200 \text{vehículos ligeros/hora}$  por lo tanto no se supera la capacidad de la carretera

Velocidad media de recorrido:

Factor de ajuste por efecto de las zonas con prohibido adelantar en la velocidad media de recorrido  $f_{pa}$  interpolado: 2,27

$$VM = 59,95 - 0,0125 \cdot 1687 - 2,27 = 36,59 \text{ km/h}$$

Porcentaje de tiempo de demora:

Factor de ajuste por efecto del reparto entre sentidos y de las zonas con prohibido adelantar  $f_{r/pa}$  interpolado: 6,33

$$\%TD = 100 \cdot (1 - e^{-0,000879 \cdot 1679}) + 6,33 = 83,47\%$$

El nivel de servicio en éste tramo de carretera es D, estando muy cerca del umbral superior.

<i>VLB</i>	70 km/h
<i>f<sub>ls</sub></i>	5,9
<i>f<sub>a</sub></i>	4,15
<i>VL</i>	59,95 km/h
<i>IP</i>	1511 vehículos/hora
<i>FHP</i>	0,90
<i>%v<sub>p</sub></i>	4,81%
<i>E (%TD)</i>	1,1
<i>f<sub>vp</sub> (%TD)</i>	0,995
<i>f<sub>t</sub> (%TD)</i>	1
<i>IPE (%TD)</i>	1679 vehículos ligeros/hora
<i>E (VM)</i>	1,1
<i>f<sub>vp</sub> (VM)</i>	0,995
<i>f<sub>t</sub> (VM)</i>	1
<i>IPE (VM)</i>	1687 vehículos ligeros/hora
<i>Reparto entre sentidos</i>	59,18/40,82
<i>Porcentaje de zonas con prohibido adelantar</i>	100%
<i>f<sub>pa</sub></i>	2,27
<i>VM</i>	36,59 km/h
<i>f<sub>r/pa</sub></i>	6,33
<i>Porcentaje de tiempo de demora</i>	83,47%
<b>Nivel de servicio</b>	<b>D</b>

Tabla 45: Resumen de los cálculos y nivel de servicio obtenido para el primer tramo de la carretera C-246a en 10 años (Fuente: Elaboración propia)

C-246a - TRAMO PK 38,490 a 40,880:

Intensidad punta equivalente (según porcentaje de tiempo de demora):

Equivalente en vehículos ligeros *E*: 1,0

$$f_{vp} = \frac{100}{100 + 7,35 \cdot (1 - 1)} = 1$$

Factor de equivalencia a terreno llano  $f_t$ : 1



$$IPE = \frac{1204}{0,88 \cdot 1 \cdot 1} = 1368 \text{ Vehículos ligeros/hora}$$

$IPE < 3200$ vehículos ligeros/hora por lo tanto no se supera la capacidad de la carretera

Intensidad punta equivalente (según velocidad media de recorrido):

Equivalente en vehículos ligeros  $E$ : 1,1

$$f_{vp} = \frac{100}{100 + 7,35 \cdot (1,1 - 1)} = 0,993$$

Factor de equivalencia a terreno llano  $f_t$ : 1

$$IPE = \frac{1204}{0,88 \cdot 0,993 \cdot 1} = 1378 \text{ Vehículos ligeros/hora}$$

$IPE < 3200$ vehículos ligeros/hora por lo tanto no se supera la capacidad de la carretera

Velocidad media de recorrido:

Factor de ajuste por efecto de las zonas con prohibido adelantar en la velocidad media de recorrido  $f_{pa}$  interpolado: 2,28

$$VM = 62,03 - 0,0125 \cdot 1378 - 2,28 = 42,53 \text{ km/h}$$

Porcentaje de tiempo de demora:

Factor de ajuste por efecto del reparto entre sentidos y de las zonas con prohibido adelantar  $f_{r/pa}$  interpolado: 7,57

$$\%TD = 100 \cdot (1 - e^{-0,000879 \cdot 1368}) + 7,57 = 77,52\%$$

El nivel de servicio en éste tramo de carretera es D, separado de forma aproximadamente equidistante entre su umbral superior e inferior.

<i>VLB</i>	70 km/h
$f_{ls}$	4,9
$f_a$	3,07
<i>VL</i>	62,03 km/h
<i>IP</i>	1204 vehículos/hora
<i>FHP</i>	0,88
$\%v_p$	7,35%
<i>E (%TD)</i>	1
$f_{vp} (%TD)$	1
$f_t (%TD)$	1
<i>IPE (%TD)</i>	1368 vehículos ligeros/hora
<i>E (VM)</i>	1,1
$f_{vp} (VM)$	0,993
$f_t (VM)$	1
<i>IPE (VM)</i>	1378 vehículos ligeros/hora
<i>Reparto entre sentidos</i>	50,14/49,86
<i>Porcentaje de zonas con prohibido adelantar</i>	78,91%
$f_{pa}$	2,28
<i>VM</i>	42,53 km/h
$f_{r/pa}$	7,57
<i>Porcentaje de tiempo de demora</i>	77,52%
<b>Nivel de servicio</b>	<b>D</b>

Tabla 46: Resumen de los cálculos y nivel de servicio obtenido para el segundo tramo de la carretera C-246a en 10 años (Fuente: Elaboración propia)

BV-2113 - TRAMO PK 0,490 a 2,360:

Intensidad punta equivalente (según porcentaje de tiempo de demora):

Equivalente en vehículos ligeros  $E$ : 1,1

$$f_{vp} = \frac{100}{100 + 6,84 \cdot (1,1 - 1)} = 0,993$$

Factor de equivalencia a terreno llano  $f_t$ : 1 (según porcentaje de tiempo de demora)

$$IPE = \frac{1196}{0,88 \cdot 0,993 \cdot 1} = 1368 \text{ Vehículos ligeros/hora}$$

$IPE < 3200$  vehículos ligeros/hora por lo tanto no se supera la capacidad de la carretera

Intensidad punta equivalente (según velocidad media de recorrido):

Equivalente en vehículos ligeros  $E$ : 1,2

$$f_{vp} = \frac{100}{100 + 6,84 \cdot (1,2 - 1)} = 0,987$$

Factor de equivalencia a terreno llano  $f_t$ : 1

$$IPE = \frac{1196}{0,88 \cdot 0,987 \cdot 1} = 1377 \text{ Vehículos ligeros/hora}$$

$IPE < 3200$  vehículos ligeros/hora por lo tanto no se supera la capacidad de la carretera

Velocidad media de recorrido:

Factor de ajuste por efecto de las zonas con prohibido adelantar en la velocidad media de recorrido  $f_{pa}$  interpolado: 2,78

$$VM = 60,89 - 0,0125 \cdot 1377 - 2,78 = 40,90 \text{ km/h}$$

$$VM = 40,89 - 0,0125 \cdot 1377 - 2,78 = 20,90 \text{ km/h}$$

Porcentaje de tiempo de demora:

Factor de ajuste por efecto del reparto entre sentidos y de las zonas con prohibido adelantar  $f_{r/pa}$  interpolado: 8,37

$$\%TD = 100 \cdot (1 - e^{-0,000879 \cdot 1368}) + 8,37 = 78,33\%$$

El nivel de servicio en éste tramo de carretera es D, más cerca del límite inferior con el nivel C que del límite superior.

<i>VLB</i>	70 km/h
<i>f<sub>ls</sub></i>	7,5
<i>f<sub>a</sub></i>	1,61
<i>VL</i>	60,89 km/h
<i>IP</i>	1196 vehículos/hora
<i>FHP</i>	0,88
<i>%v<sub>p</sub></i>	6,84
<i>E (%TD)</i>	1,1
<i>f<sub>vp</sub> (%TD)</i>	0,993
<i>f<sub>t</sub> (%TD)</i>	1
<i>IPE (%TD)</i>	1368 vehículos ligeros/hora
<i>E (VM)</i>	1,2
<i>f<sub>vp</sub> (VM)</i>	0,987
<i>f<sub>t</sub> (VM)</i>	1
<i>IPE (VM)</i>	1377 vehículos ligeros/hora
<i>Reparto entre sentidos</i>	54,97/45,03
<i>Porcentaje de zonas con prohibido adelantar</i>	100%
<i>f<sub>pa</sub></i>	2,78
<i>VM</i>	40,90 km/h
<i>f<sub>r/pa</sub></i>	8,37
<i>Porcentaje de tiempo de demora</i>	78,33%
<b>Nivel de Servicio</b>	<b>D</b>

Tabla 47: Resumen de los cálculos y nivel de servicio obtenido para el tramo de la carretera BV-2113 en 10 años (Fuente: Elaboración propia)

## 6.3 INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

En las siguientes tablas se resumen los niveles de servicio, en función del tiempo de demora, de los diferentes tramos estudiados en un horizonte de 5 y 10 años, así como las velocidades medias de recorrido en cada caso.

Nivel de servicio	Inicial	5 años	10 años
<b>BV-2115</b>	D (84,46%)	E (87,17%)	E (90,00%)
<b>C-246 a (1)</b>	D (77,13%)	D (80,18%)	D (83,47%)
<b>C-246 a (2)</b>	D (71,82%)	D (73,74%)	D (77,52%)
<b>BV-2113</b>	D (72,49%)	D (75,44%)	D (78,33%)

Tabla 48: Niveles de servicio para el estado inicial y los estados futuros (Fuente: Elaboración propia)

Velocidad media de recorrido (km/h)	Inicial	5 años	10 años
<b>BV-2115</b>	29,23	26,45	22,94
<b>C-246 a (1)</b>	40,68	39,06	36,59
<b>C-246 a (2)</b>	45,35	44,01	42,53
<b>BV-2113</b>	43,72	42,42	40,90

Tabla 49: Velocidad media de recorrido en km/h para el estado inicial y los estados futuros (Fuente: Elaboración propia)

Se puede ver que, tal y como se podía esperar, los tiempos de demora aumentan con el tiempo. Sin embargo no se trata de crecimientos bruscos, y en todos los casos el tiempo de demora aumenta cerca de un 6% en 10 años (un 3% cada 5 años), y solo en la carretera BV-2115 se alcanza un nivel de servicio peor.

Antes de poder analizar los resultados obtenidos se debe ver si se cumple el nivel de servicio mínimo exigido según la normativa de trazado 3.1-IC. Por ello se hace falta calcular, para cada tramo, cual es el radio de curvatura mínimo, y a continuación se podrá comprobar cuales son los niveles de servicio mínimos para cada uno de ellos.

A continuación se detallan la curvatura mínima y las longitudes de recta mínimas de cada tramo de carretera, las velocidades de proyecto asociadas. El nivel de servicio mínimo en la hora de proyecto del año horizonte velocidad es el asociado a la velocidad más baja.

Tramo	$R_{min}$	$V_p$	$L_{min,s}$	$V_p$	$L_{min,0}$	$V_p$	$V_p$ definitivo	Nivel de servicio mínimo
<b>BV-2115</b>	-	-	-	-	495	>140	70	<b>E</b>
<b>C-246 a (1)</b>	70	≈ 40	263	>140	504	>140	40	<b>E</b>
<b>C-246 a (2)</b>	45	≈ 40	98	≈ 70	236	≈ 80	40	<b>E</b>
<b>BV-2113</b>	147	≈ 60	528	>140	255	≈ 90	60	<b>E</b>

Tabla 50: Valores de la velocidad de proyecto para cada tramo (Fuente: Elaboración propia)

En el caso del tramo de la carretera BV-2115, al tratarse de un tramo recto de unos 500m, no se puede tener en cuenta el criterio de los radios de curvatura. Por otro lado, teniendo en cuenta el criterio de la longitud de recta mínima se obtiene un valor demasiado elevado, de modo que se toma el valor de la intensidad de proyecto igual a 70km/h, es decir la misma que la velocidad libre básica.

Según los resultados obtenidos, pese al incremento del tiempo de demora durante en ninguno de los tramos se alcanza en un periodo de 10 años un nivel de servicio superior al mínimo exigido por

la normativa de trazado. De éste modo se puede concluir que la situación de las carreteras no será grave en un futuro próximo.

Sin embargo no se puede afirmar que la circulación en estas carreteras sea óptima. Las expectativas sobre las condiciones de circulación en éste tipo de vías (carreteras convencionales de dos carriles definidas como carreteras de clase II) no son altas, y por lo tanto las exigencias de las normativas en este tipo de carreteras tampoco lo son. De este modo el hecho de que ninguna presente una situación por debajo de los mínimos exigidos no significa que las condiciones de circulación por estas carreteras sean las óptimas, pues el tráfico no es fluido en ninguna de ellas, las velocidades medias de circulación son bajas y en el tramo correspondiente a la carretera BV-2115 el nivel de servicio es el mínimo exigido.

El siguiente paso consiste en el cálculo del número de años necesarios para que no se cumpla el nivel de servicio mínimo exigido. El nivel mínimo en los cuatro tramos es E, el más bajo de los niveles de servicio, de forma que se calculará el tiempo que debe transcurrir, basándonos en los resultados que ofrecen las prognosis planteadas, para alcanzar la capacidad de las carreteras, es decir, una IPE de 3200 vehículos ligeros/hora.

## 6.4 TIEMPO HASTA SUPERAR LOS NIVELES DE SERVICIO MÍNIMOS

El cálculo del número de años necesarios para superar el nivel de servicio mínimo exigido en un tramo de carretera se efectúa mediante las fórmulas del cálculo del nivel de servicio y de las prognosis, en este caso del método del crecimiento lineal del parque de vehículos, que ha sido establecido como el método de prognosis válido en este estudio.

Sabiendo que la intensidad punta equivalente es de 3200 vehículos ligeros/hora en el momento de alcanzar la capacidad, el primer paso consiste en obtener la intensidad en la condición límite de la capacidad de la carretera.

$$IP_n = IPE \cdot FHP \cdot f_{vp} \cdot f_t$$

A continuación se debe obtener el valor del parque de vehículos necesario para que se dé la intensidad de proyecto calculada.

$$P_n = \frac{IP_n \cdot P_0}{IP_0 \cdot f}$$

Teniendo en cuenta el valor obtenido y conocido el parque de vehículos en el año inicial, se puede aislar el valor de  $n$ , el número de años hasta que se alcance la capacidad.

$$P_n = P_0 \cdot (1 + 0,027)^n$$

$$\ln \frac{P_n}{P_0} = n \cdot \ln 1,027$$

BV-2115 - TRAMO PK 0.480 a 0.975:

$$IP = 3200 \cdot 0,78 \cdot 1 = 2496 \text{ veh\u00edculos/hora}$$

$$P_n = \frac{2496 \cdot 95782}{1369 \cdot 1} = 174632 \text{ veh\u00edculos}$$

$$174632 = 95782 \cdot (1 + 0,027)^n$$

$$\ln \frac{174632}{95782} = \ln(1,027^n)$$

$$\ln(1,823) = \ln(1,027) \cdot n$$

$$n = 22,54$$

·La capacidad se alcanzará en esta vía en **23 años**.

$$VM = 53,43 - 0,0125 \cdot 3200 - 1,1 = \mathbf{12,34 \text{ km/h}}$$

C-246a - TRAMO PK 45.715 a 48.280:

$$IP = 3200 \cdot 0,9 \cdot 1 = 2880 \text{ veh\u00edculos/hora}$$

$$P_n = \frac{2880 \cdot 95782}{1158 \cdot 1} = 238214 \text{ veh\u00edculos}$$

$$238214 = 95782 \cdot (1 + 0,027)^n$$

$$\ln \frac{238214}{95782} = \ln(1,027^n)$$

$$\ln(2,487) = \ln(1,027) \cdot n$$

$$n = 34,19$$

·La capacidad se alcanzará en esta vía en **35 años**.

$$VM = 59,95 - 0,0125 \cdot 3200 - 1,1 = \mathbf{18,85 \text{ km/h}}$$

C-246a - TRAMO PK 38,490 a 40,880:

$$IP = 3200 \cdot 0,88 \cdot 1 = 2816 \text{ vehículos/hora}$$

$$P_n = \frac{2816 \cdot 95782}{922 \cdot 1} = 292540 \text{ vehículos}$$

$$292540 = 95782 \cdot (1 + 0,027)^n$$

$$\ln \frac{292540}{95782} = \ln(1,027^n)$$

$$\ln(3,054) = \ln(1,027) \cdot n$$

$$n = 41,91$$

·La capacidad se alcanzará en esta vía en **42 años**.

$$VM = 62,03 - 0,0125 \cdot 3200 - 1,0 = \mathbf{21,03 \text{ km/h}}$$

BV-2113 - TRAMO PK 0,490 a 2,360:

$$IP = 3200 \cdot 0,88 \cdot 1 = 2816 \text{ vehículos/hora}$$

$$P_n = \frac{2816 \cdot 95782}{916 \cdot 1} = 293356 \text{ vehículos}$$

$$294456 = 95782 \cdot (1 + 0,027)^n$$

$$\ln \frac{294456}{95782} = \ln(1,027^n)$$

$$\ln(3,074) = \ln(1,027) \cdot n$$

$$n = 42,15$$

·La capacidad se alcanzará en esta vía en **43 años**.

$$VM = 60,89 - 0,0125 \cdot 3200 - 1,1 = \mathbf{19,79 \text{ km/h}}$$



## 7 PROPUESTAS DE MEJORA DE LOS TRAMOS EXISTENTES

### 7.1 AMPLIACIÓN DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL

La ampliación de la sección transversal consiste en la adaptación de la anchura de los carriles y los arcenes a las indicadas por la normativa de trazado. En el caso de haber un rango de valores, se escogerá el mayor valor. Al no variar el trazado de los tramos, las velocidades de proyecto son las mismas que en el caso inicial.

El método de cálculo de los niveles de servicio es el mismo que para el caso inicial. Los resultados del tiempo de demora serán los mismos, puesto que esta no depende de las características de la sección transversal de la vía. De éste modo los niveles de servicio serán los mismos que en si no se hubiera aplicado esta mejora (la carretera sigue siendo de clase II al mantenerse las velocidades de proyecto), y únicamente se logra mejorar la velocidad media de recorrido.

En la siguiente tabla se detallan cuales deben ser las dimensiones de la nueva sección transversal de cada tramo en función de su velocidad de proyecto según establece la normativa de trazado.

Clase de Carretera	Velocidad de proyecto	Ancho		
		Carriles	Arcén exterior (izquierdo)	Arcén interior (derecho)
<b>Carretera convencional</b>	100	3,50	2,50	
	90 y 80	3,50	1,50	
	70 y 60	3,50	1,00 / 1,50	
	50 y 40	3,00 / 3,50	0,50 / 1,00	

Tabla 51: Dimensiones de la sección transversal para carreteras convencionales en función de la velocidad de proyecto (Fuente: Normativa de trazado 3.1-IC)

## 7.2 DESDOBLAMIENTO DE LA CARRETERA

El desdoblamiento consiste en transformar las carreteras de dos carriles en carreteras multicarril, es decir, en carreteras con calzadas separadas para cada sentido de circulación. El trazado no varía, así que se deben mantener las velocidades de proyecto y velocidades libres de los capítulos anteriores.

La sección transversal de la carretera multicarril se establece teniendo en cuenta la normativa de trazado 3.1-IC. En los casos en los que haya un rango de anchuras, se opta por la mayor de ellas. En la siguiente tabla se especifican las dimensiones de la sección transversal en función de la velocidad de proyecto.

Clase de Carretera	Velocidad de proyecto	Ancho		
		Carriles	Arcén exterior (izquierdo)	Arcén interior (derecho)
<b>Carretera multicarril</b>	100	3,50	1,00 / 1,50	2,50
	90 y 80	3,50	1,00	2,50
	70 y 60	3,50	0,50 / 1,00	1,50 / 2,50
	50 y 40	3,25 / 3,50	0,50 / 1,00	1,00 / 1,50

*Tabla 52: Dimensiones de la sección transversal para carreteras multicarril en función de la velocidad de proyecto (Fuente: Normativa de trazado 3.1-IC)*

Para la determinación de la separación entre enlaces, se asume que no habrá ningún enlace en medio los tramos, de forma que se establece como la distancia entre el inicio y el final de cada tramo.

Mediante esta propuesta de mejora los niveles de servicio no se calcularán según el método inicial, sino que mediante el método establecido para las carreteras multicarril. De este modo la variable que determina los niveles de servicio pasa a ser la densidad equivalente

## 8 NUEVOS NIVELES DE SERVICIO

### 8.1 AMPLIACIÓN DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL

#### 8.1.1 NIVELES DE SERVICIO EN EL AÑO INICIAL

BV-2115 - TRAMO PK 0,480 a 0,975:

Velocidad libre:

Factor de ajuste por anchura del carril y de los arcenes  $f_{ls}$ : 2,8

Número de accesos por kilómetro:  $\frac{6}{0,495} = 12,12$

Factor de ajuste por número de accesos  $f_a$  interpolado: 8,08

$$VL = 70 - 2,8 - 8,08 = 59,19 \text{ km/h}$$

Intensidad punta equivalente (según velocidad media de recorrido):

Equivalente en vehículos ligeros  $E$ : 1,1

$$f_{vp} = \frac{100}{100 + 5,54 \cdot (1,1 - 1)} = 0,995$$

Factor de equivalencia a terreno llano  $f_t$ : 1

$$IPE = \frac{1564}{0,78 \cdot 0,995 \cdot 1} = 2015 \text{ Vehículos ligeros/hora}$$

$IPE < 3200 \text{vehículos ligeros/hora}$  por lo tanto no se supera la capacidad de la carretera

Velocidad media de recorrido:

Factor de ajuste por efecto de las zonas con prohibido adelantar en la velocidad media de recorrido  $f_{pa}$  interpolado: 1,79

$$VM = 59,49 - 0,0125 \cdot 2015 - 1,79 = \mathbf{32,51 \text{ km/h}}$$

C-246a - TRAMO PK 45,715 a 48,280:

Factor de ajuste por anchura del carril y de los arcenes  $f_{ls}$ : 2,8

Número de accesos por kilómetro:  $\frac{16}{2,565} = 6,23$

Factor de ajuste por número de accesos  $f_a$  interpolado: 4,15

$$VL = 70 - 2,8 - 4,15 = 63,05 \text{ km/h}$$

Intensidad punta equivalente (según velocidad media de recorrido):

Equivalente en vehículos ligeros  $E$ : 1,2

$$f_{vp} = \frac{100}{100 + 4,81 \cdot (1,2 - 1)} = 0,991$$

Factor de equivalencia a terreno llano  $f_t$ : 1 (según porcentaje de tiempo de demora)

$$IPE = \frac{1158}{0,9 \cdot 0,991 \cdot 1} = 1298 \text{ Vehículos ligeros/hora}$$

$IPE < 3200 \text{vehículos ligeros/hora}$  por lo tanto no se supera la capacidad de la carretera

Velocidad media de recorrido:

Factor de ajuste por efecto de las zonas con prohibido adelantar en la velocidad media de recorrido  $f_{pa}$  interpolado: 3,06

$$VM = 63,05 - 0,0125 \cdot 1298 - 3,06 = \mathbf{43,77 \text{ km/h}}$$

C-246a - TRAMO PK 38,490 a 40,880:

Velocidad libre:

·Factor de ajuste por anchura del carril y de los arcones  $f_{ls}$ : 2,8

Número de accesos por kilómetro:  $\frac{11}{2,390} = 4,60$

·Factor de ajuste por número de accesos  $f_a$  interpolado: 3,07

$$VL = 70 - 2,08 - 3,07 = 64,85 \text{ km/h}$$

Intensidad punta equivalente (según velocidad media de recorrido):

Equivalente en vehículos ligeros  $E$ : 1,2

$$f_{vp} = \frac{100}{100 + 7,35 \cdot (1,2 - 1)} = 0,986$$

Factor de equivalencia a terreno llano  $f_t$ : 1

$$IPE = \frac{922}{0,88 \cdot 0,986 \cdot 1} = 1063 \text{ Vehículos ligeros/hora}$$

$IPE < 3200 \text{vehículos ligeros/hora}$  por lo tanto no se supera la capacidad de la carretera

Velocidad media de recorrido:

Factor de ajuste por efecto de las zonas con prohibido adelantar en la velocidad media de recorrido  $f_{pa}$  interpolado: 3,39

$$VM = 64,85 - 0,0125 \cdot 1063 - 3,39 = \mathbf{48,17 \text{ km/h}}$$

BV-2113 - TRAMO PK 0,490 a 2,360:

Velocidad libre:

·Factor de ajuste por anchura del carril y de los arcenes  $f_{ls}$ : 2,8

Número de accesos por kilómetro:  $\frac{6}{1,870} = 3,21$

·Factor de ajuste por número de accesos  $f_a$  interpolado: 1,61

$$VL = 70 - 2,8 - 1,61 = 65,59 \text{ km/h}$$

Intensidad punta equivalente (según velocidad media de recorrido):

Equivalente en vehículos ligeros  $E$ : 1,2

$$f_{vp} = \frac{100}{100 + 6,84 \cdot (1,2 - 1)} = 0,986$$

Factor de equivalencia a terreno llano  $f_t$ : 1

$$IPE = \frac{916}{0,88 \cdot 0,986 \cdot 1} = 1056 \text{ Vehículos ligeros/hora}$$

$IPE < 3200 \text{vehículos ligeros/hora}$  por lo tanto no se supera la capacidad de la carretera

Velocidad media de recorrido:

Factor de ajuste por efecto de las zonas con prohibido adelantar en la velocidad media de recorrido  $f_{pa}$  interpolado: 3,98

$$VM = 65,59 - 0,0125 \cdot 1055 - 3,98 = \mathbf{48,42 \text{ km/h}}$$

### 8.1.2 NIVELES DE SERVICIO EN EL AÑO 10

BV-2115 - TRAMO PK 0,480 a 0,975:

$$VL = 70 - 2,8 - 8,08 = 59,19 \text{ km/h}$$

Intensidad punta equivalente (según velocidad media de recorrido):

Equivalente en vehículos ligeros  $E$ : 1,1

$$f_{vp} = \frac{100}{100 + 5,54 \cdot (1,1 - 1)} = 0,995$$

Factor de equivalencia a terreno llano  $f_t$ : 1

$$IPE = \frac{1787}{0,78 \cdot 0,995 \cdot 1} = 2303 \text{ Vehículos ligeros/hora}$$

$IPE < 3200$ vehículos ligeros/hora por lo tanto no se supera la capacidad de la carretera  
Velocidad media de recorrido:

Factor de ajuste por efecto de las zonas con prohibido adelantar en la velocidad media de recorrido  $f_{pa}$  interpolado: 1,7

$$VM = 59,19 - 0,0125 \cdot 2303 - 1,7 = \mathbf{28,70 \text{ km/h}}$$

C-246a - TRAMO PK 45,715 a 48,280:

$$VL = 70 - 2,8 - 4,15 = 63,05 \text{ km/h}$$

Intensidad punta equivalente (según velocidad media de recorrido):

Equivalente en vehículos ligeros  $E$ : 1,1

$$f_{vp} = \frac{100}{100 + 4,81 \cdot (1,1 - 1)} = 0,995$$

Factor de equivalencia a terreno llano  $f_t$ : 1 (según porcentaje de tiempo de demora)

$$IPE = \frac{1511}{0,9 \cdot 0,995 \cdot 1} = 1687 \text{ Vehículos ligeros/hora}$$

$IPE < 3200$ vehículos ligeros/hora por lo tanto no se supera la capacidad de la carretera

Velocidad media de recorrido:

Factor de ajuste por efecto de las zonas con prohibido adelantar en la velocidad media de recorrido  $f_{pa}$  interpolado: 2,27

$$VM = 63,05 - 0,0125 \cdot 1687 - 2,27 = \mathbf{39,69 \text{ km/h}}$$

C-246a - TRAMO PK 38,490 a 40,880:

$$VL = 70 - 2,08 - 3,07 = 64,85 \text{ km/h}$$

Intensidad punta equivalente (según velocidad media de recorrido):

Equivalente en vehículos ligeros  $E$ : 1,1

$$f_{vp} = \frac{100}{100 + 7,35 \cdot (1,1 - 1)} = 0,993$$

Factor de equivalencia a terreno llano  $f_t$ : 1

$$IPE = \frac{1204}{0,88 \cdot 0,993 \cdot 1} = 1378 \text{ Vehículos ligeros/hora}$$

$IPE < 3200$ vehículos ligeros/hora por lo tanto no se supera la capacidad de la carretera

Velocidad media de recorrido:

Factor de ajuste por efecto de las zonas con prohibido adelantar en la velocidad media de recorrido  $f_{pa}$  interpolado: 2,28

$$VM = 64,85 - 0,0125 \cdot 1378 - 2,28 = 45,35 \text{ km/h}$$

BV-2113 - TRAMO PK 0,490 a 2,360:

$$VL = 70 - 2,8 - 1,61 = 65,59 \text{ km/h}$$

Intensidad punta equivalente (según velocidad media de recorrido):

Equivalente en vehículos ligeros  $E$ : 1,2

$$f_{vp} = \frac{100}{100 + 6,84 \cdot (1,2 - 1)} = 0,987$$

Factor de equivalencia a terreno llano  $f_t$ : 1

$$IPE = \frac{1196}{0,88 \cdot 0,987 \cdot 1} = 1377 \text{ Vehículos ligeros/hora}$$

$IPE < 3200$ vehículos ligeros/hora por lo tanto no se supera la capacidad de la carretera

Velocidad media de recorrido:

Factor de ajuste por efecto de las zonas con prohibido adelantar en la velocidad media de recorrido  $f_{pa}$  interpolado: 2,78

$$VM = 65,59 - 0,0125 \cdot 1377 - 2,78 = 45,60 \text{ km/h}$$

### 8.1.3 NIVELES DE SERVICIO EN EL AÑO HORIZONTE

BV-2115 - TRAMO PK 0,480 a 0,975:

$$VL = 70 - 2,8 - 8,08 = 59,19 \text{ km/h}$$

$$IPE = 3200 \text{ Vehículos ligeros/hora}$$

Velocidad media de recorrido:

Factor de ajuste por efecto de las zonas con prohibido adelantar en la velocidad media de recorrido  $f_{pa}$ : 1,1

$$VM = 59,49 - 0,0125 \cdot 3200 - 1,1 = \mathbf{18,39 \text{ km/h}}$$

C-246a - TRAMO PK 45,715 a 48,280:

$$VL = 70 - 2,8 - 4,15 = 63,05 \text{ km/h}$$

$$IPE = 3200 \text{ Vehículos ligeros/hora}$$

Velocidad media de recorrido:

Factor de ajuste por efecto de las zonas con prohibido adelantar en la velocidad media de recorrido  $f_{pa}$  interpolado: 1,1

$$VM = 63,05 - 0,0125 \cdot 3200 - 1,1 = \mathbf{21,95 \text{ km/h}}$$

C-246a - TRAMO PK 38,490 a 40,880:

$$VL = 70 - 2,08 - 3,07 = 64,85 \text{ km/h}$$

$$IPE = 3200 \text{ Vehículos ligeros/hora}$$

Velocidad media de recorrido:

Factor de ajuste por efecto de las zonas con prohibido adelantar en la velocidad media de recorrido  $f_{pa}$  interpolado: 1,0

$$VM = 64,85 - 0,0125 \cdot 3200 - 1,0 = \mathbf{23,85 \text{ km/h}}$$

BV-2113 - TRAMO PK 0,490 a 2,360:

$$VL = 70 - 2,8 - 1,61 = 65,59 \text{ km/h}$$

$$IPE = 3200 \text{ Vehículos ligeros/hora}$$

Velocidad media de recorrido:

Factor de ajuste por efecto de las zonas con prohibido adelantar en la velocidad media de recorrido  $f_{pa}$  interpolado: 1,1

$$VM = 65,59 - 0,0125 \cdot 3200 - 1,1 = \mathbf{24,49 \text{ km/h}}$$



## 8.2 DESDOBLAMIENTO DE LA CARRETERA

### 8.2.1 NIVELES DE SERVICIO EN EL AÑO INICIAL

BV-2115 - TRAMO PK 0,480 a 0,975:

Velocidad libre:

Velocidad libre básica: 70km/h

Factor de ajuste por anchura del carril  $f_{lw}$ : 1

Factor de ajuste por distancia a los obstáculos laterales  $f_{lc}$ : 0

Factor de ajuste por número de carriles de la calada  $f_n$ : 7,3

Factor de ajuste por separación entre enlaces  $f_{id}$  extrapolado: 27,68

$$\frac{1000m}{495m} = 2,02 \text{ enlaces/kilometro}$$

$$VL = 70 - 1 - 0 - 7,3 - 27,68 = 34,02km/h$$

Intensidad punta equivalente:

Equivalente en vehículos ligeros  $E$ : 1,5

$$f_{vp} = \frac{100}{100 + 5,54 \cdot (1,5 - 1)} = 0,973$$

Factor de equivalencia a conductores habituales  $f_e$ : 1

$$IP_{calzada} = 1369 \cdot 0,551 = 754 \text{ vehículos/hora/calzada}$$

$$IPE = \frac{754}{0,78 \cdot 2 \cdot 0,973 \cdot 1} = 497 \text{ vehículos equivalentes/hora/carril}$$

Velocidad media:

$$IPE < 3100 - 15VL = 2590$$

$$VM = VL = 34,02km/h$$

Densidad equivalente:

$$D_{eq} = \frac{497}{34,02} = 14,61 \text{ vehículos equivalentes/kilometro/carril}$$

El nivel de servicio en éste tramo de carretera es C, ligeramente más cerca del límite con el nivel superior que con el inferior.

<i>VLB</i>	70 km/h
$f_{lw}$	1
$f_{lc}$	0
$f_n$	7,3
$f_{id}$	27,68
<i>VL</i>	34,02 km/h
<b>Reparto entre sentidos</b>	55,1/44,9
<i>IP</i>	754 vehículos/hora/calzada
<i>FHP</i>	0,78
<i>N</i>	2
$\%v_p$	5,54%
<i>E</i>	1,5
$f_{vp}$	0,973
$f_e$	1
<i>IPE</i>	497 vehículos equivalentes/hora/carril
<i>VM</i>	34,02 km/h
$D_{eq}$	14,61 vehículos equivalentes/km/carril
<b>Nivel de Servicio</b>	<b>C</b>

Tabla 53: Resumen de los cálculos y nivel de servicio para el tramo de la carretera BV-2115 desdoblado en el año inicial (Fuente: Elaboración propia)

C-246a - TRAMO PK 45,715 a 48,280:

Velocidad libre:

Velocidad libre básica: 70km/h

Factor de ajuste por anchura del carril  $f_{lw}$ : 1

Factor de ajuste por distancia a los obstáculos laterales  $f_{lc}$ : 0

Factor de ajuste por número de carriles de la calada  $f_n$ : 7,3

Factor de ajuste por separación entre enlaces  $f_{id}$  interpolado: 0,99

$$\frac{1000m}{2565m} = 0,390 \text{ enlaces/kilometro}$$

$$VL = 70 - 1 - 0 - 7,3 - 0,99 = 60,71km/h$$

Intensidad punta equivalente:

Equivalente en vehículos ligeros *E*: 1,5

$$f_{vp} = \frac{100}{100 + 4,81 \cdot (1,5 - 1)} = 0,977$$

Factor de equivalencia a conductores habituales  $f_e$ : 1

$$IP_{calzada} = 1158 \cdot 0,5918 = 685 \text{ vehículos/hora/calzada}$$

$$IPE = \frac{685}{0,9 \cdot 2 \cdot 0,977 \cdot 1} = 390 \text{ vehículos equivalentes/hora/carril}$$

Velocidad media:

$$IPE < 3100 - 15VL = 2189$$

$$VM = VL = 60,71 \text{ km/h}$$

Densidad equivalente:

$$D_{eq} = \frac{390}{60,71} = 6,42 \text{ veh\u00edculos equivalentes/kilometro/carril}$$

El nivel de servicio en \u00e9ste tramo de carretera es A, estando muy cerca del umbral con el nivel de servicio superior.

<i>VLB</i>	70 km/h
<i>f<sub>lw</sub></i>	1
<i>f<sub>lc</sub></i>	0
<i>f<sub>n</sub></i>	7,3
<i>f<sub>id</sub></i>	0,99
<i>Reparto entre sentidos</i>	59,18/40,82
<i>VL</i>	60,71 km/h
<i>IP</i>	685 veh\u00edculos/hora/calzada
<i>FHP</i>	0,9
<i>N</i>	2
<i>%v<sub>p</sub></i>	4,81%
<i>E</i>	1,5
<i>f<sub>vp</sub></i>	0,977
<i>f<sub>e</sub></i>	1
<i>IPE</i>	390 veh\u00edculos equivalentes/hora/carril
<i>VM</i>	60,71 km/h
<i>D<sub>eq</sub></i>	6,42 veh\u00edculos equivalentes/km/carril
<b>Nivel de Servicio</b>	<b>A</b>

Tabla 54: Resumen de los c\u00e1lculos y nivel de servicio para el primer tramo de la carretera C-246a desdoblado en el a\u00f1o inicial (Fuente: Elaboraci\u00f3n propia)

C-246a - TRAMO PK 38,490 a 40,880:

Velocidad libre:

Velocidad libre b\u00e1sica: 70km/h

Factor de ajuste por anchura del carril *f<sub>lw</sub>*: 1

Factor de ajuste por distancia a los obst\u00e1culos laterales *f<sub>lc</sub>*: 0

Factor de ajuste por n\u00famero de carriles de la calada *f<sub>n</sub>*: 7,3

Factor de ajuste por separaci\u00f3n entre enlaces *f<sub>id</sub>* interpolado: 1,30

$$\frac{1000m}{2390m} = 0,42 \text{ enlaces/kilometro}$$

$$VL = 70 - 1 - 0 - 7,3 - 1,30 = 60,40 \text{ km/h}$$

Intensidad punta equivalente:

Equivalente en vehículos ligeros  $E$ : 1,5

$$f_{vp} = \frac{100}{100 + 7,35 \cdot (1,5 - 1)} = 0,965$$

Factor de equivalencia a conductores habituales  $f_e$ : 1

$$IP_{calzada} = 922 \cdot 0,5014 = 462 \text{ vehículos/hora/calzada}$$

$$IPE = \frac{462}{0,88 \cdot 2 \cdot 0,965 \cdot 1} = 272 \text{ vehículos equivalentes/hora/carril}$$

Velocidad media:

$$IPE < 3100 - 15VL = 2199$$

$$VM = VL = 60,40 \text{ km/h}$$

Densidad equivalente:

$$D_{eq} = \frac{272}{60,40} = 4,50 \text{ vehículos equivalentes/kilometro/carril}$$

El nivel de servicio en éste tramo de carretera es A.

$VLB$	70 km/h
$f_{lw}$	1
$f_{lc}$	0
$f_n$	7,3
$f_{id}$	1,30
$VL$	60,40 km/h
<b>Reparto entre sentidos</b>	50,14/49,86
$IP$	462 vehículos/hora/calzada
$FHP$	0,88
$N$	2
$\%v_p$	7,35%
$E$	1,5
$f_{vp}$	0,965
$f_e$	1
$IPE$	272 vehículos equivalentes/hora/carril
$VM$	60,40 km/h
$D_{eq}$	4,50 vehículos equivalentes/km/carril
<b>Nivel de Servicio</b>	<b>A</b>

Tabla 55: Resumen de los cálculos y nivel de servicio para el segundo tramo de la carretera C-246a desdoblado en el año inicial (Fuente: Elaboración Propia)

BV-2113 - TRAMO PK 0,490 a 2,360:

Velocidad libre:

Velocidad libre básica: 70km/h

Factor de ajuste por anchura del carril  $f_{lw}$ : 1

Factor de ajuste por distancia a los obstáculos laterales  $f_{lc}$ : 0

Factor de ajuste por número de carriles de la calada  $f_n$ : 7,3

Factor de ajuste por separación entre enlaces  $f_{id}$  interpolado: 2,64

$$\frac{1000m}{1870m} = 0,53 \text{ enlaces/kilometro}$$

$$VL = 70 - 1 - 0 - 7,3 - 2,64 = 59,06km/h$$

Intensidad punta equivalente:

Equivalente en vehículos ligeros  $E$ : 1,5

$$f_{vp} = \frac{100}{100 + 6,84 \cdot (1,5 - 1)} = 0,967$$

Factor de equivalencia a conductores habituales  $f_e$ : 1

$$IP_{calzada} = 916 \cdot 0,5497 = 504 \text{ vehículos/hora/calzada}$$

$$IPE = \frac{504}{0,88 \cdot 2 \cdot 0,967 \cdot 1} = 296 \text{ vehículos equivalentes/hora/carril}$$

Velocidad media:

$$IPE < 3100 - 15VL = 2214$$

$$VM = VL = 59,06km/h$$

Densidad equivalente:

$$D_{eq} = \frac{296}{59,06} = 5,01 \text{ vehículos equivalentes/kilometro/carril}$$

El nivel de servicio en éste tramo de carretera es A.

<i>VLB</i>	70 km/h
<i>f<sub>lw</sub></i>	1
<i>f<sub>lc</sub></i>	0
<i>f<sub>n</sub></i>	7,3
<i>f<sub>id</sub></i>	2,64
<b>Reparto entre sentidos</b>	54,97/45,03
<i>VL</i>	59,06 km/h
<i>IP</i>	504 vehículos/hora/calzada
<i>FHP</i>	0,88
<i>N</i>	2
% <i>v<sub>p</sub></i>	6,84%
<i>E</i>	1,5
<i>f<sub>vp</sub></i>	0,967
<i>f<sub>e</sub></i>	1
<i>IPE</i>	296 vehículos equivalentes/hora/carril
<i>VM</i>	59,06 km/h
<i>D<sub>eq</sub></i>	5,01 vehículos equivalentes/km/carril
<b>Nivel de Servicio</b>	<b>A</b>

Tabla 56: Resumen de los cálculos y resultado nivel de servicio para el tramo de la carretera BV-2113 desdoblado en el año inicial (Fuente: Elaboración propia)

## 8.2.2 NIVELES DE SERVICIO EN 10 AÑOS

BV-2115 - TRAMO PK 0,480 a 0,975:

Velocidad libre:

Velocidad libre básica: 70km/h

Factor de ajuste por anchura del carril *f<sub>lw</sub>*: 1

Factor de ajuste por distancia a los obstáculos laterales *f<sub>lc</sub>*: 0

Factor de ajuste por número de carriles de la calada *f<sub>n</sub>*: 7,3

Factor de ajuste por separación entre enlaces *f<sub>id</sub>* extrapolado: 27,68

$$\frac{1000m}{495m} = 2,02 \text{ enlaces/kilometro}$$

$$VL = 70 - 1 - 0 - 7,3 - 27,68 = 34,02km/h$$

Intensidad punta equivalente:

Equivalente en vehículos ligeros *E*: 1,5

$$f_{vp} = \frac{100}{100 + 5,54 \cdot (1,5 - 1)} = 0,973$$

Factor de equivalencia a conductores habituales *f<sub>e</sub>*: 1

$$IP_{calzada} = 1787 \cdot 0,551 = 985 \text{ vehículos/hora/calzada}$$

$$IPE = \frac{985}{0,78 \cdot 2 \cdot 0,973 \cdot 1} = 649 \text{ vehículos equivalentes/hora/carril}$$

Velocidad media:

$$IPE < 3100 - 15VL = 2605$$

$$VM = VL = 34,02 \text{ km/h}$$

Densidad equivalente:

$$D_{eq} = \frac{649}{34,02} = 19,07 \text{ veh\u00edculos equivalentes/kilometro/carril}$$

El nivel de servicio en \u00e9ste tramo de carretera es D, estando de forma equidistante entre los l\u00edmites con los niveles de servicio superior e inferior.

<i>VLB</i>	70 km/h
<i>f<sub>lw</sub></i>	1
<i>f<sub>lc</sub></i>	0
<i>f<sub>n</sub></i>	7,3
<i>f<sub>id</sub></i>	27,68
<i>VL</i>	34,02 km/h
<i>Reparto entre sentidos</i>	55,1/44,9
<i>IP</i>	985 veh\u00edculos/hora/calzada
<i>FHP</i>	0,78
<i>N</i>	2
<i>%v<sub>p</sub></i>	5,54%
<i>E</i>	1,5
<i>f<sub>vp</sub></i>	0,973
<i>f<sub>e</sub></i>	1
<i>IPE</i>	649 veh\u00edculos equivalentes/hora/carril
<i>VM</i>	34,02 km/h
<i>D<sub>eq</sub></i>	19,07 veh\u00edculos equivalentes/km/carril
<b>Nivel de Servicio</b>	<b>D</b>

Tabla 57: Resumen de los c\u00e1lculos y nivel de servicio para el tramo de la carretera BV-2115 desdoblado en 10 a\u00f1os (Fuente: Elaboraci\u00f3n propia)

C-246a - TRAMO PK 45,715 a 48,280:

Velocidad libre:

Velocidad libre b\u00e1sica: 70km/h

Factor de ajuste por anchura del carril *f<sub>lw</sub>*: 1

Factor de ajuste por distancia a los obst\u00e1culos laterales *f<sub>lc</sub>*: 0

Factor de ajuste por n\u00famero de carriles de la calada *f<sub>n</sub>*: 7,3

Factor de ajuste por separaci\u00f3n entre enlaces *f<sub>id</sub>* interpolado: 0,99

$$\frac{1000m}{2565m} = 0,390 \text{ enlaces/kilometro}$$

$$VL = 70 - 1 - 0 - 7,3 - 0,99 = 60,71 \text{ km/h}$$

Intensidad punta equivalente:

Equivalente en vehículos ligeros  $E$ : 1,5

$$f_{vp} = \frac{100}{100 + 4,81 \cdot (1,5 - 1)} = 0,977$$

Factor de equivalencia a conductores habituales  $f_e$ : 1

$$IP_{calzada} = 1511 \cdot 0,5918 = 894 \text{ vehículos/hora/calzada}$$

$$IPE = \frac{894}{0,9 \cdot 2 \cdot 0,977 \cdot 1} = 508 \text{ vehículos equivalentes/hora/carril}$$

Velocidad media:

$$IPE < 3100 - 15VL = 2189$$

$$VM = VL = 60,71 \text{ km/h}$$

Densidad equivalente:

$$D_{eq} = \frac{508}{60,71} = 8,36 \text{ vehículos equivalentes/kilometro/carril}$$

El nivel de servicio en éste tramo de carretera es B, estando más cerca del umbral con el nivel de servicio inferior que con el del superior.

$VLB$	70 km/h
$f_{lw}$	1
$f_{lc}$	0
$f_n$	7,3
$f_{id}$	0,99
$VL$	60,71 km/h
<b>Reparto entre sentidos</b>	59,18/40,82
$IP$	894 vehículos/hora/calzada
$FHP$	0,9
$N$	2
$\%v_p$	4,81%
$E$	1,5
$f_{vp}$	0,977
$f_e$	1
$IPE$	508 vehículos equivalentes/hora/carril
$VM$	60,71 km/h
$D_{eq}$	8,36 vehículos equivalentes/km/carril
<b>Nivel de Servicio</b>	<b>B</b>

Tabla 58: Resumen de los cálculos y nivel de servicio para el primer tramo de la carretera C-246a desdoblado en 10 años (Fuente: Elaboración propia)



C-246a - TRAMO PK 38,490 a 40,880:

Velocidad libre:

Velocidad libre básica: 70km/h

Factor de ajuste por anchura del carril  $f_{lw}$ : 1

Factor de ajuste por distancia a los obstáculos laterales  $f_{lc}$ : 0

Factor de ajuste por número de carriles de la calada  $f_n$ : 7,3

Factor de ajuste por separación entre enlaces  $f_{id}$  interpolado: 1,30

$$\frac{1000m}{2390m} = 0,42 \text{ enlaces/kilometro}$$

$$VL = 70 - 1 - 0 - 7,3 - 1,30 = 60,40km/h$$

Intensidad punta equivalente:

Equivalente en vehículos ligeros  $E$ : 1,5

$$f_{vp} = \frac{100}{100 + 7,35 \cdot (1,5 - 1)} = 0,965$$

Factor de equivalencia a conductores habituales  $f_e$ : 1

$$IP_{calzada} = 1204 \cdot 0,5014 = 604 \text{ veh\u00edculos/hora/calzada}$$

$$IPE = \frac{604}{0,88 \cdot 2 \cdot 0,965 \cdot 1} = 356 \text{ veh\u00edculos equivalentes/hora/carril}$$

Velocidad media:

$$IPE < 3100 - 15VL = 2199$$

$$VM = VL = 60,40km/h$$

Densidad equivalente:

$$D_{eq} = \frac{356}{60,40} = 5,89 \text{ veh\u00edculos equivalentes/kilometro/carril}$$

El nivel de servicio en \u00e9ste tramo de carretera es A, estando cerca del umbral con el nivel de servicio B.

<i>VLB</i>	70 km/h
<i>f<sub>lw</sub></i>	1
<i>f<sub>lc</sub></i>	0
<i>f<sub>n</sub></i>	7,3
<i>f<sub>id</sub></i>	1,30
<i>VL</i>	60,40 km/h
<i>Reparto entre sentidos</i>	50,14/49,86
<i>IP</i>	604 vehículos/hora/calzada
<i>FHP</i>	0,88
<i>N</i>	2
<i>%v<sub>p</sub></i>	7,35%
<i>E</i>	1,5
<i>f<sub>vp</sub></i>	0,965
<i>f<sub>e</sub></i>	1
<i>IPE</i>	356 vehículos equivalentes/hora/carril
<i>VM</i>	60,40 km/h
<i>D<sub>eq</sub></i>	5,89 vehículos equivalentes/km/carril
<b>Nivel de Servicio</b>	<b>A</b>

Tabla 59: Resumen de los cálculos y nivel de servicio para el segundo tramo de la carretera C-246a desdoblado en 10 años (Fuente: Elaboración propia)

BV-2113 - TRAMO PK 0,490 a 2,360:

Velocidad libre:

Velocidad libre básica: 70km/h

Factor de ajuste por anchura del carril  $f_{lw}$ : 1

Factor de ajuste por distancia a los obstáculos laterales  $f_{lc}$ : 0

Factor de ajuste por número de carriles de la calada  $f_n$ : 7,3

Factor de ajuste por separación entre enlaces  $f_{id}$  interpolado: 2,64

$$\frac{1000m}{1870m} = 0,53 \text{ enlaces/kilometro}$$

$$VL = 70 - 1 - 0 - 7,3 - 2,64 = 59,06km/h$$

Intensidad punta equivalente:

Equivalente en vehículos ligeros  $E$ : 1,5

$$f_{vp} = \frac{100}{100 + 6,84 \cdot (1,5 - 1)} = 0,967$$

Factor de equivalencia a conductores habituales  $f_e$ : 1

$$IP_{calzada} = 1196 \cdot 0,5497 = 657 \text{ vehículos/hora/calzada}$$

$$IPE = \frac{657}{0,88 \cdot 2 \cdot 0,967 \cdot 1} = 386 \text{ vehículos equivalentes/hora/carril}$$

Velocidad media:

$$IPE < 3100 - 15VL = 2214$$

$$VM = VL = 59,06 \text{ km/h}$$

Densidad equivalente:

$$D_{eq} = \frac{386}{59,06} = 6,53 \text{ veh\u00edculos equivalentes/kilometro/carril}$$

El nivel de servicio en \u00e9ste tramo de carretera es A, estando muy cerca del umbral con el nivel de servicio B.

<i>VLB</i>	70 km/h
<i>f<sub>lw</sub></i>	1
<i>f<sub>lc</sub></i>	0
<i>f<sub>n</sub></i>	7,3
<i>f<sub>id</sub></i>	2,64
<i>VL</i>	59,06 km/h
<i>Reparto entre sentidos</i>	54,97/45,03
<i>IP</i>	657 veh\u00edculos/hora/calzada
<i>FHP</i>	0,88
<i>N</i>	2
<i>%v<sub>p</sub></i>	6,84%
<i>E</i>	1,5
<i>f<sub>vp</sub></i>	0,967
<i>f<sub>e</sub></i>	1
<i>IPE</i>	386 veh\u00edculos equivalentes/hora/carril
<i>VM</i>	59,06 km/h
<i>D<sub>eq</sub></i>	6,53 veh\u00edculos equivalentes/km/carril
<b>Nivel de Servicio</b>	<b>A</b>

Tabla 60: Resumen de los c\u00e1lculos y nivel de servicio para el tramo de la carretera BV-2113 desdoblado en 10 a\u00f1os (Fuente: Elaboraci\u00f3n propia)

### 8.2.3 NIVELES DE SERVICIO EN EL A\u00d1O HORIZONTE

BV-2115 - TRAMO PK 0,480 a 0,975:

Velocidad libre:

Velocidad libre b\u00e1sica: 70km/h

Factor de ajuste por anchura del carril *f<sub>lw</sub>*: 1

Factor de ajuste por distancia a los obst\u00e1culos laterales *f<sub>lc</sub>*: 0

Factor de ajuste por n\u00famero de carriles de la calada *f<sub>n</sub>*: 7,3

Factor de ajuste por separaci\u00f3n entre enlaces *f<sub>id</sub>* extrapolado: 27,68

$$\frac{1000m}{495m} = 2,02 \text{ enlaces/kilometro}$$

$$VL = 70 - 1 - 0 - 7,3 - 27,68 = 34,02 \text{ km/h}$$

Intensidad punta equivalente:

Equivalente en vehículos ligeros  $E$ : 1,5

$$f_{vp} = \frac{100}{100 + 5,54 \cdot (1,5 - 1)} = 0,973$$

Factor de equivalencia a conductores habituales  $f_e$ : 1

$$IP_{calzada} = 2496 \cdot 0,551 = 1375 \text{ vehículos/hora/calzada}$$

$$IPE = \frac{1375}{0,78 \cdot 2 \cdot 0,973 \cdot 1} = 906 \text{ vehículos equivalentes/hora/carril}$$

Velocidad media:

$$IPE < 3100 - 15VL = 2605$$

$$VM = VL = 34,02 \text{ km/h}$$

Densidad equivalente:

$$D_{eq} = \frac{906}{34,02} = 26,63 \text{ vehículos equivalentes/kilometro/carril}$$

El nivel de servicio en éste tramo de carretera es E, estando cerca de alcanzar la capacidad de la carretera.

$VLB$	70 km/h
$f_{lw}$	1
$f_{lc}$	0
$f_n$	7,3
$f_{id}$	27,68
$VL$	34,02 km/h
<i>Reparto entre sentidos</i>	55,1/44,9
$IP$	1375 vehículos/hora/calzada
$FHP$	0,78
$N$	2
$\%v_p$	5,54%
$E$	1,5
$f_{vp}$	0,973
$f_e$	1
$IPE$	906 vehículos equivalentes/hora/carril
$VM$	34,02 km/h
$D_{eq}$	26,63 vehículos equivalentes/km/carril
<b>Nivel de Servicio</b>	<b>E</b>

Tabla 61: Resumen de los calculos y nivel de servicio para el tramo de la carretera BV-2115 desdoblado en el año horizonte (Fuente: Elaboración propia)

C-246a - TRAMO PK 45,715 a 48,280:

Velocidad libre:

Velocidad libre básica: 70km/h

Factor de ajuste por anchura del carril  $f_{lw}$ : 1

Factor de ajuste por distancia a los obstáculos laterales  $f_{lc}$ : 0

Factor de ajuste por número de carriles de la calada  $f_n$ : 7,3

Factor de ajuste por separación entre enlaces  $f_{id}$  interpolado: 0,99

$$\frac{1000m}{2565m} = 0,390 \text{ enlaces/kilometro}$$

$$VL = 70 - 1 - 0 - 7,3 - 0,99 = 60,71km/h$$

Intensidad punta equivalente:

Equivalente en vehículos ligeros  $E$ : 1,5

$$f_{vp} = \frac{100}{100 + 4,81 \cdot (1,5 - 1)} = 0,977$$

Factor de equivalencia a conductores habituales  $f_e$ : 1

$$IP_{calzada} = 2880 \cdot 0,5918 = 1704 \text{ vehículos/hora/calzada}$$

$$IPE = \frac{1704}{0,9 \cdot 2 \cdot 0,977 \cdot 1} = 969 \text{ vehículos equivalentes/hora/carril}$$

Velocidad media:

$$IPE < 3100 - 15VL = 2189$$

$$VM = VL = 60,71km/h$$

Densidad equivalente:

$$D_{eq} = \frac{969}{60,71} = 15,96 \text{ vehículos equivalentes/kilometro/carril}$$

El nivel de servicio en éste tramo de carretera es C, estando muy cerca del límite superior con el nivel de servicio D.

<i>VLB</i>	70 km/h
$f_{lw}$	1
$f_{lc}$	0
$f_n$	7,3
$f_{id}$	0,99
<i>VL</i>	60,71 km/h
<i>Reparto entre sentidos</i>	59,18/40,82
<i>IP</i>	1704 vehículos/hora/calzada
<i>FHP</i>	0,9
<i>N</i>	2
$\%v_p$	4,81%
<i>E</i>	1,5
$f_{vp}$	0,977
$f_e$	1
<i>IPE</i>	969 vehículos equivalentes/hora/carril
<i>VM</i>	60,71 km/h
$D_{eq}$	15,96 vehículos equivalentes/km/carril
<b>Nivel de Servicio</b>	<b>C</b>

Tabla 62: Resumen de los cálculos y nivel de servicio para el primer tramo de la carretera C-246a desdoblado en el año horizonte (Fuente: Elaboración propia)

C-246a - TRAMO PK 38,490 a 40,880:

Velocidad libre:

Velocidad libre básica: 70km/h

Factor de ajuste por anchura del carril  $f_{lw}$ : 1

Factor de ajuste por distancia a los obstáculos laterales  $f_{lc}$ : 0

Factor de ajuste por número de carriles de la calada  $f_n$ : 7,3

Factor de ajuste por separación entre enlaces  $f_{id}$  interpolado: 1,30

$$\frac{1000m}{2390m} = 0,42 \text{ enlaces/kilometro}$$

$$VL = 70 - 1 - 0 - 7,3 - 1,30 = 60,40km/h$$

Intensidad punta equivalente:

Equivalente en vehículos ligeros *E*: 1,5

$$f_{vp} = \frac{100}{100 + 7,35 \cdot (1,5 - 1)} = 0,965$$

Factor de equivalencia a conductores habituales  $f_e$ : 1

$$IP_{calzada} = 2816 \cdot 0,5014 = 1412 \text{ vehículos/hora/calzada}$$

$$IPE = \frac{1412}{0,88 \cdot 2 \cdot 0,965 \cdot 1} = 831 \text{ vehículos equivalentes/hora/carril}$$

Velocidad media:

$$IPE < 3100 - 15VL = 2199$$

$$VM = VL = 60,40\text{km/h}$$

Densidad equivalente:

$$D_{eq} = \frac{831}{60,40} = 13,76 \text{ veh\u00edculos equivalentes/kilometro/carril}$$

El nivel de servicio en \u00e9ste tramo de carretera es C, estando a medio camino entre los l\u00edmites con los niveles de servicio superior e inferior.

<i>VLB</i>	70 km/h
<i>f<sub>lw</sub></i>	1
<i>f<sub>lc</sub></i>	0
<i>f<sub>n</sub></i>	7,3
<i>f<sub>id</sub></i>	1,30
<i>VL</i>	60,40 km/h
<i>Reparto entre sentidos</i>	50,14/49,86
<i>IP</i>	1412 veh\u00edculos/hora/calzada
<i>FHP</i>	0,88
<i>N</i>	2
<i>%v<sub>p</sub></i>	7,35%
<i>E</i>	1,5
<i>f<sub>vp</sub></i>	0,965
<i>f<sub>e</sub></i>	1
<i>IPE</i>	831 veh\u00edculos equivalentes/hora/carril
<i>VM</i>	60,40 km/h
<i>D<sub>eq</sub></i>	13,76 veh\u00edculos equivalentes/km/carril
<b>Nivel de Servicio</b>	<b>C</b>

Tabla 63: Resumen de los c\u00e1lculos y nivel de servicio para el segundo tramo de la carretera C-246a desdoblada en el a\u00f1o horizonte (Fuente: Elaboraci\u00f3n propia)

Tabla: Resumen de los c\u00e1lculos y resultado obtenido (Nivel de servicio en el a\u00f1o horizonte, tramo C-246a (2) desdoblado). (Fuente: Propia)

BV-2113 - TRAMO PK 0,490 a 2,360:

Velocidad libre:

Velocidad libre b\u00e1sica: 70km/h

Factor de ajuste por anchura del carril *f<sub>lw</sub>*: 1

Factor de ajuste por distancia a los obst\u00e1culos laterales *f<sub>lc</sub>*: 0

Factor de ajuste por n\u00famero de carriles de la calada *f<sub>n</sub>*: 7,3

Factor de ajuste por separaci\u00f3n entre enlaces *f<sub>id</sub>* interpolado: 2,64

$$\frac{1000m}{1870m} = 0,53 \text{ enlaces/kilometro}$$

$$VL = 70 - 1 - 0 - 7,3 - 2,64 = 59,06 \text{ km/h}$$

Intensidad punta equivalente:

Equivalente en vehículos ligeros  $E$ : 1,5

$$f_{vp} = \frac{100}{100 + 6,84 \cdot (1,5 - 1)} = 0,967$$

Factor de equivalencia a conductores habituales  $f_e$ : 1

$$IP_{calzada} = 2816 \cdot 0,5497 = 1548 \text{ vehículos/hora/calzada}$$

$$IPE = \frac{1548}{0,88 \cdot 2 \cdot 0,967 \cdot 1} = 910 \text{ vehículos equivalentes/hora/carril}$$

Velocidad media:

$$IPE < 3100 - 15VL = 2214$$

$$VM = VL = 59,06 \text{ km/h}$$

Densidad equivalente:

$$D_{eq} = \frac{910}{59,06} = 15,41 \text{ vehículos equivalentes/kilometro/carril}$$

El nivel de servicio en éste tramo de carretera es C, estando más cerca del umbral superior que del inferior.

$VLB$	70 km/h
$f_{lw}$	1
$f_{lc}$	0
$f_n$	7,3
$f_{id}$	2,64
$VL$	59,06 km/h
<b>Reparto entre sentidos</b>	54,97/45,03
$IP$	1548 vehículos/hora/calzada
$FHP$	0,88
$N$	2
$\%v_p$	6,84%
$E$	1,5
$f_{vp}$	0,967
$f_e$	1
$IPE$	910 vehículos equivalentes/hora/carril
$VM$	59,06 km/h
$D_{eq}$	15,41 vehículos equivalentes/km/carril
<b>Nivel de Servicio</b>	<b>C</b>

Tabla 64: Resumen de los cálculos y nivel de servicio para el tramo de la carretera BV-2113 desdoblada en el año horizonte (Fuente: Elaboración propia)



## 8.2.4 TIEMPO NECESARIO HASTA SUPERAR LOS NIVELES DE SERVICIO MÍNIMOS

BV-2115 - TRAMO PK 0,480 a 0,975:

$$IPE = 28 \cdot 34,02 = 953 \text{ vehículos equivalentes/hora/carril}$$

$$IP = 953 \cdot 0,78 \cdot 2 \cdot 0,973 \cdot 1 = 1447 \text{ vehículos/hora/calzada}$$

$$IP_{2calzada} = 1447 \cdot 1,814 = 2624 \text{ vehículos/hora}$$

$$P_n = \frac{2624 \cdot 95782}{1369 \cdot 1} = 183588 \text{ vehículos}$$

$$183238 = 95782 \cdot (1 + 0,027)^n$$

$$\ln \frac{183588}{95782} = \ln(1,027^n)$$

$$\ln(1,917) = \ln(1,027) \cdot n$$

$$n = 24,42$$

·La capacidad se alcanzará en esta vía en **25 años**.

C-246a - TRAMO PK 45,715 a 48,280:

$$IPE = 28 \cdot 60,71 = 1700 \text{ vehículos equivalentes/hora/carril}$$

$$IP = 1700 \cdot 0,9 \cdot 2 \cdot 0,977 \cdot 1 = 2990 \text{ vehículos/hora/calzada}$$

$$IP_{2calzadas} = 2990 \cdot 1,690 = 5053 \text{ vehículos/hora}$$

$$P_n = \frac{5053 \cdot 95782}{1158 \cdot 1} = 417950 \text{ vehículos}$$

$$417950 = 95782 \cdot (1 + 0,027)^n$$

$$\ln \frac{417950}{95782} = \ln(1,027^n)$$

$$\ln(4,364) = \ln(1,027) \cdot n$$

$$n = 55,30$$

·La capacidad se alcanzará en esta vía en **56 años**.

C-246a - TRAMO PK 38,490 a 40,880:

$$IPE = 28 \cdot 60,40 = 1691 \text{ vehículos equivalentes/hora/carril}$$

$$IP = 1691 \cdot 0,88 \cdot 2 \cdot 0,965 \cdot 1 = 2872 \text{ vehículos/hora/calzada}$$

$$IP_{2calzadas} = 2872 \cdot 1,994 = 5726 \text{ vehículos/hora}$$

$$P_n = \frac{5726 \cdot 95782}{922 \cdot 1} = 594846 \text{ veh\u00edculos}$$

$$594846 = 95782 \cdot (1 + 0,027)^n$$

$$\ln \frac{594846}{95782} = \ln(1,027^n)$$

$$\ln(6,210) = \ln(1,027) \cdot n$$

$$n = 68,55$$

·La capacidad se alcanzar\u00e1 en esta v\u00eda en **69 a\u00f1os**.

BV-2113 - TRAMO PK 0,490 a 2,360:

$$IPE = 28 \cdot 59,06 = 1654 \text{ veh\u00edculos equivalentes/hora/carril}$$

$$IP = 1691 \cdot 0,88 \cdot 2 \cdot 0,967 \cdot 1 = 2878 \text{ veh\u00edculos/hora/calzada}$$

$$IP_{2calzadas} = 2878 \cdot 1,819 = 5235 \text{ veh\u00edculos/hora}$$

$$P_n = \frac{5235 \cdot 95782}{916 \cdot 1} = 547400 \text{ veh\u00edculos}$$

$$547400 = 95782 \cdot (1 + 0,027)^n$$

$$\ln \frac{547400}{95782} = \ln(1,027^n)$$

$$\ln(5,715) = \ln(1,027) \cdot n$$

$$n = 65,43$$

·La capacidad se alcanzar\u00e1 en esta v\u00eda en **66 a\u00f1os**.

### 8.3 INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

En las siguientes tablas se recopilan los resultados obtenidos mediante los cálculos llevados a lo largo de este estudio.

Tramo	Nivel de servicio								
	Estado inicial			Ampliación de la sección transversal			Carretera de 2 carriles por sentido		
	Año inicial	Año 10	Año horizonte	Año inicial	Año 10	Año horizonte	Año inicial	Año 10	Año horizonte
<b>BV-2115</b>	D	E	F	D	E	F	C	D	E
<b>C-246a (1)</b>	D	D	F	D	D	F	A	B	C
<b>C-246a (2)</b>	D	D	F	D	D	F	A	A	C
<b>BV-2113</b>	D	D	F	D	D	F	A	A	C

Tabla 65: Niveles de servicio para cada tramo en función del tiempo y de las mejoras aplicadas (Fuente: Elaboración propia)

Tramo	Velocidad media de recorrido (km/h)								
	Estado inicial			Ampliación de la sección transversal			Carretera de 2 carriles por sentido		
	Año inicial	Año 10	Año horizonte	Año inicial	Año 10	Año horizonte	Año inicial	Año 10	Año horizonte
<b>BV-2115</b>	29,23	22,94	12,34	32,51	28,70	18,39	34,02	34,02	34,02
<b>C-246a (1)</b>	40,68	36,59	18,85	43,77	39,69	21,95	60,71	60,71	60,71
<b>C-246a (2)</b>	45,35	42,53	21,03	48,17	45,35	23,85	60,40	60,40	60,40
<b>BV-2113</b>	43,72	40,90	19,79	48,42	45,60	24,49	59,06	59,06	59,06

Tabla 66: Velocidad media de recorrido para cada tramo en función del tiempo y de las mejoras aplicadas (Fuente: Elaboración propia)

Tramo	Años hasta alcanzar la capacidad		
	Estado inicial	Ampliación de la sección transversal	Carretera de 2 carriles por sentido
<b>BV-2115</b>	23	23	25
<b>C-246a (1)</b>	35	35	56
<b>C-246a (2)</b>	42	42	69
<b>BV-2113</b>	43	43	66

Tabla 67: Años necesarios para alcanzar la capacidad de los diferentes tramos en función de las mejoras aplicadas (Fuente: Elaboración propia)

En primer lugar se puede constatar que la ampliación de la sección transversal es una medida poco efectiva. Mediante esta medida no se han logrado mejorar los niveles de servicio y por consiguiente tampoco un mayor margen de tiempo hasta alcanzar la capacidad de los tramos. La única mejora significativa ha sido el aumento de la velocidad media de recorrido; Se puede apreciar mejoras de entre 2,82km/h y 4,2km/h en el año inicial, y como se puede apreciar en la siguiente imagen dichas diferencias se mantienen o amplían entre el año inicial y el año horizonte.

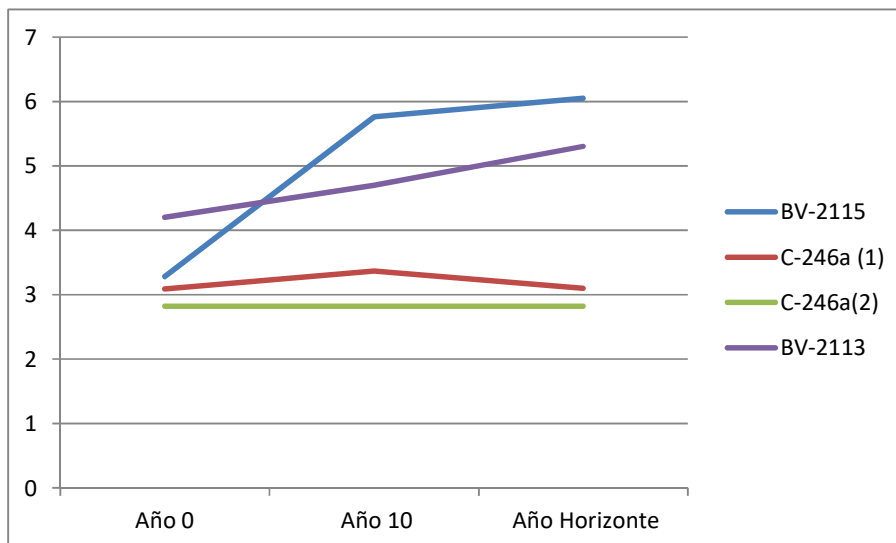


Ilustración 17: Mejora de la velocidad media de recorrido mediante la ampliación de la sección transversal para cada tramo en km/h (Fuente: Propia)

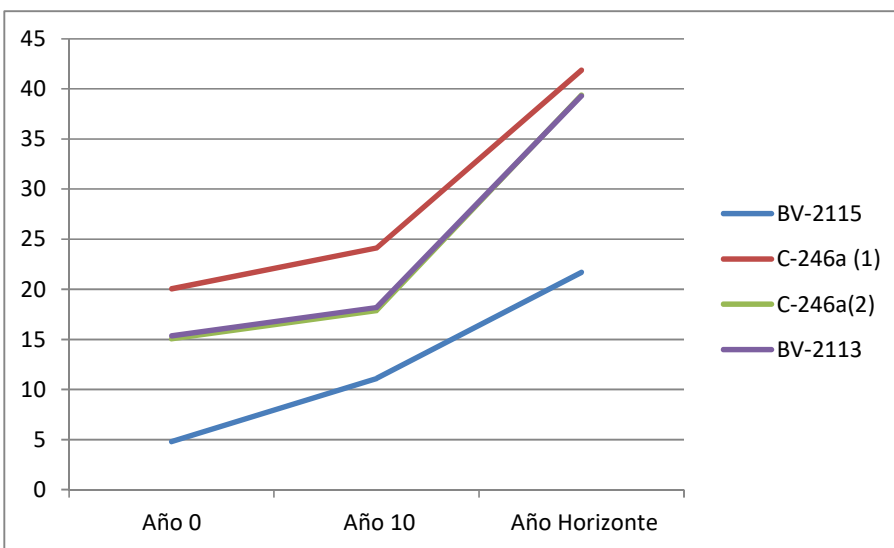
Al tratarse de carreteras de clase II, no es un parámetro que afecte a los niveles de servicio. Aunque se tratara de carreteras de clase I, en las que tanto la velocidad media como el tiempo de demora influyeran sobre los niveles de servicio, tampoco se lograría una mejora, puesto que los tiempos de demora no mejoran y siempre se tiene en cuenta el peor nivel de servicio entre los proporcionados por ambos métodos.

En cuanto al desdoblamiento a carretera de 2 carriles por sentido. Cabe mencionar que solamente se pueden comparar niveles de servicio, lo cual nos da una imagen global de la situación del tráfico pero no permite hacer comparaciones demasiado detalladas entre en caso inicial y el desdoblado. Al tener en cuenta en el primer caso el porcentaje de tiempo de demora y en el

segundo la densidad equivalente no podemos comparar numéricamente ambos parámetros, solo lo podemos hacer cualitativamente mediante los niveles de servicio.

Se puede observar que en todos los casos se logra una mejora de por lo menos un nivel de servicio entre el caso inicial y el caso desdoblado. Las mejoras más leves se dan en el tramo de la carretera BV-2115, en los que se mejora un nivel de servicio, mientras que en el resto de tramos se logra mejorar entre 2 o 3 niveles de servicio. En lo referente al margen de años hasta alcanzar la situación límite, también se ve una notable mejora (de más del 50%) en los dos tramos de la carretera C-246a y en el de la BV-2113, y una discreta mejora de 2 años en el tramo de la carretera BV-2113.

Finalmente la mejora en la velocidad media de recorrido que genera el desdoblamiento es mayor que la generada por la ampliación de la sección transversal. Además las velocidades medias se mantienen constantes a lo largo del tiempo, lo cual significa que en cuanto mayor sea el horizonte medido mayor será la mejora de la velocidad media.



*Ilustración 18: Mejora de la velocidad media de recorrido mediante el desdoblamiento para cada tramo en km/h (Fuente: Propia)*

Basándonos en los resultados obtenidos se puede afirmar que el desdoblamiento es una medida mucho más efectiva que la ampliación de la sección transversal.

## 9 CONCLUSIONES

### 9.1 ACLARACIÓN

En primer lugar, y antes de llegar a ninguna conclusión, hay que tener en cuenta que, considerando la metodología aplicada y los datos empleados en este estudio, los resultados obtenidos no se deben tomar como valores reales y precisos, sino que deben ser interpretados como una aproximación al comportamiento del tráfico en los tramos analizados. Por ello, antes que nada cabe mencionar los motivos y las fuentes de imprecisiones que explican este hecho.

La metodología de cálculo de los niveles de servicio empleada pretende modelizar el comportamiento de tráfico. Los cálculos se llevan a cabo teniendo en cuenta un seguido de parámetros referentes a las características físicas de la carretera y a las características del tráfico medidas durante un periodo determinado de tiempo, así como a las regulaciones del tráfico establecidas en los tramos estudiados. Como resultado final se obtienen los niveles de servicio, una clasificación cualitativa. Hay que tener en cuenta que la realidad no tiene porqué coincidir con los resultados obtenidos, que no son más que una aproximación más o menos acertada en función de la fiabilidad de los datos con los que se trabaja.

Las instituciones que se encargan de llevar a cabo las campañas de aforo lo hacen de forma que las medidas sean significativas para un periodo prolongado de tiempo, por ejemplo un año. Sin embargo los aforos se llevan a cabo durante un período de tiempo limitado ya que por motivos económicos no es posible recabar información de forma constante. De este modo hay que tener en cuenta que los datos recogida en los aforos no son mediciones exactas sino que aproximaciones de la realidad del tráfico.

Hay dos datos fundamentales para el cálculo de los niveles de servicio que no se proporcionaban en los informes de los aforos consultados: el factor de hora punta y el porcentaje de reparto entre sentidos. Estos parámetros han tenido que ser calculados in situ, acudiendo a los puntos de aforo durante las horas punta de días entre semana. Esta medida se ha hecho tan solo una vez para cada estación de aforo, pues no era factible acudir realizar las medidas más veces debido al número de horas de trabajo adicionales que esto implicaría. Por este motivo, estos dos parámetros son si cabe menos fiables que el resto de datos relativos al tráfico.

Las características físicas de las vías no se han podido llevar a cabo in situ debido a la peligrosidad de trabajar con la circulación del tráfico. De este modo las medidas de las anchuras carriles y arcenes, que se han tenido que hacer mediante ortofotografías hace que dichas medidas no sean tan precisas como se hubiera deseado.

Las prognosis son también una fuente de imprecisiones debido principalmente a tres motivos:

En primer lugar, y como sucede en la metodología de cálculo de los niveles de servicio, una prognosis consiste en un procedimiento que tiene en cuenta diversos factores y que pretende modelizar alguna propiedad del tráfico en años futuros, por lo que en ningún momento se puede afirmar que el resultado de una prognosis será exactamente igual al comportamiento del real del tráfico futuro.

En segundo lugar, los tres métodos empleados en este estudio son métodos sencillos que no están ideados para estimar el tráfico en un horizonte de tiempo lejano. De hecho más allá de los 5 o 10 años los resultados proporcionados no pueden ser tomados como valores precisos sino que como indicadores del orden del tráfico real. Existen métodos más complejos, basados en modelos que tienen en cuenta el comportamiento de los viajeros a la hora de escoger destinos, itinerarios, modos de transporte, etc. Son métodos que requieren de un tiempo y unas herramientas de las que no se dispone en este estudio, por lo cual han tenido que ser descartados.

En tercer lugar también hay que tener en cuenta que los datos con los que se trabajan no son datos reales, sino que datos obtenidos en campañas de aforo con la consiguiente relatividad (excepto el caso del parque de vehículos). Además algunos factores que tienen en cuenta las

prognosis son cualitativos, no cuantitativos, de forma que en ciertos casos se debe hacer una elección relativamente arbitraria entre las diversas opciones que se considera describen mejor un determinado escenario.

Por otro lado se debe tener en cuenta que las IMD empleadas en las prognosis corresponden a partir del año 2006. Entre 2006 y la actualidad se atraviesa un período de crisis económica, en la cual el crecimiento del tráfico, así como el del parque de vehículos, ha sido menor al de las dinámicas de crecimiento que se han visto durante las décadas precedentes, de modo que los resultados obtenidos por las prognosis no han sido tan altas como cabía esperar en un inicio.

Es muy difícil predecir si en un futuro próximo se vivirán años de mayor o menor prosperidad económica. Así pues cualquier estimación se puede ver alterada por un factor externo, en este caso la economía global, en función de la cual el tráfico crecerá o vivirá un periodo de estancamiento.

Finalmente hay que plantear cómo será la movilidad en el futuro. Ya han aparecido los primeros vehículos capaces de conducir de forma autónoma. Estos vehículos no dependen del factor humano y por lo tanto serían capaces de circular a grandes velocidades también en situaciones de tráfico desfavorables sin el riesgo de provocar accidentes. En el momento en el que se logre perfeccionar y normalizar el uso de este tipo de vehículos, los problemas del tráfico se mejorarían drásticamente y aumentaría la capacidad de las vías. Tampoco se puede prever si la gente seguirá utilizando los medios de transporte actuales para sus desplazamientos habituales, si aparecerán nuevos medios que revolucionen la movilidad, o quizás nuevas tecnologías que desarrollen, por ejemplo, plataformas virtuales con las cuales los desplazamientos por motivos laborales o académicos dejen de tener sentido.

La tecnología hace que se puedan presentar escenarios muy diferentes del actual en un futuro a medio y largo plazo, y por lo tanto se debe plantear la validez de un estudio de tráfico que se prolongue mucho en el tiempo.

## 9.2 CONCLUSIONES SOBRE LOS TRAMOS ANALIZADOS

A pesar de todos inconvenientes mencionados, si que se ha podido llegar a conclusiones concretas referentes al caso concreto de los cuatro tramos analizados que se comentan a continuación.

En primer lugar, en referencia al tramo correspondiente a la carretera BV-2115, es el tramo que presenta unas peores condiciones de tráfico, pero en el que las mejoras propuestas tienen una menor influencia. Según el tráfico actual y estimando su evolución, se ha llegado a la conclusión de que la capacidad de la vía será alcanzada 23 años después del año de inicio, es decir en 2039. El desdoblamiento del tramo solamente consigue alargar en 2 años en tiempo hasta alcanzar la capacidad. La medida del desdoblamiento sí que logra mejorar en un nivel de servicio el estado del tráfico desde el año inicial hasta el alcance de la capacidad. Es sin embargo una mejora más leve que la que experimentan los otros tramos analizados, que como veremos son de 2 e incluso 3 niveles de servicio.

La mejora de la velocidad media de recorrido también es muy inferior a la que experimentan los otros tramos en el caso del desdoblamiento. Apenas supera los 20km/h de aumento para el año horizonte cuando en el resto de tramos este aumento ronda los 40km/h. Cabe decir que al tener un horizonte más lejano, el margen de mejora con el que cuentan los otros tramos es bastante mayor que el del tramo de la carretera BV-2115.

El principal motivo que explica la problemática de este tramo con el desdoblamiento es su corta distancia. Una distancia corta implica un número mayor de enlaces por kilómetro, que como se ha comentado se entiende por la distancia entre el final y el inicio del tramo. Según la metodología empleada para el cálculo de los niveles de servicio y la velocidad media de recorrido, la penalización debido a un número elevado de accesos por kilómetro es muy alta.

Sin embargo se puede ver cómo la mejora de la velocidad media en el caso de la sección de la ampliación de la sección es mayor que la del resto de tramos. Este hecho se explica porque al ser este tramo el que cuenta con unas características físicas más limitadas (menores anchuras de carriles y arcenes), es el que tiene un mayor margen de mejora.

Se puede concluir que ni la ampliación de la sección de la carretera ni el desdoblamiento de la misma son medidas efectivas para este tramo, por lo que hay que plantear propuestas alternativas.

Por otro lado, las conclusiones que se extraen de los otros tres tramos de carretera son similares. La intensidad actual del tráfico es algo inferior que la correspondiente al primer tramo, y las anchuras de carriles y arcenes algo mayores. Se tratan además de tramos más largos, que están entre 1,8km y 2,5km de longitud aproximadamente, por lo que el desdoblamiento resulta una medida mucho más efectiva.

Al ser el margen de mejora en lo referente a las características físicas algo inferior, la ampliación de la sección transversal es también una medida algo menos efectiva que en el primer tramo.

Sin embargo el desdoblamiento resulta mucho más efectivo que en el caso anterior. Mediante la aplicación de esta medida se logra una mejora de al menos 2 niveles de servicio (3 en muchos casos). También cabe mencionar que el número de años que se prolonga el alcance de la capacidad es por lo menos de 20 años, diez veces más que la mejora experimentada en el primer tramo. Finalmente el aumento en la velocidad media en estos tres tramos es también mucho mayor. Este hecho se constata en mayor medida con la carretera C-246<sup>a</sup> que transcurre entre Vilanova y Cubelles y que es el tramo con una mayor intensidad de tráfico de estos tres.

En general se puede afirmar que en ninguno de los tramos nos encontramos ante una situación preocupante en un futuro cercano. De hecho en el presente todos presentan un nivel de servicio D, cuando el mínimo exigido por la normativa para este tipo de vías es el nivel E. En este escenario no existe justificación de tomar una medida tan costosa como el desdoblamiento, independientemente de su eficacia. Por otro lado la ampliación de la sección transversal no consigue más que un ligero aumento de la velocidad media de recorrido. Aunque su aplicación es mucho más económica, no tiene sentido aplicar una medida que no logra mejorar los niveles de servicio ni a corto ni a largo plazo. La solución a unos hipotéticos problemas de tráfico en un futuro a medio plazo puede pasar por alguna de las mejoras alternativas que se plantean en el próximo apartado.

### 9.3 COCLUSIONES EXTRAPOLABLES A CUALQUIER CARRETERA

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos y las conclusiones a las que se ha llegado en los diferentes tramos de carretera analizados, se ha llegado a algunas conclusiones que pueden ser válidas también para cualquier otro tramo de carretera. A continuación se razonan dichas conclusiones:

**La ampliación de la sección transversal no es una medida efectiva en carreteras de dos carriles desde el punto de vista funcional.**

Para mejorar el estado de tráfico de una carretera de dos carriles se requiere una mejora sobre la velocidad media de circulación y sobre el tiempo de demora si se trata de una carretera de Clase I, y solamente sobre el tiempo de demora en el caso de las carreteras de clase II. La única medida que se consigue mediante la ampliación de la sección es una ligera mejora de la velocidad media de recorrido. En el caso de trabajar con carreteras de clase II esto no implica ninguna mejora, y en el caso de hacerlo con carreteras de clase I pese a todo el tiempo de demora se mantiene, así que tampoco se logra mejorar el nivel de servicio.

Sin embargo desde el punto de vista de la seguridad vial el aumento de la sección es una medida muy efectiva, motivo por el cual es habitual que se efectúen obras de ampliación en carreteras que no cumplen con las medidas que establece la normativa.



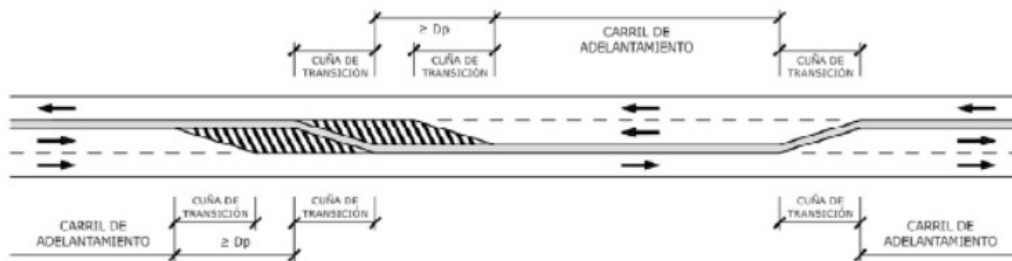
**Hacer desdoblamientos de dos carriles por sentido no es una medida efectiva para tramos de carretera cortos.**

Por un lado la velocidad de proyecto que se alcanza no puede ser elevada. La velocidad de circulación habitual en autopistas y autovías suele estar limitada normalmente a los 120km/h, pero en un tramo de menos de 1km, teniendo en cuenta el tiempo necesario para acelerar para llegar a esta velocidad y decelerar para volver a la velocidad de proyecto de la carretera inicial, el tiempo restante para circular a esta velocidad es muy poco, de forma que no es posible establecer velocidades de proyecto elevadas.

Por otro lado, el hecho de que la separación entre enlaces (en este caso la longitud del tramo) sea mucho menor que en una autovía convencional hace que las velocidades medias sean bajas para este tipo de vías, de forma que las mejoras en la circulación son mínimas.

**En tramos cortos se deben plantear medidas de mejora alternativas.**

Está demostrado que ni la ampliación de la sección transversal ni el desdoblamiento del tramo son medidas efectivas para mejorar los niveles de servicio en tramos de menos de 1km. Existen alternativas, como por ejemplo la implantación de carriles adicionales de adelantamiento (siempre en el sentido donde haya un mayor porcentaje de la circulación o bien en el sentido ascendente en el caso de tratarse de haber rampas destacables). Otra posible medida podría ser la instalación de un carril reversible (como ya se hace en algunas vías urbanas, en las que se habilita un carril extra a la circulación, que se alterna en función del reparto entre sentidos en cada momento). Una propuesta interesante es la implantación de carriles adicionales de adelantamiento alternos dentro de tramos cortos, uno en cada sentido de la circulación, puesto que en carreteras con velocidades de menos de 100km/h la distancia necesaria para el adelantamiento es inferior a los 400m según indica la normativa de trazado. Queda pendiente analizar la efectividad de estas medidas para cada caso.



*Imagen: Carriles adicionales alternos para el adelantamiento. (Fuente: Normativa de trazado 3.1-IC)*

**El desdoblamiento es la medida más efectiva para tramos de carretera con una longitud mínima de 1km.**

En base a cómo afecta la separación entre enlaces a la velocidad media, se puede considerar que resulta efectivo el desdoblamiento de tramos con un máximo de entre 1 o 1,1 enlaces por kilómetro (es decir un tramo con distancia mínima de entre 1 km y 900m). En los tramos que cuentan con un número mayor de enlaces por kilómetro implicaría una enorme reducción de la velocidad media y por consiguiente un aumento de la densidad equivalente. Para el resto de casos es la medida más efectiva dado que implica una mejora notable de los niveles de servicio además de un aumento de la velocidad media de recorrido mayor que la generada por la ampliación de la sección transversal.

### **El desdoblamiento es una medida mucho más costosa que la ampliación de la sección.**

Es evidente que el coste de crear dos calzadas separadas para cada sentido a partir de una carretera convencional será mucho mayor que el de ampliar la anchura de los carriles y arcenes de la misma. Debido a ello esta medida solamente debe ser aplicada si está motivada por un importante aumento esperado del volumen de tráfico debidamente justificado, evitando un sobredimensionamiento.

### **No es posible mejorar el estado del tráfico en carreteras de dos carriles mediante la reducción del porcentaje de zonas con prohibido adelantar sin una revisión del trazado.**

Es cierto que una reducción del porcentaje de zonas con prohibido adelantar implica una reducción del tiempo de demora y un aumento de la velocidad media de recorrido en carreteras de dos carriles. Sin embargo hay que tener en cuenta que, en primer lugar, el criterio sobre la decisión de en qué tramos se pueden efectuar adelantamientos no es arbitrario, sino que debe de cumplir una serie de requisitos establecidos por la normativa del trazado que dependen de la velocidad de proyecto, del trazado y de la visibilidad. Por otro lado la misma normativa indica que, si debido al tráfico existente no se obtuviesen oportunidades de adelantamiento suficientes para garantizar un nivel de servicio determinado, la solución pasa por considerar la opción de disponer de carriles de adelantamiento. Si se pretende mejorar el nivel de servicio en carreteras de dos carriles a costa de permitir más adelantamientos, es necesario proponer mejoras adicionales en la vía mediante una revisión del trazado o bien aumentos de los despejes laterales que conduzcan a mejoras de la visibilidad que permitan reducir el porcentaje de zonas con prohibido adelantar.

### **La proposición de nuevas alternativas de trazado mejoradas es una medida efectiva.**

Consiste en la única forma de mejorar los factores que dependen del control y la regulación del tráfico. Un nuevo trazado en el que los radios de curvatura mínimos sean mayores permitiría establecer velocidades de proyecto mayores. Además en trazados más rectilíneos el porcentaje de zonas con prohibido adelantar. En el caso de tramos que transcurren por terrenos montañosos u ondulados también es posible reducir las pendientes gracias desmontes y terraplenes mejorados para así reducir la afectación de los vehículos pesados sobre el resto de la circulación. Si además el nuevo trazado va acompañado de una adaptación de la sección transversal a los parámetros establecidos por la normativa de trazado, las velocidades medias serían mayores.

## BIBLIOGRAFIA

### Libros

Transportation Research Board, (2000), *Highway Capacity Manual*, Washington, Estados Unidos, Transportation Research Board publications.

Valdés Gonzalez-Roldán A., (1978), *Ingeniería de tráfico*, Madrid, España, Editorial Dossat.

Kraemer C., Sánchez Blanco V., Gardeta Oliveros J. G., (1995), *Elementos de ingeniería de tráfico*, Madrid, España, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

Gardeta Oliveros J. G., Gardeta Oliveros G., (1995), *Manual de capacidad de carreteras*, Madrid, España, Asociación Técnica de Carreteras.

### Otras publicaciones:

Publicaciones de la asignatura Camins i Ferrocarrils del 3er curso de Ingeniería Civil. Tráfico: Tema 1. La ingeniería de tráfico.

Publicaciones de la asignatura Camins i Ferrocarrils del 3er curso de Ingeniería Civil. Tráfico: Tema 2. La Circulación.

Publicaciones de la asignatura Camins i Ferrocarrils del 3er curso de Ingeniería Civil. Tráfico: Tema 3. Los estudios de tráfico.

Publicaciones de la asignatura Camins i Ferrocarrils del 3er curso de Ingeniería Civil. Tráfico: Tema 4. Capacidad y niveles de servicio.

Bañón Blázquez L., (1999), *Manual de Carreteras* (Trabajo fin de carrera), Escuela Técnica Superior, Universidad de Alicante.

### Páginas web

Diputació de Barcelona (2017). Datos asociados a los últimos aforos de en la red de carreteras de la Diputació.

<https://dadesobertes.diba.cat/datasets/situacio-de-les-estacions-daforament-amb-informacio-de-ultima-intensitat-mitjana-diaria-de>

Diputació de Barcelona (2017). Datos asociados a aforos en la red de carreteras de la Diputació en años anteriores.

[http://www.diba.cat/ortofotos/Xarxa\\_Vial/Index\\_C.htm](http://www.diba.cat/ortofotos/Xarxa_Vial/Index_C.htm)

Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (2017). Ortofotografías de Cataluña. <http://www.icc.cat/vissir3/>

Insitut d'estadística de Catalunya (2017). Parque de vehículos de Cataluña por tipos de vehículos. <https://www.idescat.cat/pub/?id=parcc&n=291>

Wikivia (2017). Relación velocidad e intensidad.

[http://www.wikivia.org/wikivia/index.php/Relaci%C3%B3n\\_velocidad\\_e\\_intensidad](http://www.wikivia.org/wikivia/index.php/Relaci%C3%B3n_velocidad_e_intensidad)

Dirección General de Tráfico (2017). Información referente al parque de vehículos.

<http://www.dgt.es/es/explora/en-cifras/parque-de-vehiculos.shtml>

Carreteros (2017). Norma 3.1-IC Trazado de la Instrucción de Carreteras.

<http://www.carreteros.org/normativa/trazado/trazado.htm>

Autopistas.com (2017). Esquemas de la autopista C-32.  
<https://www.autopistas.com/es/castelldefels-el-vendrell>

## **Normativas**

Norma 3.1-IC Trazado de la Instrucción de Carreteras. Capítulo 3.1: Datos básicos para el estudio del trazado. Velocidad

Norma 3.1-IC Trazado de la Instrucción de Carreteras. Capítulo 3.2.3: Datos básicos para el estudio del trazado. Visibilidad. Distancia de adelantamiento

Norma 3.1-IC Trazado de la Instrucción de Carreteras. Capítulo 3.2.4: Datos básicos para el estudio del trazado. Visibilidad. Visibilidad del adelantamiento

Norma 3.1-IC Trazado de la Instrucción de Carreteras. Capítulo 4.2.1: Trazado en planta. Rectas. Longitudes mínima y máxima.

Norma 3.1-IC Trazado de la Instrucción de Carreteras. Capítulo 4.3.2: Trazado en planta. Curvas circulares. Características.

Norma 3.1-IC Trazado de la Instrucción de Carreteras. Capítulo 4.3.3: Trazado en planta. Curvas circulares. Radios y peraltes.

Norma 3.1-IC Trazado de la Instrucción de Carreteras. Capítulo 7.3.1: Sección transversal. Sección transversal en planta. Elementos y sus dimensiones.

## ANEJOS

### 1 ESTACIONES

#### 1.1 Estación EA00680

Carretera	BV-2115
Tramo	PK 0,480 a 0,975
PK	0,750
Hora punta	09:00:00
Último año aforado	2015
% de vehículos pesados	5,54%
Factor de hora punta	0,78
Reparto entre sentidos	44,90% - 55,10%

Tabla 68: Datos asociados al último aforo efectuado en la estación EA00680 (Fuente: Aforos de la Diputació de Barcelona)

	Minuto	Intensidad	Cuarto de Hora	Intensidad
1	09:00:00	27	09:00-09:14	404
2	09:01:00	30	09:01-09:15	401
3	09:02:00	31	09:02-09:16	390
4	09:03:00	34	09:03-09:17	383
5	09:04:00	33	09:04-09:18	378
6	09:05:00	20	09:05-09:19	370
7	09:06:00	32	09:06-09:20	363
8	09:07:00	18	09:07-09:21	356
9	09:08:00	27	09:08-09:22	359
10	09:09:00	33	09:09-09:23	355
11	09:10:00	22	09:10-09:24	343
12	09:11:00	29	09:11-09:25	338
13	09:12:00	15	09:12-09:26	327
14	09:13:00	20	09:13-09:27	334
15	09:14:00	33	09:14-09:28	326
16	09:15:00	24	09:15-09:29	312
17	09:16:00	19	09:16-09:30	300
18	09:17:00	24	09:17-09:31	292
19	09:18:00	29	09:18-09:32	285
20	09:19:00	25	09:19-09:33	273
21	09:20:00	13	09:20-09:34	273
22	09:21:00	25	09:21-09:35	279
23	09:22:00	21	09:22-09:36	272
24	09:23:00	23	09:23-09:37	265
25	09:24:00	21	09:24-09:38	253
26	09:25:00	17	09:25-09:39	253
27	09:26:00	18	09:26-09:40	261
28	09:27:00	22	09:27-09:41	260
29	09:28:00	12	09:28-09:42	252
30	09:29:00	19	09:29-09:43	267
31	09:30:00	12	09:30-09:44	271
32	09:31:00	11	09:31-09:45	272
33	09:32:00	17	09:32-09:46	273

<b>34</b>	09:33:00	17	09:33-09:47	274
<b>35</b>	09:34:00	25	09:34-09:48	276
<b>36</b>	09:35:00	19	09:35-09:49	269
<b>37</b>	09:36:00	18	09:36-09:50	271
<b>38</b>	09:37:00	14	09:37-09:51	265
<b>39</b>	09:38:00	19	09:38-09:52	275
<b>40</b>	09:39:00	13	09:39-09:53	272
<b>41</b>	09:40:00	25	09:40-09:54	278
<b>42</b>	09:41:00	17	09:41-09:55	282
<b>43</b>	09:42:00	14	09:42-09:56	281
<b>44</b>	09:43:00	27	09:43-09:57	283
<b>45</b>	09:44:00	23	09:44-09:58	272
<b>46</b>	09:45:00	13	09:45-09:59	267
<b>47</b>	09:46:00	12	<b>115</b>	<b>404</b>
<b>48</b>	09:47:00	18		
<b>49</b>	09:48:00	19		
<b>50</b>	09:49:00	18		
<b>51</b>	09:50:00	21		
<b>52</b>	09:51:00	12		
<b>53</b>	09:52:00	24		
<b>54</b>	09:53:00	16		
<b>55</b>	09:54:00	19		
<b>56</b>	09:55:00	29		
<b>57</b>	09:56:00	16		
<b>58</b>	09:57:00	16		
<b>59</b>	09:58:00	16		
<b>60</b>	09:59:00	18		
<b>TOTAL</b>	<b>160</b>	<b>1254</b>		

Tabla 69: Intensidades medidas durante cada minuto de la hora punta de la estación EA00680 (Fuente: Elaboración propia)

Sentido 1	Sentido 2	Total
<b>563</b>	691	1254
<b>44,90%</b>	55,10%	100%

Tabla 70: Reparto entre sentidos medido durante la hora punta de la estación EA00680 (Fuente: Elaboración propia)

## 1.2 Estación EA00748

Carretera	C-246a
PK	47,000
Tramo	PK 45,715 a 48,280
Hora punta	09:00:00
Último año aforado	2015
%de vehículos pesados	4,81%
Factor de hora punta	0,90
Reparto entre sentidos	59,18% - 40,82%

Tabla 71: Datos asociados al último aforo efectuado en la estación EA00748 (Fuente: Aforos de la Diputació de Barcelona)

	Minuto	Intensidad	Cuarto de Hora	Intensidad
1	09:00:00	13	09:00-09:14	201
2	09:01:00	10	09:01-09:15	209
3	09:02:00	7	09:02-09:16	215
4	09:03:00	23	09:03-09:17	223
5	09:04:00	13	09:04-09:18	214
6	09:05:00	12	09:05-09:19	213
7	09:06:00	16	09:06-09:20	215
8	09:07:00	10	09:07-09:21	210
9	09:08:00	6	09:08-09:22	208
10	09:09:00	12	09:09-09:23	215
11	09:10:00	16	09:10-09:24	216
12	09:11:00	14	09:11-09:25	210
13	09:12:00	15	09:12-09:26	210
14	09:13:00	20	09:13-09:27	209
15	09:14:00	14	09:14-09:28	197
16	09:15:00	21	09:15-09:29	194
17	09:16:00	16	09:16-09:30	193
18	09:17:00	15	09:17-09:31	195
19	09:18:00	14	09:18-09:32	197
20	09:19:00	12	09:19-09:33	192
21	09:20:00	14	09:20-09:34	192
22	09:21:00	11	09:21-09:35	183
23	09:22:00	8	09:22-09:36	180
24	09:23:00	13	09:23-09:37	178
25	09:24:00	13	09:24-09:38	181
26	09:25:00	10	09:25-09:39	185
27	09:26:00	14	09:26-09:40	189
28	09:27:00	14	09:27-09:41	190
29	09:28:00	8	09:28-09:42	192
30	09:29:00	11	09:29-09:43	206
31	09:30:00	20	09:30-09:44	210
32	09:31:00	18	09:31-09:45	205
33	09:32:00	17	09:32-09:46	198
34	09:33:00	9	09:33-09:47	193

<b>35</b>	09:34:00	12	09:34-09:48	194
<b>36</b>	09:35:00	5	09:35-09:49	191
<b>37</b>	09:36:00	8	09:36-09:50	201
<b>38</b>	09:37:00	6	09:37-09:51	209
<b>39</b>	09:38:00	16	09:38-09:52	212
<b>40</b>	09:39:00	17	09:39-09:53	216
<b>41</b>	09:40:00	14	09:40-09:54	210
<b>42</b>	09:41:00	15	09:41-09:55	211
<b>43</b>	09:42:00	16	09:42-09:56	213
<b>44</b>	09:43:00	22	09:43-09:57	219
<b>45</b>	09:44:00	15	09:44-09:58	206
<b>46</b>	09:45:00	15	09:45-09:59	201
<b>47</b>	09:46:00	11	<b>115</b>	<b>223</b>
<b>48</b>	09:47:00	12		
<b>49</b>	09:48:00	10		
<b>50</b>	09:49:00	9		
<b>51</b>	09:50:00	15		
<b>52</b>	09:51:00	16		
<b>53</b>	09:52:00	9		
<b>54</b>	09:53:00	20		
<b>55</b>	09:54:00	11		
<b>56</b>	09:55:00	15		
<b>57</b>	09:56:00	17		
<b>58</b>	09:57:00	22		
<b>59</b>	09:58:00	9		
<b>60</b>	09:59:00	10		
<b>TOTAL</b>	<b>160</b>	<b>806</b>		

Tabla 72: Intensidades medidas durante cada minuto de la hora punta de la estación EA00748 (Fuente: Elaboración propia)

Sentido 1	Sentido 2	Total
<b>477</b>	329	806
<b>59,18%</b>	40,82%	100%

Tabla 73: Reparto entre sentidos medidos durante la hora punta de la estación EA00748 (Fuente: Elaboración propia)



### 1.3 Estación EA00746

<b>Carretera</b>	<b>C-246a</b>
PK	38,625
Tramo	PK 38,490 a 40,880
Hora punta	20:00:00
Último año aforado	2016
% de vehículos pesados	7,35%
Factor de hora punta	0,88
Reparto entre sentidos	50,14% - 79,86%

Tabla 74: Datos asociados al último aforo efectuado en la estación EA00746 (Fuente: Aforos de la Diputació de Barcelona)

	Minuto	Intensidad	Cuarto de Hora	Intensidad
<b>1</b>	10:00:00	9	10:00-10:14	193
<b>2</b>	10:01:00	14	10:01-10:15	196
<b>3</b>	10:02:00	18	10:02-10:16	197
<b>4</b>	10:03:00	16	10:03-10:17	190
<b>5</b>	10:04:00	11	10:04-10:18	188
<b>6</b>	10:05:00	9	10:05-10:19	192
<b>7</b>	10:06:00	10	10:06-10:20	195
<b>8</b>	10:07:00	12	10:07-10:21	201
<b>9</b>	10:08:00	12	10:08-10:22	198
<b>10</b>	10:09:00	14	10:09-10:23	195
<b>11</b>	10:10:00	15	10:10-10:24	199
<b>12</b>	10:11:00	13	10:11-10:25	201
<b>13</b>	10:12:00	15	10:12-10:26	197
<b>14</b>	10:13:00	12	10:13-10:27	189
<b>15</b>	10:14:00	13	10:14-10:28	187
<b>16</b>	10:15:00	12	10:15-10:29	187
<b>17</b>	10:16:00	15	10:16-10:30	185
<b>18</b>	10:17:00	11	10:17-10:31	181
<b>19</b>	10:18:00	14	10:18-10:32	182
<b>20</b>	10:19:00	15	10:19-10:33	180
<b>21</b>	10:20:00	12	10:20-10:34	177
<b>22</b>	10:21:00	16	10:21-10:35	180
<b>23</b>	10:22:00	9	10:22-10:36	178
<b>24</b>	10:23:00	9	10:23-10:37	173
<b>25</b>	10:24:00	18	10:24-10:38	175
<b>26</b>	10:25:00	17	10:25-10:39	165
<b>27</b>	10:26:00	9	10:26-10:40	161
<b>28</b>	10:27:00	7	10:27-10:41	162
<b>29</b>	10:28:00	10	10:28-10:42	165
<b>30</b>	10:29:00	13	10:29-10:43	168
<b>31</b>	10:30:00	10	10:30-10:44	165
<b>32</b>	10:31:00	11	10:31-10:45	161

<b>33</b>	10:32:00	12	10:32-10:46	160
<b>34</b>	10:33:00	12	10:33-10:47	159
<b>35</b>	10:34:00	12	10:34-10:48	155
<b>36</b>	10:35:00	15	10:35-10:49	154
<b>37</b>	10:36:00	14	10:36-10:50	151
<b>38</b>	10:37:00	4	10:37-10:51	147
<b>39</b>	10:38:00	11	10:38-10:52	151
<b>40</b>	10:39:00	8	10:39-10:53	159
<b>41</b>	10:40:00	13	10:40-10:54	161
<b>42</b>	10:41:00	10	10:41-10:55	160
<b>43</b>	10:42:00	10	10:42-10:56	156
<b>44</b>	10:43:00	13	10:43-10:57	157
<b>45</b>	10:44:00	10	10:44-10:58	162
<b>46</b>	10:45:00	6	10:45-10:59	163
<b>47</b>	10:46:00	10	<b>115</b>	<b>201</b>
<b>48</b>	10:47:00	11		
<b>49</b>	10:48:00	8		
<b>50</b>	10:49:00	11		
<b>51</b>	10:50:00	12		
<b>52</b>	10:51:00	10		
<b>53</b>	10:52:00	8		
<b>54</b>	10:53:00	19		
<b>55</b>	10:54:00	10		
<b>56</b>	10:55:00	12		
<b>57</b>	10:56:00	6		
<b>58</b>	10:57:00	11		
<b>59</b>	10:58:00	18		
<b>60</b>	10:59:00	11		
<b>TOTAL</b>	<b>160</b>	<b>708</b>		

Tabla 75: Intensidades medidas durante cada minuto de la hora punta de la estación EA00746 (Fuente: Elaboración propia)

Sentido 1	Sentido 2	Total
<b>353</b>	355	708
<b>49,86%</b>	50,14%	100%

Tabla 76: Reparto entre sentidos medido durante la hora punta de la estación EA00746 (Fuente: Elaboración propia)

## 1.4 Estación EA00230

Carretera	BV-2113
PK	0,600
Tramo	PK 0,490 a 2,360
Hora punta	10:00:00
Último año aforado	2016
%de vehículos pesados	7,30%
Factor de hora punta	0,95
Reparto entre sentidos	51,61% - 48,39%

Tabla 77: Datos asociados al último aforo efectuado en la estación EA00230 (Fuente: Aforos de la Diputació de Barcelona)

	Minuto	Intensidad	Cuarto de Hora	Intensidad
1	18:00:00	13	18:00-18:14	191
2	18:01:00	15	18:01-18:15	192
3	18:02:00	12	18:02-18:16	182
4	18:03:00	12	18:03-18:17	188
5	18:04:00	17	18:04-18:18	189
6	18:05:00	15	18:05-18:19	186
7	18:06:00	12	18:06-18:20	190
8	18:07:00	11	18:07-18:21	185
9	18:08:00	10	18:08-18:22	188
10	18:09:00	16	18:09-18:23	189
11	18:10:00	12	18:10-18:24	184
12	18:11:00	8	18:11-18:25	186
13	18:12:00	13	18:12-18:26	190
14	18:13:00	13	18:13-18:27	193
15	18:14:00	12	18:14-18:28	192
16	18:15:00	14	18:15-18:29	193
17	18:16:00	5	18:16-18:30	196
18	18:17:00	18	18:17-18:31	204
19	18:18:00	13	18:18-18:32	195
20	18:19:00	14	18:19-18:33	197
21	18:20:00	19	18:20-18:34	198
22	18:21:00	7	18:21-18:35	190
23	18:22:00	14	18:22-18:36	194
24	18:23:00	11	18:23-18:37	191
25	18:24:00	11	18:24-18:38	191
26	18:25:00	14	18:25-18:39	195
27	18:26:00	12	18:26-18:40	200
28	18:27:00	16	18:27-18:41	201
29	18:28:00	12	18:28-18:42	199
30	18:29:00	13	18:29-18:43	199
31	18:30:00	17	18:30-18:44	199
32	18:31:00	13	18:31-18:45	190
33	18:32:00	9	18:32-18:46	193
34	18:33:00	15	18:33-18:47	196
35	18:34:00	15	18:34-18:48	192
36	18:35:00	11	18:35-18:49	197
37	18:36:00	11	18:36-18:50	194
38	18:37:00	11	18:37-18:51	195
39	18:38:00	11	18:38-18:52	192

<b>40</b>	18:39:00	15	18:39-18:53	192
<b>41</b>	18:40:00	19	18:40-18:54	195
<b>42</b>	18:41:00	13	18:41-18:55	196
<b>43</b>	18:42:00	14	18:42-18:56	194
<b>44</b>	18:43:00	12	18:43-18:57	194
<b>45</b>	18:44:00	13	18:44-18:58	193
<b>46</b>	18:45:00	8	18:45-18:59	194
<b>47</b>	18:46:00	16	<b>115</b>	<b>204</b>
<b>48</b>	18:47:00	12		
<b>49</b>	18:48:00	11		
<b>50</b>	18:49:00	20		
<b>51</b>	18:50:00	8		
<b>52</b>	18:51:00	12		
<b>53</b>	18:52:00	8		
<b>54</b>	18:53:00	11		
<b>55</b>	18:54:00	18		
<b>56</b>	18:55:00	20		
<b>57</b>	18:56:00	11		
<b>58</b>	18:57:00	14		
<b>59</b>	18:58:00	11		
<b>60</b>	18:59:00	14		
<b>TOTAL</b>	<b>160</b>	<b>777</b>		

Tabla 78: Intensidades medidas durante cada minuto de la hora punta de la estación EA00230 (Fuente: Elaboración propia)

Sentido 1	Sentido 2	Total
<b>376</b>	401	777
<b>48,39%</b>	51,61%	100%

Tabla 79: Reparto entre sentido medido durante la hora punta de la estación EA00230 (Fuente: Elaboración propia)

## 1.5 Estación EA00231

<b>Carretera</b>	<b>BV-2113</b>
PK	2,000
Tramo	PK 0,490 a 2,360
Hora punta	10:00:00
Último año aforado	2015
% de vehículos pesados	3,73%
Factor de hora punta	0,90
Reparto entre sentidos	51,39% - 48,61%

Tabla 80: Datos asociados al último aforo efectuado en la estación EA00231 (Fuente: Aforos de la Diputació de Barcelona)

	Minuto	Intensidad	Cuarto de Hora	Intensidad
1	10:00:00	15	10:00-10:14	186
2	10:01:00	9	10:01-10:15	187
3	10:02:00	12	10:02-10:16	193
4	10:03:00	13	10:03-10:17	194
5	10:04:00	12	10:04-10:18	191
6	10:05:00	7	10:05-10:19	191
7	10:06:00	12	10:06-10:20	204
8	10:07:00	15	10:07-10:21	207
9	10:08:00	10	10:08-10:22	203
10	10:09:00	14	10:09-10:23	204
11	10:10:00	12	10:10-10:24	204
12	10:11:00	12	10:11-10:25	206
13	10:12:00	18	10:12-10:26	202
14	10:13:00	13	10:13-10:27	201
15	10:14:00	12	10:14-10:28	207
16	10:15:00	16	10:15-10:29	211
17	10:16:00	15	10:16-10:30	210
18	10:17:00	13	10:17-10:31	207
19	10:18:00	10	10:18-10:32	210
20	10:19:00	12	10:19-10:33	207
21	10:20:00	20	10:20-10:34	206
22	10:21:00	15	10:21-10:35	201
23	10:22:00	11	10:22-10:36	200
24	10:23:00	11	10:23-10:37	203
25	10:24:00	14	10:24-10:38	203
26	10:25:00	14	10:25-10:39	198
27	10:26:00	8	10:26-10:40	195
28	10:27:00	17	10:27-10:41	198
29	10:28:00	19	10:28-10:42	199
30	10:29:00	16	10:29-10:43	193
31	10:30:00	15	10:30-10:44	192
32	10:31:00	12	10:31-10:45	187
33	10:32:00	16	10:32-10:46	182
34	10:33:00	7	10:33-10:47	189

<b>35</b>	10:34:00	11	10:34-10:48	182
<b>36</b>	10:35:00	15	10:35-10:49	176
<b>37</b>	10:36:00	14	10:36-10:50	174
<b>38</b>	10:37:00	14	10:37-10:51	174
<b>39</b>	10:38:00	11	10:38-10:52	183
<b>40</b>	10:39:00	9	10:39-10:53	183
<b>41</b>	10:40:00	11	10:40-10:54	185
<b>42</b>	10:41:00	11	10:41-10:55	187
<b>43</b>	10:42:00	18	10:42-10:56	178
<b>44</b>	10:43:00	13	10:43-10:57	178
<b>45</b>	10:44:00	15	10:44-10:58	176
<b>46</b>	10:45:00	10	10:45-10:59	168
<b>47</b>	10:46:00	14	<b>115</b>	<b>211</b>
<b>48</b>	10:47:00	9		
<b>49</b>	10:48:00	14		
<b>50</b>	10:49:00	4		
<b>51</b>	10:50:00	9		
<b>52</b>	10:51:00	12		
<b>53</b>	10:52:00	14		
<b>54</b>	10:53:00	20		
<b>55</b>	10:54:00	9		
<b>56</b>	10:55:00	13		
<b>57</b>	10:56:00	13		
<b>58</b>	10:57:00	9		
<b>59</b>	10:58:00	11		
<b>60</b>	10:59:00	7		
<b>TOTAL</b>	<b>160</b>	<b>757</b>		

Tabla 81: Intensidades medidas durante cada minuto de la hora punta de la estación EA00231 (Fuente: Elaboración propia)

Sentido 1	Sentido 2	Total
<b>368</b>	389	757
<b>48,61%</b>	51,39%	100%

Tabla 82: Reparto entre sentidos medido durante la hora punta de la estación EA00231 (Fuente: Elaboración propia)

## 1.6 Estación EA00675

<b>Carretera</b>	<b>BV-2113</b>
PK	1,000
Tramo	PK 0,490 a 2,360
Hora punta	16:00:00
Último año aforado	2016
% de vehículos pesados	6,84%
Factor de hora punta	0,88
Reparto entre sentidos	54,97% - 45,03%

Tabla 83: Datos asociados al último aforo efectuado en la estación EA00675 (Fuente: Aforos de la Diputació de Barcelona)

	Minuto	Intensidad	Cuarto de hora	Intensidad
1	16:00:00	11	16:00-16:14	103
2	16:01:00	9	16:01-16:15	97
3	16:02:00	7	16:02-16:16	93
4	16:03:00	6	16:03-16:17	94
5	16:04:00	8	16:04-16:18	93
6	16:05:00	5	16:05-16:19	95
7	16:06:00	7	16:06-16:20	98
8	16:07:00	9	16:07-16:21	101
9	16:08:00	5	16:08-16:22	98
10	16:09:00	5	16:09-16:23	104
11	16:10:00	6	16:10-16:24	112
12	16:11:00	8	16:11-16:25	113
13	16:12:00	8	16:12-16:26	114
14	16:13:00	3	16:13-16:27	111
15	16:14:00	6	16:14-16:28	115
16	16:15:00	5	16:15-16:29	115
17	16:16:00	5	16:16-16:30	121
18	16:17:00	8	16:17-16:31	128
19	16:18:00	5	16:18-16:32	127
20	16:19:00	10	16:19-16:33	127
21	16:20:00	8	16:20-16:34	126
22	16:21:00	10	16:21-16:35	125
23	16:22:00	6	16:22-16:36	121
24	16:23:00	11	16:23-16:37	123
25	16:24:00	13	16:24-16:38	120
26	16:25:00	7	16:25-16:39	113
27	16:26:00	9	16:26-16:40	116
28	16:27:00	5	16:27-16:41	117
29	16:28:00	7	16:28-16:42	121
30	16:29:00	6	16:29-16:43	124
31	16:30:00	11	16:30-16:44	120
32	16:31:00	12	16:31-16:45	117
33	16:32:00	7	16:32-16:46	110
34	16:33:00	5	16:33-16:47	109
35	16:34:00	9	16:34-16:48	111
36	16:35:00	7	16:35-16:49	109
37	16:36:00	6	16:36-16:50	104
38	16:37:00	8	16:37-16:51	107
39	16:38:00	8	16:38-16:52	106

<b>40</b>	16:39:00	6	16:39-16:53	105
<b>41</b>	16:40:00	10	16:40-16:54	109
<b>42</b>	16:41:00	10	16:41-16:55	112
<b>43</b>	16:42:00	9	16:42-16:56	107
<b>44</b>	16:43:00	10	16:43-16:57	113
<b>45</b>	16:44:00	2	16:44-16:58	110
<b>46</b>	16:45:00	8	16:45-16:59	115
<b>47</b>	16:46:00	5	<b>115</b>	<b>128</b>
<b>48</b>	16:47:00	6		
<b>49</b>	16:48:00	7		
<b>50</b>	16:49:00	7		
<b>51</b>	16:50:00	2		
<b>52</b>	16:51:00	9		
<b>53</b>	16:52:00	7		
<b>54</b>	16:53:00	7		
<b>55</b>	16:54:00	10		
<b>56</b>	16:55:00	13		
<b>57</b>	16:56:00	5		
<b>58</b>	16:57:00	15		
<b>59</b>	16:58:00	7		
<b>60</b>	16:59:00	7		
<b>TOTAL</b>	<b>160</b>	<b>453</b>		

Tabla 84: Intensidades medidas durante cada minuto de la hora punta de la estación EA00675 (Fuente: Elaboración propia)

Sentido 1	Sentido 2	Total
<b>249</b>	204	453
<b>54,97%</b>	45,03%	100%

Tabla 85: Reparto entre sentidos medido durante la hora punta de la estación EA00675 (Fuente: Elaboración propia)



## 1.7 Imágenes de las estaciones



*Ilustración 19: Filmación durante la hora punta a la altura de las estaciones EA00680 y EA00748 (Fuente: Propia)*



*Ilustración 20: Filmación durante la hora punta a la altura de las estaciones EA00746 y EA00230 (Fuente: Propia)*



*Ilustración 21: Filmación durante la hora punta a la altura de las estaciones EA00231 y EA00675 (Fuente: Propia)*

## 2 TRAMOS

### 2.1 BV-2115 - Tramo PK 0,480 a 0,975:

	PK	A. total (m)	A. carriles (m)	A. carril (m)	A. arcén (m)
1	0,480	8,58	7,69	3,85	0,45
2	0,530	6,62	6,08	3,04	0,27
3	0,580	6,71	6,17	3,09	0,27
4	0,630	6,62	6,13	3,07	0,25
5	0,680	6,93	6,22	3,11	0,36
6	0,730	7,62	6,36	3,18	0,63
7	0,780	7,17	6,46	3,23	0,36
8	0,830	7,03	6,28	3,14	0,38
9	0,880	7,33	6,53	3,27	0,40
10	0,930	7,00	6,36	3,18	0,32
<b>Promedio</b>				<b>3,22</b>	<b>0,37</b>

Tabla 86: Características geométricas del tramo de la carretera BV-2115 (Fuente: Elaboración propia)

	PK	Lado
1	0,651	izquierdo
2	0,690	derecho
3	0,813	derecho
4	0,866	izquierdo
5	0,884	derecho
6	0,956	derecho

Tabla 87: Contabilización y localización de los accesos en el tramo de la carretera BV-2115 (Fuente: Elaboración propia)

## 2.2 C-246a - Tramo PK 45,715 a 48,280:

	PK	A. total (m)	A. carriles (m)	A. carril (m)	A. arcén (m)
1	45,750	9,72	7,13	3,57	1,30
2	45,800	8,92	6,74	3,37	1,09
3	45,850	8,38	6,74	3,37	0,82
4	45,900	8,61	6,40	3,20	1,11
5	45,950	7,94	6,25	3,13	0,85
6	46,000	7,96	6,71	3,36	0,63
7	46,050	7,95	6,40	3,20	0,78
8	46,100	7,86	6,53	3,27	0,67
9	46,150	10,76	6,59	3,30	2,09
10	46,200	6,90	6,36	3,18	0,27
11	46,250	8,93	6,75	3,38	1,09
12	46,300	9,03	6,81	3,41	1,11
13	46,350	8,54	6,42	3,21	1,06
14	46,400	8,54	6,73	3,37	0,90
15	46,450	8,94	6,64	3,32	1,15
16	46,500	8,93	6,42	3,21	1,26
17	46,550	8,62	6,72	3,36	0,95
18	46,600	8,21	6,81	3,41	0,70
19	46,650	8,12	6,41	3,21	0,86
20	46,700	8,35	6,65	3,33	0,85
21	46,750	8,27	6,66	3,33	0,81
22	46,800	8,18	6,36	3,18	0,91
23	46,850	8,35	6,41	3,21	0,97
24	46,900	8,63	6,43	3,22	1,10
25	46,950	8,42	6,41	3,21	1,01
26	47,000	8,71	6,54	3,27	1,09
27	47,050	9,04	6,43	3,22	1,31
28	47,100	8,43	6,45	3,23	0,99
29	47,150	8,80	6,66	3,33	1,07
30	47,200	7,87	6,37	3,19	0,75
31	47,250	7,69	6,22	3,11	0,74
32	47,300	7,86	6,51	3,26	0,68
33	47,350	8,00	6,30	3,15	0,85
34	47,400	7,92	6,38	3,19	0,77
35	47,450	7,79	6,46	3,23	0,67
36	47,500	7,79	6,27	3,14	0,76
37	47,550	8,33	6,25	3,13	1,04
38	47,600	8,60	6,66	3,33	0,97
39	47,650	8,58	6,47	3,24	1,06
40	47,700	9,11	6,66	3,33	1,23
41	47,750	8,26	6,49	3,25	0,89
42	47,800	8,10	6,51	3,26	0,80
43	47,850	7,92	6,51	3,26	0,71
44	47,900	7,89	6,58	3,29	0,66

<b>45</b>	47,950	7,29	6,48	3,24	0,41
<b>46</b>	48,000	8,48	6,68	3,34	0,90
<b>47</b>	48,050	8,82	6,52	3,26	1,15
<b>48</b>	48,100	8,34	6,43	3,22	0,96
<b>49</b>	48,150	8,70	6,39	3,20	1,16
<b>50</b>	48,200	9,14	6,58	3,29	1,28
<b>51</b>	48,250	7,94	6,34	3,17	0,80
<b>Promedio</b>				3,26	0,94

Tabla 88: Características geométricas del primer tramo de la carretera C-246a (Fuente: Elaboración propia)

	PK	Lado
<b>1</b>	45,796	izquierdo
<b>2</b>	46,117	izquierdo
<b>3</b>	46,149	izquierdo
<b>4</b>	46,234	derecho
<b>5</b>	46,501	derecho
<b>6</b>	46,720	izquierdo
<b>7</b>	46,983	derecho
<b>8</b>	47,039	izquierdo
<b>9</b>	47,104	derecho
<b>10</b>	47,344	derecho
<b>11</b>	47,408	derecho
<b>12</b>	47,443	izquierdo
<b>13</b>	47,547	derecho
<b>14</b>	47,706	izquierdo
<b>15</b>	47,729	derecho
<b>16</b>	48,274	izquierdo

Tabla 89: Contabilización y localización de los accesos en el primer tramo de la carretera C-246a (Fuente: Elaboración propia)



### 2.3 C-246a - Tramo PK 38,490 a 40,880:

	PK	A. total (m)	A. carriles (m)	A. carril (m)	A. arcén (m)
1	38,500	8,89	6,87	3,44	1,01
2	38,550	8,32	6,84	3,42	0,74
3	38,600	9,49	6,74	3,37	1,38
4	38,650	9,07	6,83	3,42	1,12
5	38,700	9,83	6,33	3,17	1,75
6	38,750	8,71	6,05	3,03	1,33
7	38,800	8,16	6,31	3,16	0,93
8	38,850	8,63	6,60	3,30	1,02
9	38,900	8,88	6,73	3,37	1,08
10	38,950	9,01	6,44	3,22	1,29
11	39,000	9,55	6,66	3,33	1,45
12	39,050	8,92	6,71	3,36	1,11
13	39,100	8,68	6,67	3,34	1,01
14	39,150	8,71	6,66	3,33	1,03
15	39,200	8,71	6,77	3,39	0,97
16	39,250	8,76	6,38	3,19	1,19
17	39,300	8,60	6,80	3,40	0,90
18	39,350	8,54	6,56	3,28	0,99
19	39,400	8,90	6,77	3,39	1,07
20	39,450	8,88	6,80	3,40	1,04
21	39,500	8,77	6,78	3,39	1,00
22	39,550	8,85	6,82	3,41	1,02
23	39,600	8,86	6,58	3,29	1,14
24	39,650	8,72	6,80	3,40	0,96
25	39,700	8,89	6,80	3,40	1,05
26	39,750	8,66	6,44	3,22	1,11
27	39,800	8,61	6,38	3,19	1,12
28	39,850	8,62	6,42	3,21	1,10
29	39,900	8,78	6,68	3,34	1,05
30	39,950	8,14	6,64	3,32	0,75
31	40,000	8,60	6,95	3,48	0,83
32	40,050	8,49	6,80	3,40	0,85
33	40,100	8,57	6,69	3,35	0,94
34	40,150	8,15	6,54	3,27	0,81
35	40,200	8,77	6,89	3,45	0,94
36	40,250	8,30	6,40	3,20	0,95
37	40,300	7,42	6,30	3,15	0,56
38	40,350	7,78	6,31	3,16	0,74
39	40,400	7,85	6,65	3,33	0,60
40	40,450	8,49	6,69	3,35	0,90
41	40,500	8,56	6,54	3,27	1,01
42	40,550	8,90	6,78	3,39	1,06

<b>43</b>	40,600	9,01	6,71	3,36	1,15
<b>44</b>	40,650	8,50	6,58	3,29	0,96
<b>45</b>	40,700	8,71	6,61	3,31	1,05
<b>46</b>	40,750	8,93	6,91	3,46	1,01
<b>47</b>	40,800	8,42	6,58	3,29	0,92
<b>48</b>	40,850	8,40	6,63	3,32	0,89
<b>Promedio</b>				3,32	1,02

Tabla 90: Características geométricas del segundo tramo de la carretera C-246a (Fuente: Elaboración propia)

	PK	Lado
<b>1</b>	38,538	Izquierdo
<b>2</b>	38,590	Derecho
<b>3</b>	38,779	Derecho
<b>4</b>	38,922	Izquierdo
<b>5</b>	38,947	Derecho
<b>6</b>	39,243	Derecho
<b>7</b>	39,257	Izquierdo
<b>8</b>	39,834	Derecho
<b>9</b>	40,173	Derecho
<b>10</b>	40,301	Izquierdo
<b>11</b>	40,477	Derecho

Tabla 91: Contabilización y localización de los accesos en el segundo tramo de la carretera C-246a (Fuente: Elaboración propia)

## 2.4 BV-2113 - Tramo PK 0,490 a 2,360:

	PK	A. total (m)	A. carriles (m)	A. carril (m)	A. arcén (m)
1	0,500	6,18	6,18	3,09	0,00
2	0,550	6,67	5,70	2,85	0,49
3	0,600	6,74	5,89	2,95	0,43
4	0,650	6,95	5,96	2,98	0,50
5	0,700	7,29	6,70	3,35	0,30
6	0,750	7,08	6,11	3,06	0,49
7	0,800	7,13	5,94	2,97	0,60
8	0,850	7,68	6,45	3,23	0,62
9	0,900	7,55	6,26	3,13	0,65
10	0,950	7,21	6,23	3,12	0,49
11	1,000	7,72	6,74	3,37	0,49
12	1,050	7,26	6,61	3,31	0,33
13	1,100	7,49	6,59	3,30	0,45
14	1,150	7,35	6,33	3,17	0,51
15	1,200	7,66	6,57	3,29	0,55
16	1,250	6,27	6,27	3,14	0,00
17	1,300	7,54	6,85	3,43	0,35
18	1,350	7,26	6,76	3,38	0,25
19	1,400	7,25	6,67	3,34	0,29
20	1,450	7,37	6,80	3,40	0,29
21	1,500	7,34	6,93	3,47	0,21
22	1,550	7,45	6,96	3,48	0,25
23	1,600	7,51	6,75	3,38	0,38
24	1,650	7,42	6,94	3,47	0,24
25	1,700	7,45	6,96	3,48	0,25
26	1,750	7,46	6,77	3,39	0,35
27	1,800	7,57	6,82	3,41	0,38
28	1,850	6,93	6,52	3,26	0,21
29	1,900	7,26	6,84	3,42	0,21
30	1,950	8,24	6,94	3,47	0,65
31	2,000	8,22	7,06	3,53	0,58
32	2,050	7,84	6,60	3,30	0,62
33	2,100	7,65	6,67	3,34	0,49
34	2,150	7,81	6,74	3,37	0,54
35	2,200	7,58	6,67	3,34	0,46
36	2,250	7,59	6,74	3,37	0,43
37	2,300	7,65	6,79	3,40	0,43
38	2,350	9,29	7,88	3,94	0,71
<b>PROMEDIO</b>				3,31	0,40

Tabla 92: Características geométricas del tramo de la carretera BV-2113 (Fuente: Elaboración propia)



	PK	Lado
<b>1</b>	0,893	Derecho
<b>2</b>	1,238	Derecho
<b>3</b>	1,553	Derecho
<b>4</b>	1,597	Izquierdo
<b>5</b>	1,768	Izquierdo
<b>6</b>	1,929	Derecho

*Tabla 93: Contabilización y localización de los accesos en el tramo de la carretera BV-2113  
(Fuente: Elaboración propia)*