



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos,
Canales y Puertos

Estudio para la implementación de un carril reversible para
la mejora del nivel de servicio de la V-21 gestionado
mediante sistemas inteligentes de transporte. Tramo V-30 -
Glorieta de los Anzuelos (Valencia)

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Civil

AUTOR/A: Gea Marco, Guillermo

Tutor/a: Cuadrado Tarodo, Álvaro

CURSO ACADÉMICO: 2022/2023



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ETS INGENIERÍA DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS

TRABAJO DE FIN DE GRADO

Estudio para la implementación de un carril reversible para la mejora del nivel de servicio de la V-31 gestionado mediante sistemas inteligentes de transporte.
Tramo V-30 - Glorieta de Los Anzuelos (Valencia).

Presentado por

Gea Marco, Guillermo

Para la obtención del

Grado en Ingeniería Civil

Curso: 2022/2023

Fecha: 20/03/2023

Tutor: Cuadrado Tarodo, Álvaro



ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETO	6
2. MEMORIA	6
2.1. Sistemas inteligentes de transporte	6
2.2. Historia y evolución de los ITS	7
2.3. Beneficios de los ITS	11
2.4. Tipos de ITS.....	12
2.5. Implementación de los ITS en España	16
2.6. Demanda de movilidad de la ciudad de Valencia.....	17
2.7. Descripción de la zona de estudio	19
2.8. Justificación del tramo vial escogido	20
2.9. Estudio de tráfico V-31	26
2.10. Implementación del carril reversible.....	37
2.11. Presupuesto	43
2.12. Conclusiones.....	45
3. PLANOS	45
4. ANEJOS.....	65
4.1. Estudio de tráfico V-31.....	72
4.2. Descompuestos del presupuesto.....	156
5. REFERENCIAS	161



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Sistemas Inteligentes de Transporte. Fuente: Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana	7
Figura 2. Primera Arquitectura ITS de la Unión Europea. Fuente: «Los Sistemas Inteligentes de Transporte: Su aplicación a los modos terrestre, marítimo y aéreo» del Ministerio de Fomento	8
Figura 3. Sistema ADAS. Fuente: Robotics and automation News	9
Figura 4. Sistema IVIS. Fuente: Saga.co.uk	10
Figura 5. Sistema I2V. Fuente: SICE	11
Figura 6. Sistemas V2V. Fuente: TecnoCarreteras	11
Figura 7. Sistema ATMS. Fuente: Propia	12
Figura 8. Panel informativo M-30. Fuente: «Los Sistemas Inteligentes de Transporte: Su aplicación a los modos terrestre, marítimo y aéreo» del Ministerio de Fomento.....	13
Figura 9. Sistema ATIS. Fuente: AboutCivil.org	14
Figura 10. Sistema AVCSS. Fuente: ZKTeco EU	14
Figura 11. Sistema CVO. Fuente: BSMART Solutions	15
Figura 12. Sistema APTS. Fuente: USDT	16
Figura 13. Censo de Valencia. Fuente: Instituto Nacional de Estadística	17
Figura 14. Entorno zona de estudio V-31. Fuente: Visor GVA.....	20
Figura 15. Zona de estudio V-31, Tramo 1. Fuente: Google Earth	21
Figura 16. Zona de estudio V-31, Tramo 2. Fuente: Google Earth	22
Figura 17. Disposición del carril reversible en el tramo 1. Fuente: Google Earth	24
Figura 18. Disposición del carril reversible en el tramo 2. Fuente: Google Earth	25
Figura 19. Entorno red de carreteras del Tramo de Estudio. Fuente: Ministerio de Transporte, Movilidad y Agenda Urbana.....	26
Figura 20. Evolución IMD 2009-2019. Fuente: Propia.....	27
Figura 21. Evolución IMD vehículos ligeros 2009-2045. Fuente: propia.....	30
Figura 22. Evolución IMD vehículos pesados 2009-2045. Fuente: propia	30
Figura 23. Criterios de cálculo del Nivel de Servicio según el HCM. Fuente: Propia	31
Figura 24. Acceso carril reversible Glorieta de Los Anzuelos. Fuente: Google Earth	37
Figura 25. Acceso carril reversible P.K. 12+750. Fuente: Google Earth.....	37
Figura 26. Disposición carril reversible y ampliación de calzada. Fuente: Google Earth	38
Figura 27. Barrera de protección itinerario peatonal. Fuente: Google Earth	39
Figura 28. Planta itinerario peatonal. Fuente: Google Earth	39



Figura 29. Road Zipper Barrier en el Golden Gate. Fuente: CNBC	40
Figura 30. Pórtico paneles LED P.K. 12+750. Fuente: Propia.....	41
Figura 31. Cámara de detección de vehículos. Fuente: Vehant Technologies	41
Figura 32. Sistema ATMS. Fuente: Propia	42
Figura 33. Detalles sistema ATMS. Fuente: Propia	42



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Datos IMD 2009-2019. Fuente: Propia	27
Tabla 2. Datos IMD 2009-2045. Fuente: propia	29
Tabla 3. Resumen IMD años propuestos. Fuente: Propia	31
Tabla 4. Categorías de tráfico pesado T00 a T2. Fuente: Norma 6.1 IC Secciones de Firme, de la Instrucción de Carreteras (BOE de 12 de diciembre de 2003)	31
Tabla 5. Factores Nivel de Servicio 2019. Fuente: Propia	32
Tabla 6. Cálculo Nivel de Servicio 2019. Fuente: Propia.....	32
Tabla 7. Factores Nivel de Servicio 2025 sin ejecución de carril. Fuente: Propia	32
Tabla 8. Cálculo Nivel de Servicio 2025 sin ejecución de carril. Fuente: Propia	33
Tabla 9. Factores Nivel de Servicio 2025 con ejecución de carril. Fuente: Propia	33
Tabla 10. Cálculo Nivel de Servicio 2025 con ejecución de carril. Fuente: Propia	33
Tabla 11. Factores Nivel de Servicio 2035 sin ejecución de carril. Fuente: Propia.....	34
Tabla 12. Cálculo Nivel de Servicio 2035 sin ejecución de carril. Fuente: Propia	34
Tabla 13. Factores Nivel de Servicio 2035 con ejecución de carril. Fuente: Propia	34
Tabla 14. Cálculo Nivel de Servicio 2035 con ejecución de carril. Fuente: Propia	35
Tabla 15. Factores Nivel de Servicio 2045 sin ejecución de carril. Fuente: Propia.....	35
Tabla 16. Cálculo Nivel de Servicio 2045 sin ejecución de carril. Fuente: Propia	35
Tabla 17. Factores Nivel de Servicio 2045 con ejecución de carril. Fuente: Propia	36
Tabla 18. Cálculo Nivel de Servicio 2045 con ejecución de carril. Fuente: Propia	36
Tabla 19. Resumen Nivel de Servicio 2019-2045. Fuente: Propia	36



Resumen

El aumento de volumen de tráfico en las vías urbanas e interurbanas, combinado con la demanda de movilidad de los usuarios es la principal causa de congestión de la infraestructura vial, consumo de recursos energéticos y diversos problemas medioambientales y sociales.

Las soluciones tradicionales pueden no ser lo suficiente precisas para reducir los problemas de capacidad y nivel de servicio de las carreteras actuales, por lo que emplear Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS) es una opción que permitirá a los usuarios obtener mayor información y utilizar una red de transporte más segura, coordinada e inteligente.

El presente TFG pretende justificar, calcular y valorar la implementación de un carril reversible en la salida de la Glorieta de Los Anzuelos de Valencia para mejorar el nivel de servicio de la V-31. De este modo, mediante la aplicación de ITS se buscará aliviar el tráfico y mejorar la seguridad de uno de los focos de congestión más relevantes de la ciudad de Valencia.

Abstract

Increasing traffic volumes on urban and interurban roads, combined with user demand for mobility, are the main cause of road infrastructure congestion, energy resource consumption and several environmental and social problems.

Traditional solutions may not be accurate enough to reduce the capacity and service problems of today's roads, so the use of Intelligent Transport Systems (ITS) is an option that will allow users to obtain more information and use a safer, more coordinated and smarter transport network.

This project aims to justify, calculate and evaluate the implementation of a reversible lane at the exit of the Glorieta de Los Anzuelos in Valencia in order to improve the level of service on the V-31. In this way, the application of ITS will seek to alleviate traffic and improve safety in one of the most important areas of congestion in the city of Valencia.

Resum

L'augment de volum de trànsit en les vies urbanes i interurbanes, combinat amb la demanda de mobilitat dels usuaris és la principal causa de congestió de la infraestructura viària, consum de recursos energètics i diversos problemes mediambientals i socials.

Les solucions tradicionals poden no ser prou precises per a reduir els problemes de capacitat i nivell de servei de les carreteres actuals, per la qual cosa emprar Sistemes Intel·ligents de Transport (ITS) és una opció que permetrà als usuaris obtindre major informació i utilitzar una xarxa de transport més segura, coordinada i intel·ligent.

El present TFG pretén justificar, calcular i valorar la implementació d'un carril reversible en l'eixida de la Glorieta de Los Anzuelos de València per a millorar el nivell de servei de la V-31. D'aquesta manera, mitjançant l'aplicació d'ITS es buscarà alleujar el trànsit i millorar la seguretat d'un dels focus de congestió més rellevants de la ciutat de València.



1. INTRODUCCIÓN Y OBJETO

Este Trabajo de Fin de Grado tiene como objetivo analizar y comprender las necesidades de movilidad de los usuarios de la ciudad de Valencia para mejorar el nivel de servicio de las infraestructuras viarias y reducir las emisiones de los vehículos, los accidentes y reforzar la seguridad de la red de carreteras mediante sistemas inteligentes de transporte y nuevas tecnologías.

Debido a la investigación, innovación y resolución de problemas que requiere este trabajo, se pondrán en práctica los conocimientos adquiridos en las diferentes asignaturas cursadas durante el grado, con los que se logrará el desarrollo personal y profesional necesario para finalizar los estudios de grado.

2. MEMORIA

2.1. Sistemas inteligentes de transporte

Los Sistemas Inteligentes de Transporte, (ITS) por sus siglas en inglés, se pueden definir como la integración de un conjunto de tecnologías basadas en la información y en las telecomunicaciones que, desde un punto de vista social, económico y medioambiental, están destinados a resolver problemas de capacidad viaria y movilidad, aumentando la eficiencia y seguridad del transporte, optimizando la utilización de las infraestructuras existentes y mejorando la eficiencia del consumo de energía.

Mediante el uso de este tipo de sistemas, se puede lograr un ahorro considerable de tiempo en los desplazamientos por carretera, disminuir los accidentes de tráfico y reducir la contaminación por emisiones al medio ambiente.

El cambio en la política de transporte que se ha venido experimentando durante los pasados años, basado la creciente dotación de infraestructuras y el uso responsable del vehículo privado, hace que los productos y servicios ITS cobren un papel fundamental en el marco de la movilidad sostenible actual y futura.



Figura 1. Sistemas Inteligentes de Transporte. Fuente: Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana

Los sistemas de transporte han de adaptarse a las necesidades de movilidad de los ciudadanos y las mercancías, siendo capaces de satisfacer la demanda a medida que aumenta el número de desplazamientos y el tiempo medio de viaje, lo que actualmente es una realidad, ya que la distancia total recorrida por los vehículos en carretera es tres veces mayor a la de hace 30 años.

El sector del transporte es un pilar fundamental en la economía de los países miembros de la Unión Europea, contribuyendo el transporte terrestre en un 11% del PIB y dando empleo aproximadamente a 20 millones de personas de forma directa.

Una consecuencia asociada al aumento exponencial de la distancia recorrida por vehículos en carretera, es el incremento en un 35% del transporte de mercancías por carretera en el período 2000-2020, lo que ha contribuido de forma negativa en algunos aspectos, originando atascos diariamente en aproximadamente 7500 km, el 10% del total de las vías transitables.

La congestión vial, sumada a una infraestructura insuficiente o ineficiente, reducen la productividad y la competitividad de un país, aumentan el coste del transporte y deterioran el medio ambiente, pues el transporte en Europa es responsable del 25% de las emisiones de CO₂. (Datos extraídos del documento «Los Sistemas Inteligentes de Transporte: Su aplicación a los modos terrestre, marítimo y aéreo» del Ministerio de Fomento

2.2. Historia y evolución de los ITS

2.2.1. Historia de los ITS

Aunque los ITS surgen como idea innovadora en la década de los 60 por parte de la National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA) de los Estados Unidos, la labor

consistió en una búsqueda científica de soluciones, pues el desarrollo tecnológico de la época aún no permitía la materialización de los diferentes sistemas y procesos. No fue hasta la década de los 80 cuando empezaron a aparecer los primeros sistemas inteligentes tal y como los conocemos hoy en día, como el Sistema de Vigilancia de Tráfico Automatizado de Los Ángeles, que fue el primero en integrar detectores de vehículos, cámaras CCTV y un sistema de señalización coordinado en el tiempo.

En los años 90, la masificación y congestión de las autopistas estadounidenses llevó a crear sistemas como el FastRak (carril rápido) o el TravTek (similar al GPS moderno). A partir de los 2000 es cuando se realiza un notable desarrollo tecnológico en el sector del transporte, creándose sistemas de prevención de accidentes y modelos de previsión de tráfico inteligentes, todo ello sumado de un incremento de la inversión económica de las empresas privadas.

Actualmente, los servicios que ofrecen los ITS son numerosos y se espera que en el futuro esta cantidad aumente considerablemente. Con el foco puesto en la automatización, se espera que en la nueva era de los ITS se establezca una conexión directa entre las infraestructuras y los vehículos, así como de los vehículos entre ellos mismos, llegando a poder presenciar infraestructuras que autorregulen los problemas de congestión con vehículos totalmente autónomos circulando por ellas y habiendo reducido drásticamente el número de accidentes y emisiones.

Arquitectura ITS en Europa	
Nº	Grupos
1	Medios para pago electrónico
2	Medios para seguridad y emergencia
3	Gestión de tráfico
4	Gestión de transporte público
5	Sistema de conducción asistida avanzada
6	Sistema de información al viajero
7	Cumplimiento de la ley
8	Gestión de flota para transporte de mercancías

Figura 2. Primera Arquitectura ITS de la Unión Europea. Fuente: «Los Sistemas Inteligentes de Transporte: Su aplicación a los modos terrestre, marítimo y aéreo» del Ministerio de Fomento

Este esquema sirvió para definir un marco mínimo necesario para la implantación de las tecnologías ITS dentro de los países miembros de la Unión Europea hasta 2010. A raíz de esta primera arquitectura ITS, se consolidó una estructura sobre la que se sentaron las bases de estas nuevas tecnologías y que permitieron su posterior desarrollo por parte de los sectores públicos y privados de los países miembros, avanzando desde unos criterios comunes hacia una búsqueda de soluciones que parece no tener límite.

2.2.2. Evolución de los ITS

La tecnología de los ITS se dirige hacia la optimización de los vehículos y de las infraestructuras existentes.

Una de las metas de las empresas de este sector, es lograr el desarrollo del vehículo totalmente autónomo. Para conseguirlo, el primer paso es integrar gradualmente nuevas tecnologías en los vehículos para convertirlos en vehículos inteligentes, dotados con cámaras, sensores, radares, sistemas de seguimiento y localización centralizados e incluso se está comenzando a implementar tecnologías basadas en la inteligencia artificial y el Big Data.

Existen dos tipos de sistemas integrados en los vehículos cuya finalidad es ayudar y asistir al conductor para lograr una conducción cómoda y fluida. En función del grado de ayuda a la conducción que proporcionen, se pueden clasificar como:

- Sistemas Avanzados de Ayuda a la Conducción, ADAS (Advanced Driver Assistance Systems), los cuales brindan información destinada a mejorar la seguridad del vehículo, tanto para el conductor como para el resto de usuarios de la vía.

A partir del 1 de julio de 2022, siguiendo el plan de seguridad en la carretera de la Unión Europea, se incorporaron 8 sistemas ADAS que deberán ser obligatorios en vehículos de nueva homologación, entre los que figuran algunos como el asistente de velocidad inteligente, cámaras traseras con detección de tráfico cruzado, detectores de fatiga y somnolencia o cajas negras.

Estos sistemas contribuyen en un alto grado para la consecución del objetivo propuesto por la Unión Europea de 0 fallecidos en la carretera en el año 2050.

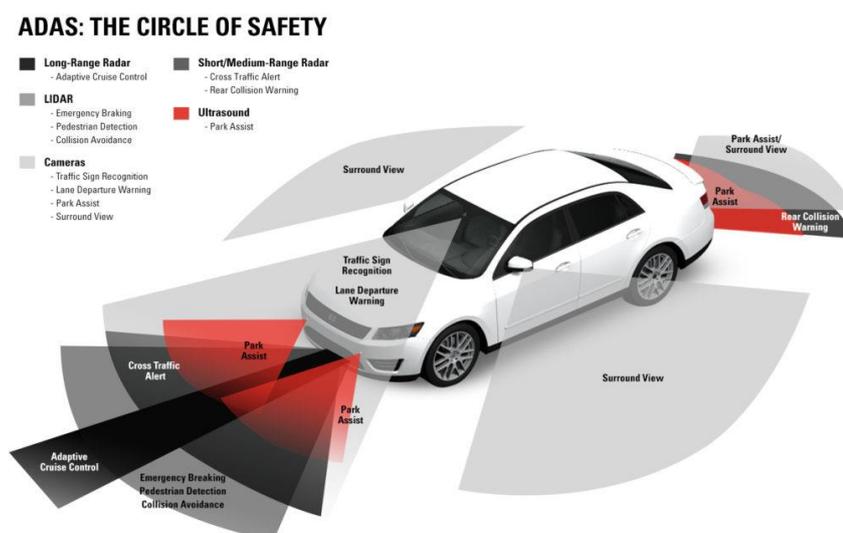


Figura 3. Sistema ADAS. Fuente: Robotics and automation News

- Sistemas de información en el vehículo, IVIS (Inside Vehicle Information Systems), cuyas funciones son las de aportar información sobre tareas consideradas secundarias, como el guiado de rutas y navegación o las eCall.



Figura 4. Sistema IVIS. Fuente: Saga.co.uk

Estos sistemas no se utilizan únicamente en el transporte privado, pues una gran cantidad de empresas de transporte público apuestan por esta tecnología para utilizarla en los servicios públicos que prestan.

No solo encontramos esta tecnología integrada en los vehículos, ya que existen también ITS integrados en las infraestructuras. A través de la información aportada al viajero, la vigilancia avanzada del tráfico, los sistemas de control de señalización y los sistemas de ordenación de las principales vías, se consiguen disminuir los retrasos en los tiempos de viaje y se logra optimizar significativamente los recorridos por carretera.

Los sistemas I2V (Infrastructure to vehicle), son sistemas de comunicación entre infraestructura y vehículos que proporcionan al conductor información sobre el estado de la red viaria y sobre los servicios que ofrece la misma.



Figura 5. Sistema I2V. Fuente: SICE

Asimismo, encontramos sistemas de comunicación entre vehículos, los llamados sistemas V2V (Vehicle to vehicle), que se fundamentan en el intercambio de información entre dos o más vehículos con la finalidad de evitar accidentes avisando de los peligros u obstáculos que puedan aparecer en la vía y mejorar la fluidez del tráfico.

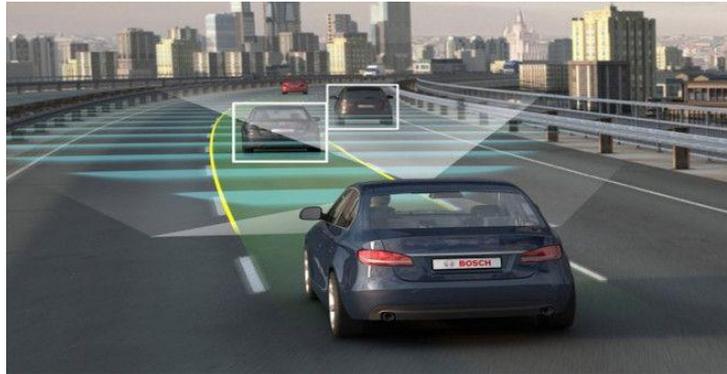


Figura 6. Sistemas V2V. Fuente: Tecnocarreteras

2.3. Beneficios de los ITS

Las soluciones tradicionales de creación de nuevas infraestructuras, a menudo necesitan un gran desembolso económico, sin embargo, sus costes operacionales y de mantenimiento son relativamente pequeños y no suelen sufrir modificaciones durante varios años.

Por otra parte, los ITS están basados en sistemas de telecomunicaciones y se diferencian ampliamente de las soluciones tradicionales, ya que en comparación necesitan un menor coste de inversión y generan importantes beneficios tales como:

- Transportes más eficientes y seguros.
- Simplificación del transporte público por la disponibilidad de información en tiempo real acerca del servicio.
- Asistencia en la definición de la ruta hacia un destino, y cambio de ruta en los casos de incidentes en el recorrido definido.
- Valor agregado en la gestión del tráfico como resultado del aumento de información y mejora en la toma de decisiones por parte del usuario al momento de planificar su recorrido.
- Reducción del número de accidentes mediante el aumento de información a los conductores acerca de las condiciones de las rutas.
- Monitoreo y evaluación de la eficiencia de circulación mediante la recolección automática y el análisis de información.

- Reducción de los efectos de contaminación de vehículos a través de la mejora en la gestión del tráfico.

Tras la aplicación de los ITS, observamos multitud de sistemas que han mejorado con creces los agentes involucrados en el transporte, como los sistemas de ayuda a la explotación, los elementos de localización de flotas de vehículos, los peajes automáticos o los paneles de información al usuario en tiempo real.

2.4. Tipos de ITS

De acuerdo con el USDT (Departamento de Transporte de Estados Unidos), existen 5 áreas funcionales en las que se clasifican los ITS:

Advance Traffic Management Systems (ATMS): Sistemas Avanzados de Gestión del Tráfico.

Se encargan de detectar las diversas situaciones en el que se encuentra el tráfico de una zona determinada y transmite los datos al centro de control para el posterior desarrollo de estrategias de control del tráfico.

Por otra parte, esta información obtenida la transmite a los conductores y los departamentos relacionados, implementando de esta forma medidas de gestión del tráfico.

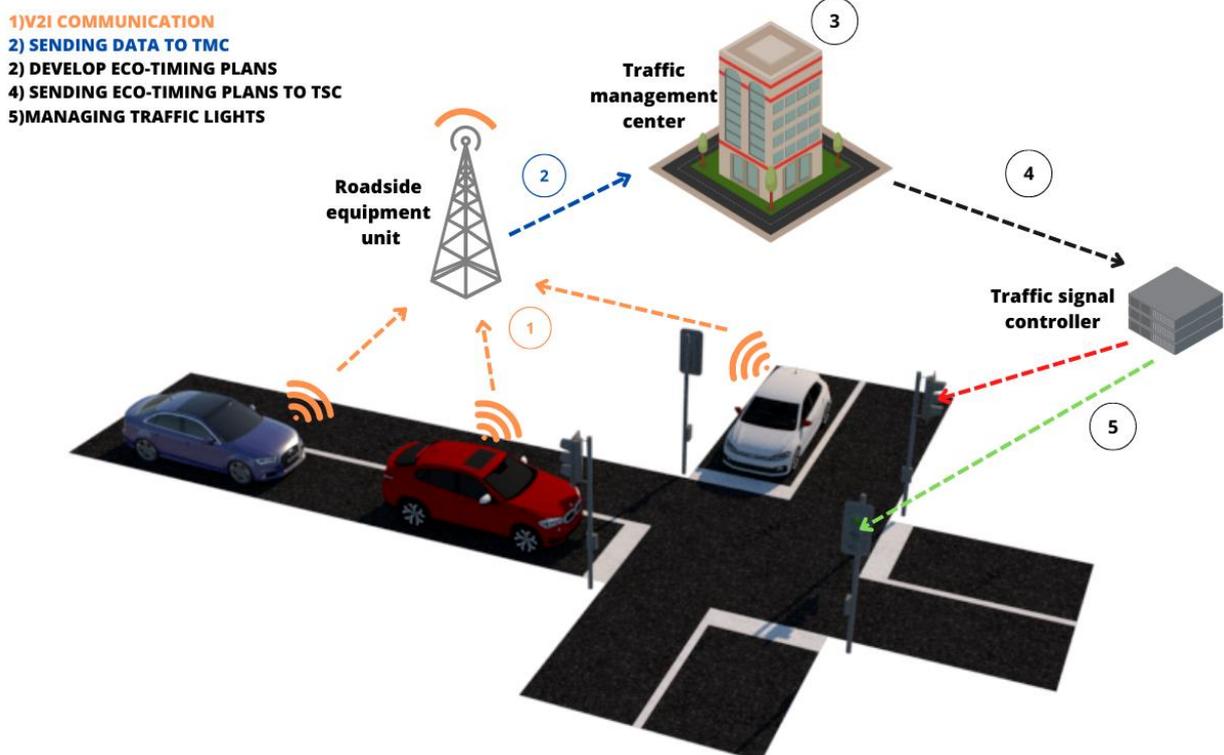


Figura 7. Sistema ATMS. Fuente: Propia

Este sistema es muy utilizado para la gestión integral de túneles. Aunque se trate de espacios que inicialmente pueden parecer menos favorable para la circulación, gracias a los procesos desarrollados se establece un entorno de condiciones estables, donde el usuario circula con seguridad y puede acceder a la información necesaria de la forma más sencilla posible.

La supervisión, vigilancia y control de las instalaciones del túnel en tiempo real, se consideran funciones básicas del centro de control al mismo tiempo que sirve de centro de atención a los usuarios de la red viaria.



Figura 8. Panel informativo M-30. Fuente: «Los Sistemas Inteligentes de Transporte: Su aplicación a los modos terrestre, marítimo y aéreo» del Ministerio de Fomento

Advanced Traveler Information Systems (ATIS): Sistemas Avanzados de Información para Pasajeros.

Estos sistemas hacen uso de tecnologías de comunicación avanzadas, que permiten que los usuarios tengan acceso a la información de las vías y/o carreteras en tiempo real, siendo la herramienta de referencia a la hora de elegir entre varios modos de transporte y rutas de viaje. Este tipo de sistemas incluye principalmente señales intercambiables de mensajes, radio asesor de carretera (HAR), sistemas de georreferenciación satelital (GPS), conexión a Internet, teléfono, etc.

Desde la Organización de Naciones Unidas, se están desarrollando proyectos de normalización de la información al viajero, donde la Dirección General de Tráfico participa como entidad representante de España.

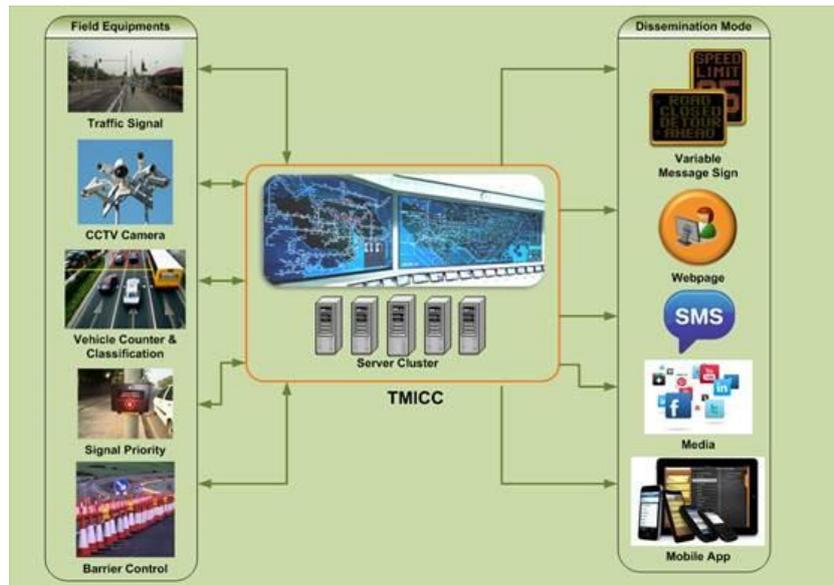


Figura 9. Sistema ATIS. Fuente: AboutCivil.org

Advanced Vehicle Control Systems (AVCSS): Sistemas Avanzados de Control y Seguridad de Vehículos.

Aplican tecnologías avanzadas en vehículos y carreteras ayudando a los conductores a controlar sus vehículos con el fin de reducir colisiones, accidentes y mejorar la seguridad del tráfico. El AVCSS incluye principalmente mecanismos de alerta y control anti-colisión, asistencia al conductor, control lateral y longitudinal automático y planes a largo plazo de conducción automática y de sistemas automáticos de carreteras.

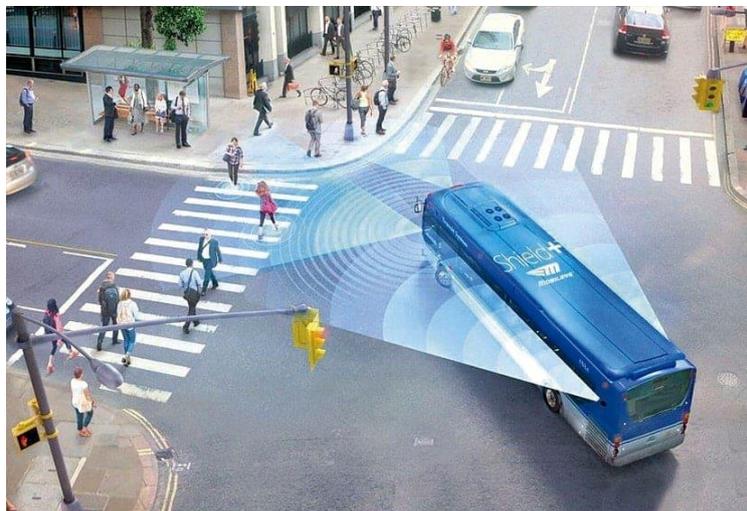


Figura 10. Sistema AVCSS. Fuente: ZKTeco EU

Comercial Vehicle Operations (CVO): Operaciones de Vehículos Comerciales.

CVO aplica tecnología de ATMS, ATIS, y AVCSS para la operación de vehículos comerciales tales como camiones, autobuses, ambulancias y taxis con el fin de mejorar la eficiencia y la seguridad. El sistema incluye principalmente el control automático de vehículos, la gestión de la flota, equipos de programación y pago electrónico.

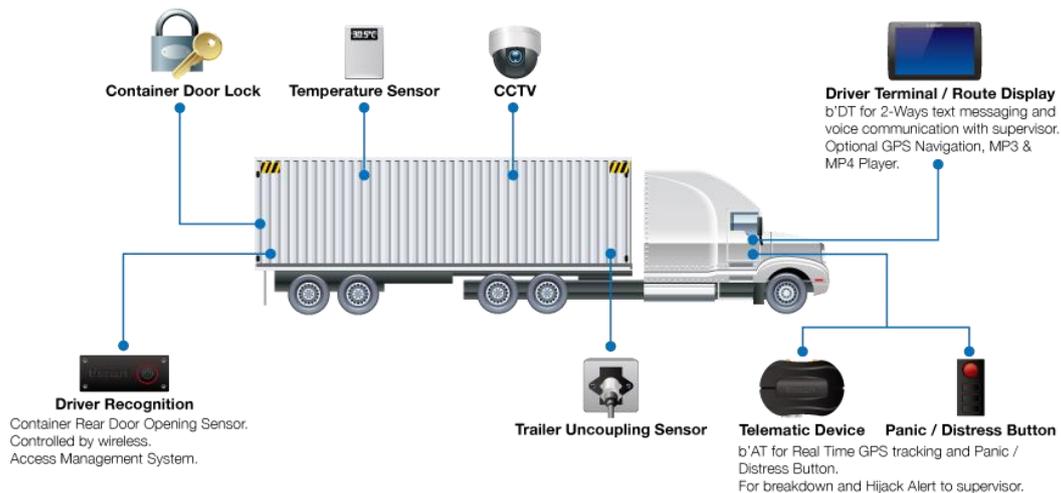


Figura 11. Sistema CVO. Fuente: BSMART Solutions

Se implementan como sistemas de ayuda a la explotación de la flota de vehículos, tanto de transporte de pasajeros como de mercancías, basado en equipos embarcados en los vehículos con posicionamiento GNSS y comunicaciones sin cable. Este sistema permite a las empresas de transporte, operadores logísticos, empresas de servicios y organismos públicos, conocer en tiempo real la posición de sus vehículos mediante el soporte de cartografía, y gestionar las rutas realizada por los mismos.

Advanced Public Transportation Systems (APTS): Sistemas Avanzados de Transporte Público.

Los APTS aplican la tecnología de ATMS, ATIS y AVCSS en el transporte público. Estos sistemas incluyen principalmente vigilancia automática de vehículos, equipos de programación y gestión de billetes electrónicos.

Están destinados a dar apoyo a los conductores en todo momento para aumentar la calidad del servicio prestado. El empleo de los sistemas SAE aplicados al transporte público está muy extendido en ciudades de Europa y se ha convertido en una herramienta imprescindible en muchas ciudades españolas.



Figura 12. Sistema APTS. Fuente: USDT

En el presente estudio se aplicarán principalmente los sistemas ATMS y ATIS, ya que nos permitirán una gestión del tráfico eficiente y segura pudiendo utilizar elementos pertenecientes a los diferentes sistemas mencionados anteriormente.

2.5. Implementación de los ITS en España

Los hábitos de transporte de la sociedad española han cambiado mucho en los últimos años. Con multitud de vías saturadas dentro de la red de transporte, es necesario adoptar otra visión para revertir o intentar evitar esta tendencia en el futuro.

Debido a estos cambios, se pone de manifiesto la necesidad de adoptar unas políticas de movilidad y transporte innovadoras, pues ya no es posible apostar únicamente por la construcción de nuevas infraestructuras ya que tanto el coste que conllevarían como la funcionalidad de las mismas se puede sustituir y optimizar mediante la aplicación de nuevas tecnologías de transporte, cuyo coste es sustancialmente inferior y ayudan a resolver los problemas de movilidad de una forma adaptativa y eficiente.

Entre 1994 y 2002 se desarrollaron los proyectos TEMPO (Trans-European Intelligent Transport Systems), que fueron el motor de implementación de nuevos sistemas inteligentes en España, dando lugar a otros proyectos como el ARTS, que supuso el comienzo de la supresión de las fronteras telemáticas entre España, Portugal y Francia, garantizando una interoperabilidad al pasar de un país a otro y un itinerario ininterrumpido en los servicios de transporte.

En 2001 se crea el Libro Blanco del Transporte, el cual se revisa en 2006 que se basó en el apoyo y una implicación más directa de la Unión Europea al sector del transporte, abordando factores como la sostenibilidad, seguridad en carretera, emisiones al medioambiente, intermodalidad y eficiencia.

Más tarde, en 2005, se lanzó el plan eEurope, uno de los primeros planes de acción con un gran peso en la aportación de capital por parte de las empresas privadas del sector del transporte, que sería el precursor de planes posteriores de búsqueda de nuevas soluciones y aplicación de sistemas inteligentes de transporte, acelerando el desarrollo de las infraestructuras de países como España.

2.6. Demanda de movilidad de la ciudad de Valencia

2.6.1. Vehículo privado

La ciudad de Valencia cuenta con una población de 789.744 habitantes (censo de 2021 del Instituto Nacional de Estadística), lo que la hace la tercera ciudad más poblada de España después de Madrid y Barcelona con una densidad poblacional de 5.867 habitantes por kilómetro cuadrado.

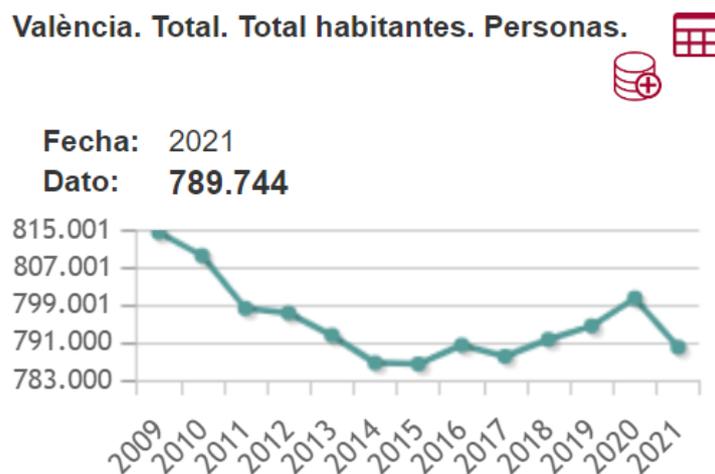


Figura 13. Censo de Valencia. Fuente: Instituto Nacional de Estadística

Aunque existe una tendencia decreciente en el número de habitantes de la ciudad de Valencia, el parque automovilístico de vehículos privados sigue aumentando año tras año, siendo actualmente de 498.000 vehículos ligeros según el Centro de Gestión de Tráfico de Valencia.

Con estos datos, se puede obtener un Índice de motorización que refleja que en la ciudad de Valencia existen unos 630 vehículos ligeros por cada mil habitantes, que ha sido calculado mediante la siguiente fórmula:

$$Im = \frac{\text{número total de vehículos ligeros} * 1000}{\text{número total de habitantes}}$$



$$Im = \frac{498000 \cdot 1000}{789744} = 630,58 \text{ vehículos cada 1000 habitantes}$$

Relacionando este índice con la densidad poblacional, se puede obtener, de una forma estimada, la cantidad de vehículos ligeros por kilómetro cuadrado en la ciudad de Valencia:

$$\text{Densidad vehicular} = \frac{(Im \cdot \text{Densidad poblacional})}{1000} = \frac{630,58 \cdot 5867}{1000} \approx 3700 \text{ vehículos/km}^2$$

Como resultado, se obtiene que existen 3700 vehículos ligeros por kilómetro cuadrado para una red urbana de 300km de viales, lo que muestra una cifra elevada de densidad vehicular, superando a grandes ciudades como Madrid, Roma o Berlín.

Los cálculos anteriores, reflejan de una forma analítica y objetiva los elevados niveles de congestión vehicular que se observan día a día en la ciudad, entre otros datos. En este ámbito, se puede deducir que Valencia es una ciudad óptima para implementar nuevos sistemas de regulación del tráfico que descongestionen las vías principales y proporcionen soluciones a los problemas asociados a la movilidad vehicular.

Estos problemas son cada vez más frecuentes, y es por ello que, en octubre de 2020, el Comité de Innovación en Movilidad, Transporte e Infraestructuras, promovido por la Agencia Valenciana de Innovación, realizó un Resumen Ejecutivo del que se han extraído las siguientes medidas relativas a la gestión del transporte urbano y transporte público:

- Automatización de la obtención de flujos de datos de transporte y su integración con sistemas de gestión inteligente.
- Integración de diferentes aplicaciones y métodos de pago en el transporte público.

Estas medidas, que tienen como finalidad aportar soluciones innovadoras a retos prioritarios de la Comunidad Valenciana en materia de transportes, puertos, aeropuertos y obras públicas, contribuyen a un gran desarrollo en el ámbito de la gestión inteligente del transporte, lo que poco a poco irá acercando a la ciudad de Valencia a formar parte de las ciudades inteligentes o *Smart Cities*, donde el grado de automatización de los procesos de gestión del tráfico y del transporte será óptimo, brindando un flujo de tráfico en el ámbito urbano y unos servicios de transporte público nunca vistos hasta ahora.

2.7. Descripción de la zona de estudio

Tras haber analizado los sistemas existentes en la actualidad y la evolución de los mismos, los problemas de congestión en las principales vías de transporte terrestre, los factores económicos asociados y la demanda de movilidad de la población, se procede a realizar un estudio de tráfico de la V-31.

2.7.1. Descripción de las actuaciones

El área de actuación del presente estudio se encuentra en el término municipal de Valencia.

Mediante un análisis exhaustivo de los condicionantes físicos, económicos y medioambientales, se buscará una solución para mejorar el nivel de servicio de la V-31, combinando la aplicación de soluciones tradicionales e innovadoras para lograr aliviar los niveles de congestión de esta infraestructura de transporte.

Por lo anterior, se propone la implementación de un carril reversible en la vía mencionada gestionado mediante sistemas inteligentes de transporte, cuya disposición, viabilidad y dotaciones tecnológicas se estudiarán en profundidad en los siguientes apartados.

2.7.2. Delimitación de la zona de estudio

La carretera estudiada (V-31) pertenece a la Red de Carreteras del Estado, por lo que es competencia del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. Forma parte de la Red de Carreteras de la Comunidad Valenciana y también se conoce por el nombre «Pista de Silla». Tiene una longitud de 13 km y atraviesa la comarca de la Huerta Sur desde Valencia hasta Silla, donde conecta con la A-7. Alberga un gran volumen de tráfico, pues sirve de acceso tanto a los polígonos industriales de la zona como a las poblaciones de la Huerta Sur.

Su recorrido comienza en el enlace con la A-7 (carretera que se dirige a Alicante por el interior) y la AP-7 (carretera que se dirige a Alicante por la costa). Posteriormente circunvala el municipio de Silla para llegar hasta Valencia bordeando las poblaciones de Beniparrell, Albal, Catarroja, Masanasa, Alfafar y Sedaví. Finalmente enlaza con la V-30 y finaliza su recorrido en la Avenida Ausiàs March.



Figura 14. Entorno zona de estudio V-31. Fuente: Visor GVA

2.8. Justificación del tramo vial escogido

La demanda de movilidad en vehículo privado en la ciudad de Valencia crece sin cesar, desbordando la capacidad de las grandes vías de la ciudad y superando los niveles de tráfico previstos.

La congestión de la vía, que comenzó afectando de un mayor modo a los enlaces de conexión procedentes de la V-30 en hora punta, se extienden ahora a la red principal. Como consecuencia, la vía rebasa a menudo su nivel de capacidad, amplios sectores interurbanos se ven sometidos a altos niveles de contaminación ambiental y contaminación acústica, se produce un aumento en los tiempos de recorrido, así como múltiples alcances y colisiones que eventualmente desencadenan graves accidentes.

Siguiendo esta tendencia, en un futuro no muy lejano se espera que se excedan los parámetros de diseño de la planificación inicial, por lo que la solución de aplicar ITS a esta vía resulta idónea, ya que, además, las limitaciones de espacio existentes a ambos lados de la vía condicionan que se puedan realizar grandes modificaciones físicas para readaptar el trazado a las necesidades de movilidad que se generarán en el futuro.

2.8.1. Diagnóstico de la problemática de la vía

Existen dos tramos susceptibles de análisis donde se puede disponer el carril reversible:

Tramo 1: Glorieta de Los Anzuelos – PK 12+750 V-31:



Figura 15. Zona de estudio V-31, Tramo 1. Fuente: Google Earth

Tramo 2: PK 12+750 – PK 11+500 V-31:





Figura 16. Zona de estudio V-31, Tramo 2. Fuente: Google Earth

A partir del siguiente estudio visual realizado in situ, se puede determinar la afluencia de tráfico en ambos sentidos:

Hora 7:30 - 10:30

- Primer tramo: Glorieta de los Anzuelos – PK 12+450
 - *Sentido Alicante:* El tráfico es poco fluido y la calzada dispone de 4 carriles que pasan a ser 3 en escasos 100 metros. Existe un carril de incorporación procedente de la V-30 durante el tramo en el que la V-31 cruza el nuevo cauce del río Túrria que sobrecarga la vía principal.
 - *Sentido Valencia:* No se experimentan colapsos ni anomalías en el flujo de vehículos.
- Segundo tramo: PK 12+450 – PK 11+500
 - *Sentido Alicante:* La calzada pasa a ser de 2 carriles y el tráfico no se alivia hasta el PK 12+035, donde existe una incorporación desde la V-30 que cuenta con 2 carriles adicionales, por lo que desde el PK 12+035 en adelante, la vía pasa a ser de 4 carriles.
 - *Sentido Valencia:* No se experimentan colapsos ni anomalías en el flujo de vehículos.

Hora 12:30 - 15:30

- Primer tramo: Glorieta de los Anzuelos – PK 12+450.
 - *Sentido Alicante:* No se experimentan colapsos ni anomalías en el flujo de vehículos.
 - *Sentido Valencia:* Existe un tráfico saturado que además recoge los vehículos que se incorporan por el lazo de la V-30 en un sentido y por el enlace posterior en el sentido contrario.
- Segundo tramo: PK 12+450 – PK 11+500.
 - *Sentido Alicante:* No se experimentan colapsos ni anomalías en el flujo de vehículos.
 - *Sentido Valencia:* La vía dispone de 4 carriles que se dividen en 2 en sentido Valencia y 2 de incorporación a la V-30. Aproximadamente 300 metros más adelante la V-31 recoge el tráfico a través de un carril de incorporación proveniente de una carretera secundaria, además del tráfico procedente de



la V-30 tanto en el lazo como en el enlace siguiente, saturando la red y ocasionalmente dando lugar a embotellamientos.

Después de analizar estos datos, observamos que existe una tendencia opuesta a ciudades como Madrid o Barcelona, donde mayoritariamente los habitantes se dirigen al centro de la ciudad para desempeñar sus labores de trabajo. En Valencia ocurre lo contrario, pues muchas personas trabajan en poblaciones cercanas a la ciudad, lo que muestra una mayor afluencia de tráfico de salida de Valencia por la mañana y de entrada a Valencia al mediodía y por la tarde.

2.8.2. Parámetros a tener en cuenta

Conociendo la problemática de la vía, se deben definir unos parámetros que servirán para realizar una comparativa entre los dos tramos mediante la que se pueda obtener la mejor ubicación posible.

A continuación, se presentan los parámetros propuestos:

- La **seguridad** será un factor clave en la elección de la solución, ya que lo que se busca es precisamente aumentar la seguridad del usuario de la vía para que su toma de decisiones no interfiera repentinamente con la de los demás usuarios, pudiendo originar accidentes.
- La **accesibilidad** también juega un papel importante. Los carriles reversibles se disponen en la mediana, separando ambos sentidos de la calzada, por lo que es muy conveniente que tanto durante su trazado, como antes y después del mismo, no interfieran enlaces ni incorporaciones que disturben el flujo de vehículos que se quieran incorporar desde la vía principal de una forma cómoda y fluida.
- **Funcionalidad**, ya que un trazado menos sinuoso proporcionará mayor eficacia en los tiempos de recorrido y mejorará el tránsito de vehículos.
- **Factor económico**, que dependerá en un mayor grado de las obras y adecuaciones a ejecutar en cada tipo de alternativa.

2.8.3. Ubicación del carril reversible

En el primer tramo, observamos que el trazado, que discurriría en la mediana, carece de sinuosidad, por lo que en términos de funcionalidad refleja una valoración excelente.

En cuanto a la seguridad, al situarse en el medio de ambos sentidos, se preverá posteriormente la ejecución de barreras protectoras de tipo *New Jersey* o quitamiedos si fuese necesario.

La accesibilidad de este tramo es óptima, ya que la incorporación al carril se dispondría en la mediana del PK 12+450, punto que no interfiere con ningún tipo de enlace por lo que la incorporación se realizaría de una forma fluida.

Por último, en cuanto a las obras necesarias para ejecutar el carril, se prevén sencillas, ya que únicamente habría que eliminar la mediana existente y disponer un nuevo firme adecuando ambas entradas al carril con los dispositivos y mecanismos pertinentes.



Figura 17. Disposición del carril reversible en el tramo 1. Fuente: Google Earth

El tramo 2 presenta más inconvenientes en lo que se refiere al diseño del carril, pues ambos sentidos de circulación están separados por un terraplén que alberga un ramal naciente en el PK 11+500 de la V-31 y sirve de incorporación a la V-30 para los vehículos que circulan en sentido Valencia.

En materia de seguridad, convendría revisar el proyecto original de ejecución de la V-31 y estudiar la posibilidad de atravesar el terraplén construyendo un pequeño túnel donde se dispondría el carril, teniendo en cuenta los factores geotécnicos, de sostenimiento del talud, etc.

La accesibilidad en este tramo en sentido Valencia sería muy poco intuitiva e ineficiente para los usuarios de la vía, pues al existir el ramal que nace desde los dos carriles izquierdos, los usuarios que se dirijan a Valencia desde el tercer o cuarto carril y quieran incorporarse al carril reversible, tendrían que cruzar hasta 3 carriles para incorporarse, lo que supondría anomalías en el flujo del tráfico e incluso la posibilidad de alcances o accidentes. Aun avisando con antelación, se trataría de un itinerario confuso para muchos usuarios.

En cuanto a la funcionalidad, aunque se trata de un trazado sencillo, se produciría congestión de tráfico debido al factor analizado anteriormente, por lo que en ocasiones no se aprovecharía correctamente el trazado diseñado, concebido precisamente para aliviar el tráfico.

Habiendo analizado estos criterios, se puede deducir que las obras necesarias para ejecutar el carril reversible necesitarían un presupuesto considerablemente superior

en comparación con la disposición en el tramo 1, teniendo que construir un túnel de unos 600 metros aproximadamente además de disponer el firme y la señalización y los dispositivos necesarios.



Figura 18. Disposición del carril reversible en el tramo 2. Fuente: Google Earth

Una vez estudiadas las posibles ubicaciones, se puede inferir que, mientras que la disposición del carril reversible en el segundo tramo presenta algunos inconvenientes debido a la dificultad de incorporación para los usuarios de la vía, a las posibles confusiones con las indicaciones de la cartelería, a la seguridad dentro del túnel y a los factores económicos, la disposición en el primer tramo resulta mucho más viable e intuitiva, únicamente teniendo que reasfaltar el firme donde se encuentra actualmente la mediana y realizar una pequeña ampliación de calzada hacia ambos lados desde el eje de la carretera para mantener la anchura de los carriles existentes.

Por esto, se considera el tramo 1 como la ubicación óptima para disponer el carril, cuyo funcionamiento se explica en profundidad más adelante, incluyendo tanto las obras pertinentes como las dotaciones tecnológicas necesarias

2.9. Estudio de tráfico V-31

El objeto de este estudio es determinar la intensidad de tráfico existente en el tramo escogido sobre el que se tiene previsto actuar, así como la obtención del Nivel de Servicio prestado por el mismo.

El estudio corresponde tanto al año de puesta en servicio como al año horizonte. Para definir la evolución del tráfico se ha partido de los datos de aforo registrados en la estación V-301-0 recopilados mediante la página web del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana.

Las conclusiones que se extraigan de este estudio serán determinantes en el posterior diseño del carril.

2.9.1. Características geométricas de la vía

Según el Highway Capacity Manual (HCM), la carretera es de clase I, donde la calzada está configurada por 4 carriles de 3,5m para cada sentido de circulación separados por una mediana que divide la plataforma.

2.9.2. Obtención del tráfico objeto del proyecto

El tramo de estudio discurre desde el P.K 12+750 de la V-31 hasta la Glorieta de Los Anzuelos situada en la entrada Sur de Valencia, obteniendo una longitud de estudio de 1275 metros.



Figura 19. Entorno red de carreteras del Tramo de Estudio. Fuente: Ministerio de Transporte, Movilidad y Agenda Urbana.

Se utilizarán los datos obtenidos del Ministerio de Transporte, Movilidad y Agenda Urbana tomando el IMD hasta el año 2019 al ser el último año representativo.

A continuación se recogen los datos de aforo referentes a la zona de estudio desde el 2009 hasta 2019:

Año	Datos aforos				
	IMD (veh/día) Media anual	IMD Ligeros	IMD Pesados	% Ligeros	% Pesados
2019	65.781	61.108	4.673	93	7
2018	63.581	59.131	4.451	93	7
2017	64.751	60.866	3.885	94	6
2016	62.793	59.026	3.768	94	6
2015	61.803	58.095	3.708	94	6
2014	60.205	56.593	3.612	94	6
2013	58.629	55.111	3.518	94	6
2012	59.655	55.479	4.176	93	7
2011	62.207	57.852	4.354	93	7
2010	49.983	44.485	5.498	89	11
2009	50.982	45.374	5.608	89	11

Tabla 1. Datos IMD 2009-2019. Fuente: Propia

En el siguiente gráfico observamos la evolución del IMD total, añadiendo tanto ligeros como pesados, reflejando un análisis global del IMD desde 2009 hasta 2019:

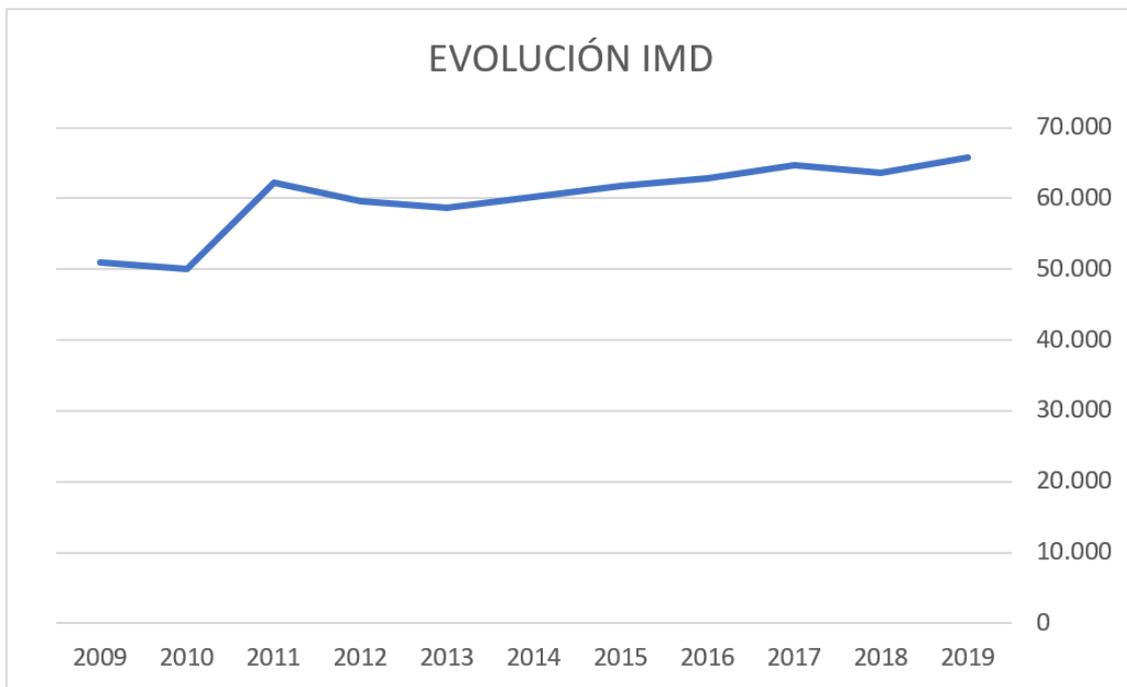


Figura 20. Evolución IMD 2009-2019. Fuente: Propia

2.9.3 Evolución del tráfico en el tramo objeto de estudio

Partiendo de los datos de aforos anteriormente descritos, se pueden estimar las IMDs correspondientes al año de puesta en servicio y al año horizonte de la carretera objeto del presente estudio.

Dado que se estima que la puesta en servicio se produzca en 2025, el año horizonte será 2045.

Considerando que la IMD tiene una tasa de variación anual constante, se puede obtener la IMD^N correspondiente al año N a partir de una IMD de referencia que en este caso es la medida en el aforo del año 2019. Para ello se emplea la expresión:

$$IMD^N = IMD^{2019} \cdot (1 + r)^p$$

Donde:

IMD^{2019} es la Intensidad Media Diaria de vehículos medida en 2019

r es la tasa de crecimiento anual de tráfico estimada entre el año del aforo y el año en el que se desea conocer la nueva IMD, en tanto por uno

p es el período comprendido entre el año de referencia y el año en el que se desea conocer la nueva IMD, en años

Teniendo en cuenta lo anterior, se ha considerado una tasa de crecimiento para la IMD de 1,44% desde el año 2019 hasta 2045, el año horizonte, según fija la *Orden FOM/3317/2010, de 17 de diciembre*, por la que se aprueba la *Instrucción sobre las medidas específicas para la mejora de la eficiencia en la ejecución de las obras públicas de infraestructuras ferroviarias, carreteras y aeropuertos del Ministerio de Fomento*.

Aplicando dicha tasa de crecimiento se obtiene la siguiente tabla:

EVOLUCIÓN IMD

IMDL		IMDP		IMD TOTAL
2009	45.374	2009	5.608	50.982
2010	44.485	2010	5.498	49.983
2011	57.852	2011	4.354	62.207
2012	55.479	2012	4.176	59.655
2013	55.111	2013	3.518	58.629
2014	56.593	2014	3.612	60.205
2015	58.095	2015	3.708	61.803
2016	59.026	2016	3.768	62.793
2017	60.866	2017	3.885	64.751
2018	59.131	2018	4.451	63.581
2019	61.108	2019	4.673	65.781
2020	61.988	2020	4.740	66.728
2021	62.881	2021	4.809	67.689
2022	63.786	2022	4.878	68.664
2023	64.705	2023	4.948	69.653
2024	65.636	2024	5.019	70.656
2025	66.581	2025	5.092	71.673
2026	67.540	2026	5.165	72.705
2027	68.513	2027	5.239	73.752
2028	69.499	2028	5.315	74.814
2029	70.500	2029	5.391	75.891
2030	71.515	2030	5.469	76.984
2031	72.545	2031	5.548	78.093
2032	73.590	2032	5.628	79.217
2033	74.650	2033	5.709	80.358
2034	75.725	2034	5.791	81.515
2035	76.815	2035	5.874	82.689
2036	77.921	2036	5.959	83.880
2037	79.043	2037	6.045	85.088
2038	80.181	2038	6.132	86.313
2039	81.336	2039	6.220	87.556
2040	82.507	2040	6.309	88.817
2041	83.695	2041	6.400	90.096
2042	84.901	2042	6.492	91.393
2043	86.123	2043	6.586	92.709
2044	87.363	2044	6.681	94.044
2045	88.621	2045	6.777	95.398

Tabla 2. Datos IMD 2009-2045. Fuente: propia

Analizando la evolución de IMD para vehículos ligeros, observamos un salto hacia la tendencia actual de 2010 a 2011, donde el IMD pasó de ser de 44.485 a 57.852, y posteriormente desde 2012 la IMD crecería de una forma más regular como muestra el siguiente gráfico:

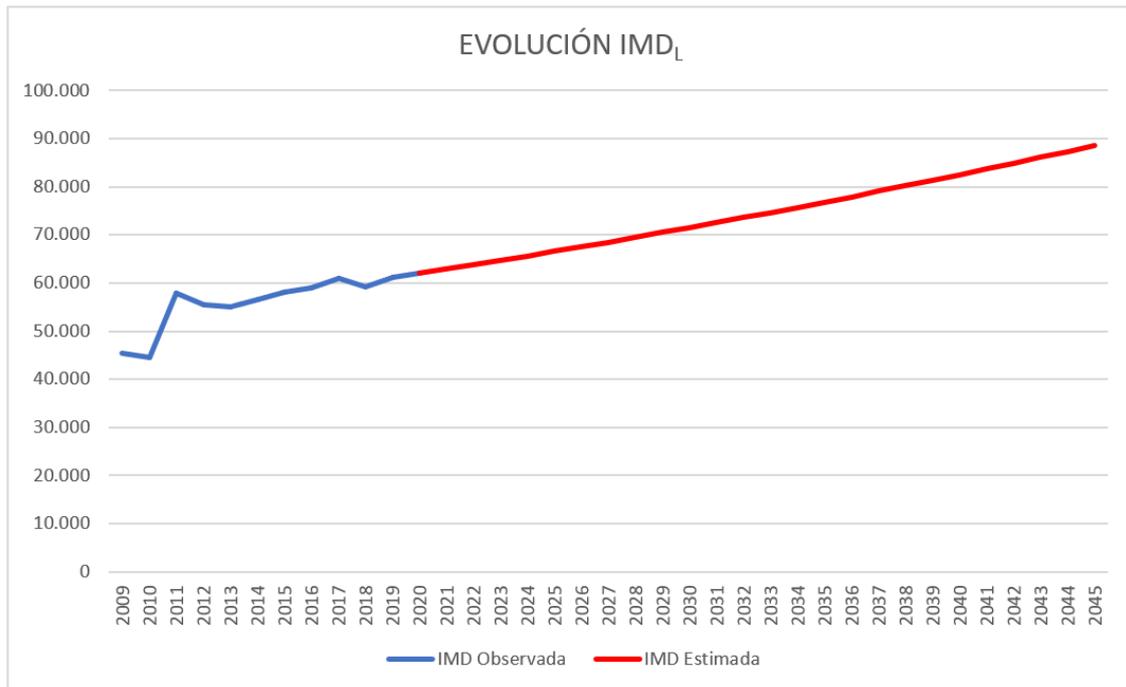


Figura 21. Evolución IMD vehículos ligeros 2009-2045. Fuente: propia

En cuanto a los vehículos pesados, se observa que existe una mayor dispersión en la variación anual del tráfico, mostrando descensos muy acusados y crecimientos repentinos. Debido a que es una tendencia difícil de predecir, se estima un aumento de tráfico de vehículos pesados de 1.44% anual, adoptando nuevamente la cifra que nos proporciona la Orden Ministerial.

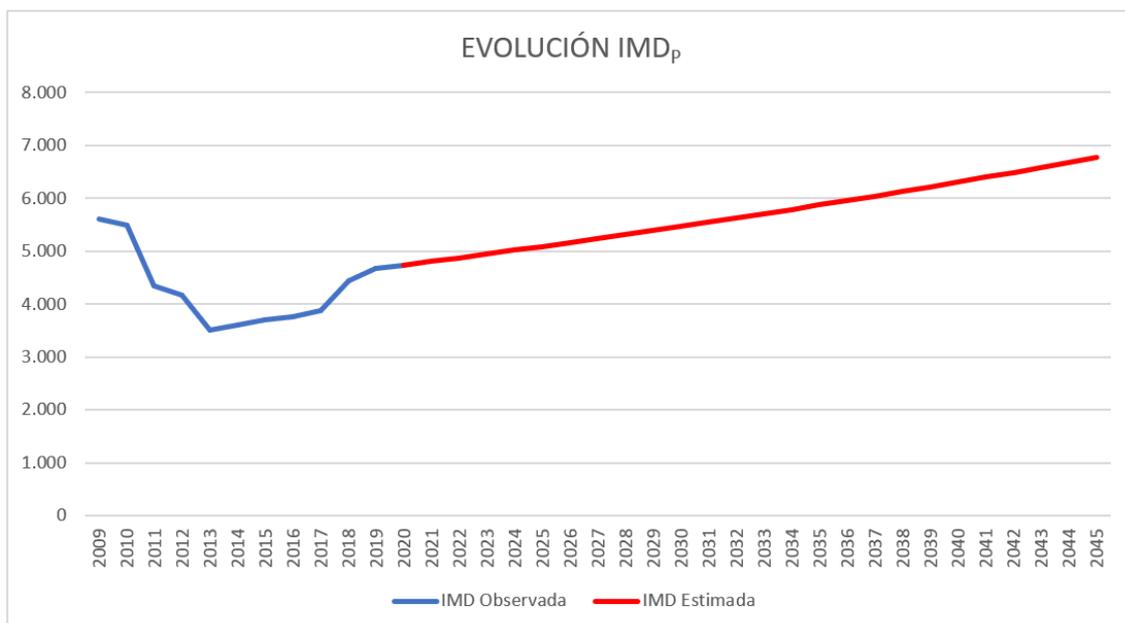


Figura 22. Evolución IMD vehículos pesados 2009-2045. Fuente: propia

Como resumen aclaratorio de todo lo anterior, se obtienen las siguientes intensidades de tráfico:

Año	IMD _L	% Ligeros	IMD _P	% Pesados
2019 (dato de partida)	61.108	93	4.673	7
2025 (año de puesta en servicio)	66.581	93	5.092	7
2035 (año de control)	76.815	92	5.874	8
2045 (año horizonte)	88.621	91	6.777	9

Tabla 3. Resumen IMD años propuestos. Fuente: Propia

A partir de estos datos se puede obtener el Nivel de Servicio y la Capacidad de la carretera en el año de puesta en servicio y en el año horizonte, parámetros que se emplearán posteriormente para el diseño el carril.

2.9.4. Tipo de tráfico en el tramo objeto de estudio

Gracias a los datos calculados en el apartado anterior, siguiendo la tabla 1A CATEGORÍAS DE TRÁFICO PESADO T00 A T2 de la Norma 6.1 IC Secciones de Firme, de la Instrucción de Carreteras (BOE de 12 de diciembre de 2003), se obtiene una categoría de tráfico T00, pues la IMD de pesados es superior a 4000 vehículos.

TABLA 1.A. CATEGORÍAS DE TRÁFICO PESADO T00 A T2

CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO	T00	T0	T1	T2
IMD _p (vehículos pesados/día)	≥ 4 000	< 4 000 ≥ 2 000	< 2 000 ≥ 800	< 800 ≥ 200

Tabla 4. Categorías de tráfico pesado T00 a T2. Fuente: Norma 6.1 IC Secciones de Firme, de la Instrucción de Carreteras (BOE de 12 de diciembre de 2003)

2.9.5. Obtención del nivel de servicio del tramo de estudio

Para la obtención del nivel de servicio se seguirán los criterios que dicta el capítulo 14 del Highway Capacity Manual (HCM 2010) titulado “Multiline highways”, que en español se traduce como carreteras multicarril.



Figura 23. Criterios de cálculo del Nivel de Servicio según el HCM. Fuente: Propia

Con el fin de justificar la necesidad de la actuación, se analizará tanto la hipótesis de ejecución del carril reversible como la de no ejecución, para posteriormente mostrar una comparativa del Nivel de Servicio obtenido en ambas.

2.9.6. Obtención del Nivel De Servicio 2019

En este apartado y en los siguientes, se aportarán las tablas resumen con los resultados obtenidos mediante los procedimientos incluidos en el HCM. Dichos procedimientos se podrán comprobar en profundidad en el anejo correspondiente.

BFFS	60mi/h
Curva FFS	60mi/h
Vol. Demanda	1202
¿Nivel F?	NO
Densidad	20,03 veh/mi

Tabla 5. Factores Nivel de Servicio 2019. Fuente: Propia

Con lo que se obtiene un Nivel de Servicio C:

LOS	FFS(mi/h)	Density(veh/mi/lane)
A	All	>0-11
B	All	>11-18
C	All	>18-26
D	All	>26-35
E	60	>35-40
	55	>35-41
	50	>35-43
	45	>35-45
F	Demand exceeds Capacity	
	60	>40
	55	>41
	50	>43
	45	>45

Tabla 6. Cálculo Nivel de Servicio 2019. Fuente: Propia

2.9.7. Obtención del Nivel de Servicio 2025 sin ejecución de carril

Factores calculados:

BFFS	60mi/h
Curva FFS	60mi/h
Vol. Demanda	0
¿Nivel F?	NO
Densidad	21,83

Tabla 7. Factores Nivel de Servicio 2025 sin ejecución de carril. Fuente: Propia

Con lo que se obtiene un Nivel de Servicio C:

LOS	FFS(mi/h)	Density(veh/mi/lane)	
A	All	>0-11	
B	All	>11-18	
C	All	>18-26	
D	All	>26-35	
E	60	>35-40	
	55	>35-41	
	50	>35-43	
F	45	>35-45	
	Demand exceeds Capacity		
	60	>40	
	55	>41	
F	50	>43	
	F	45	>45

Tabla 8. Cálculo Nivel de Servicio 2025 sin ejecución de carril. Fuente: Propia

2.9.8. Obtención del Nivel De Servicio 2025 con ejecución de carril

Factores calculados:

BFFS	60mi/h
Curva FFS	60mi/h
Vol. Demanda	982
¿Nivel F?	NO
Densidad	16,37

Tabla 9. Factores Nivel de Servicio 2025 con ejecución de carril. Fuente: Propia

Con lo que se obtiene un Nivel de Servicio B:

LOS	FFS(mi/h)	Density(veh/mi/lane)	
A	All	>0-11	
B	All	>11-18	
C	All	>18-26	
D	All	>26-35	
E	60	>35-40	
	55	>35-41	
	50	>35-43	
F	45	>35-45	
	Demand exceeds Capacity		
	60	>40	
	55	>41	
F	50	>43	
	F	45	>45

Tabla 10. Cálculo Nivel de Servicio 2025 con ejecución de carril. Fuente: Propia

2.9.9. Obtención del Nivel de Servicio 2035 sin ejecución de carril

Factores calculados:

BFFS	60mi/h
Curva FFS	60mi/h
Vol. Demanda	1511
¿Nivel F?	NO
Densidad	21,83

Tabla 11. Factores Nivel de Servicio 2035 sin ejecución de carril. Fuente: Propia

Con lo que se obtiene un Nivel de Servicio C:

LOS	FFS(mi/h)	Density(veh/mi/lane)
A	All	>0-11
B	All	>11-18
C	All	>18-26
D	All	>26-35
E	60	>35-40
	55	>35-41
	50	>35-43
F	45	>35-45
	Demand exceeds Capacity	
	60	>40
	55	>41
F	50	>43
	45	>45

Tabla 12. Cálculo Nivel de Servicio 2035 sin ejecución de carril. Fuente: Propia

2.9.10. Obtención del Nivel de Servicio 2035 con ejecución del carril

Factores calculados:

BFFS	60mi/h
Curva FFS	60mi/h
Vol. Demanda	1133
¿Nivel F?	NO
Densidad	18,88

Tabla 13. Factores Nivel de Servicio 2035 con ejecución de carril. Fuente: Propia

Con lo que se obtiene un Nivel de Servicio C:

LOS	FFS(mi/h)	Density(veh/mi/lane)	
A	All	>0-11	
B	All	>11-18	
C	All	>18-26	
D	All	>26-35	
E	60	>35-40	
	55	>35-41	
	50	>35-43	
F	45	>35-45	
	Demand exceeds Capacity		
	60	>40	
	55	>41	
F	50	>43	
	F	45	>45

Tabla 14. Cálculo Nivel de Servicio 2035 con ejecución de carril. Fuente: Propia

2.9.11. Obtención del Nivel de Servicio 2045 sin ejecución de carril

Factores calculados:

BFFS	60mi/h
Curva FFS	60mi/h
Vol. Demanda	1743
¿Nivel F?	NO
Densidad	29,05

Tabla 15. Factores Nivel de Servicio 2045 sin ejecución de carril. Fuente: Propia

Con lo que se obtiene un Nivel de Servicio D:

LOS	FFS(mi/h)	Density(veh/mi/lane)	
A	All	>0-11	
B	All	>11-18	
C	All	>18-26	
D	All	>26-35	
E	60	>35-40	
	55	>35-41	
	50	>35-43	
F	45	>35-45	
	Demand exceeds Capacity		
	60	>40	
	55	>41	
F	50	>43	
	F	45	>45

Tabla 16. Cálculo Nivel de Servicio 2045 sin ejecución de carril. Fuente: Propia

2.9.12. Obtención del Nivel de Servicio 2045 con ejecución del carril

Factores calculados:

BFFS	60mi/h
Curva FFS	60mi/h
Vol. Demanda	1308
¿Nivel F?	NO
Densidad	21,79

Tabla 17. Factores Nivel de Servicio 2045 con ejecución de carril. Fuente: Propia

Con lo que se obtiene un Nivel de Servicio C:

LOS	FFS(mi/h)	Density(veh/mi/lane)
A	All	>0-11
B	All	>11-18
C	All	>18-26
D	All	>26-35
E	60	>35-40
	55	>35-41
	50	>35-43
F	45	>35-45
	Demand exceeds Capacity	
	60	>40
	55	>41
	50	>43
	45	>45

Tabla 18. Cálculo Nivel de Servicio 2045 con ejecución de carril. Fuente: Propia

2.9.13. Tabla resumen Niveles de Servicio

A partir del análisis y los cálculos realizados, se resumen y recopilan en esta tabla los distintos Niveles de Servicio de 2019, 2025, 2035 y 2045:

		Año	2019	2025	2035	2045
NIVEL DE SERVICIO	Sin ejecución del carril		C	C	C	D
	Con ejecución del carril			B	C	C

Tabla 19. Resumen Nivel de Servicio 2019-2045. Fuente: Propia

Se observa cómo mediante la incorporación del carril reversible, es posible mejorar el Nivel de Servicio significativamente, retrasando la aparición de la saturación de la vía, pudiendo realizar ajustes posteriormente en la gestión de los ITS si fuese necesario.

2.10. Implementación del carril reversible

El carril reversible se dispondrá en la mediana desde la Glorieta de Los Anzuelos hasta el PK 12+750 de la V-31, coincidiendo con la incorporación de los vehículos procedentes del enlace de la V-30. En ambas localizaciones, que servirán de entrada o salida al carril dependiendo del sentido en el que circulen los usuarios, se instalará un pórtico con paneles led que indicará la apertura del carril para un sentido u otro.



Figura 24. Acceso carril reversible Glorieta de Los Anzuelos. Fuente: Google Earth

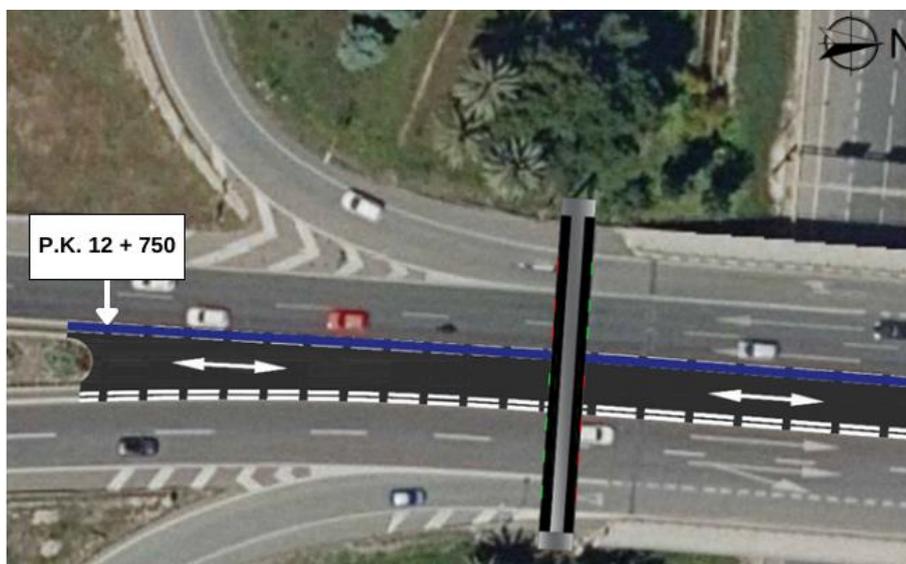


Figura 25. Acceso carril reversible P.K. 12+750. Fuente: Google Earth

Tendrá una amplitud de 3,5 metros circulables, (acorde con los carriles existentes) y una longitud de 1275 metros. Debido al buen estado del asfalto, solo será necesario reasfaltar el nuevo carril, el cual se dispondrá en la mediana de la V-31 habiendo

espacio suficiente hasta el PK 12+830, punto desde el que se propone una ampliación de calzada a ambos lados hacia el exterior del eje de la carretera, coincidiendo con la supresión del itinerario peatonal que cruza el puente que salva las vías del ferrocarril.

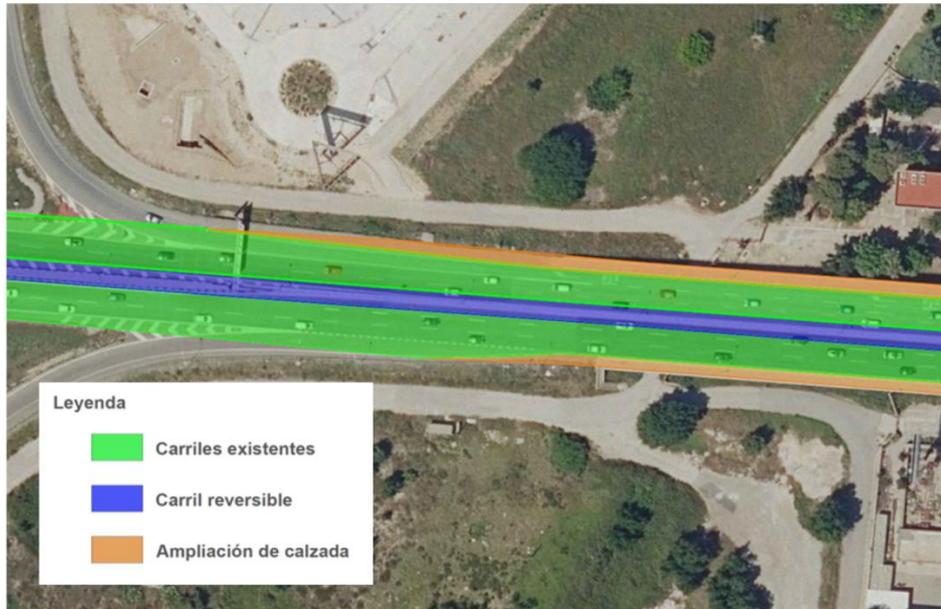


Figura 26. Disposición carril reversible y ampliación de calzada. Fuente: Google Earth

Dicho itinerario, aparte de suponer un riesgo para el peatón debido a su cercanía con la calzada donde los vehículos circulan a 80 km/h , contando con una barrera de protección de apenas 30 centímetros de alto (que además está destinada a la seguridad de los vehículos y no de los peatones), conduce por ambos lados del puente a una carretera secundaria paralela a la V-31, sin existir una zona específica dedicada al tránsito de peatones, suponiendo de nuevo un grave riesgo para los mismos. Así pues, ambos itinerarios podrían ser reemplazados por una pasarela peatonal adosada al puente si fuese necesario, siendo objeto de otro proyecto.



Figura 27. Barrera de protección itinerario peatonal. Fuente: Google Earth



Figura 28. Planta itinerario peatonal. Fuente: Google Earth

Como se observa en las Imágenes 10 y 11, el carril reversible constará de una única barrera de separación de tipo new jersey móvil, lo que facilitará la accesibilidad del carril tanto a los usuarios que circulen por la V-31 como por la V-30, además de

facilitar el tránsito por la vía principal en caso de accidentes o colisiones en el carril reversible, ya que en el caso de disponer una barrera doble, el carril quedaría colapsado y se impediría el uso del mismo.

Dicha barrera será gestionada mediante una máquina especial, la Road Zipper Barrier, cuyo funcionamiento consiste en desplazar las barreras new jersey móviles de un límite del carril reversible al límite opuesto, actuando ininterrumpidamente junto al tránsito de vehículos, lo que hace que se mantenga la operatividad del carril reversible en todo momento.

Este innovador sistema, ha sido implantado en localizaciones tan importantes como el Golden Gate de San Francisco o el Auckland Harbour Bridge, debido a la creciente saturación de vehículos en estas infraestructuras.



Figura 29. Road Zipper Barrier en el Golden Gate. Fuente: CNBC

Debido a la operatividad de este vehículo especial, iniciada la fase de explotación del carril reversible, habrá que tener en cuenta a parte del presupuesto, la contratación del operario, el repostaje de combustible de la máquina y el mantenimiento de la misma, así como posibles reparaciones en el futuro.

2.10.1. Implementación Sistema ATMS

Como se menciona anteriormente, se dispondrán dos pórticos con paneles LED que indicarán el sentido de apertura del carril.

En el pórtico situado más cerca al P.K. 12+750, se dispondrá asimismo una estación de aforo permanente que, junto con los sistemas de cámaras de vigilancia de tráfico, cámaras de detección de vehículos y espiras inductivas bajo el pavimento, formará el sistema ATMS propuesto que servirá tanto para obtener la IMD de forma localizada en dicho P.K., como para gestionar el cambio de sentido del carril reversible.

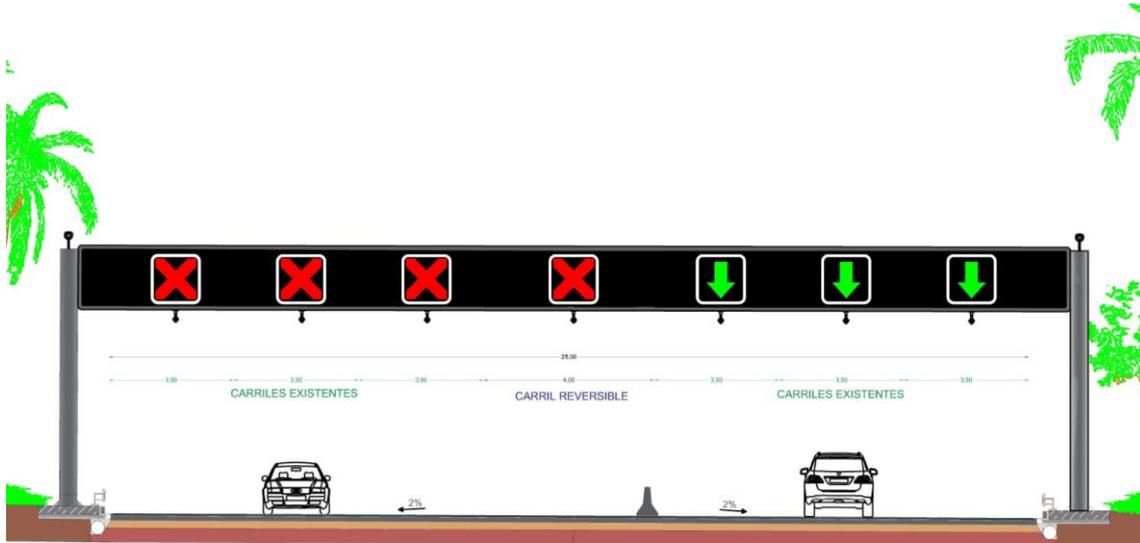


Figura 30. Pórtico paneles LED P.K. 12+750. Fuente: Propia

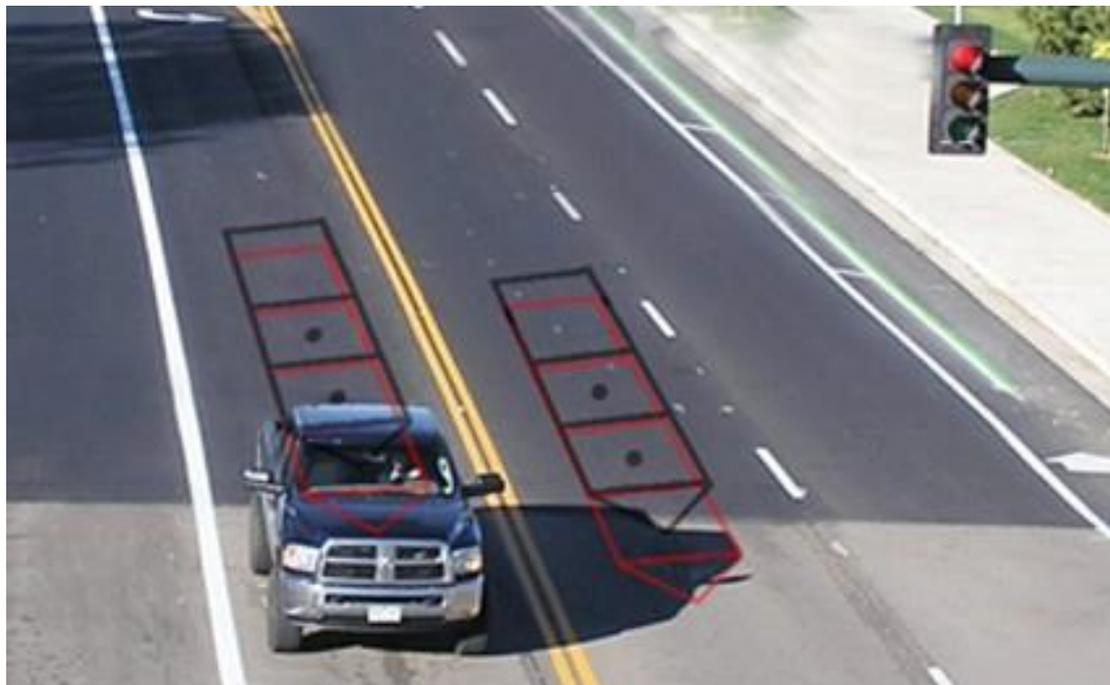


Figura 31. Cámara de detección de vehículos. Fuente: Vehant Technologies

El funcionamiento del sistema consta del siguiente proceso:

El vehículo pasa sobre las espiras inductivas y al entrar en contacto con los dos detectores al mismo tiempo, se cierra el circuito, lo que se conoce como bucle magnético, que genera una señal de baja frecuencia en los terminales del lazo que es captada por la estación de aforo. Al mismo tiempo, las cámaras de detección de vehículos contabilizan su paso por el pórtico, que también es recogido por la estación de aforo y finalmente, si las dos señales concuerdan en el tiempo se contabilizan los datos que conforman la IMD de la carretera.

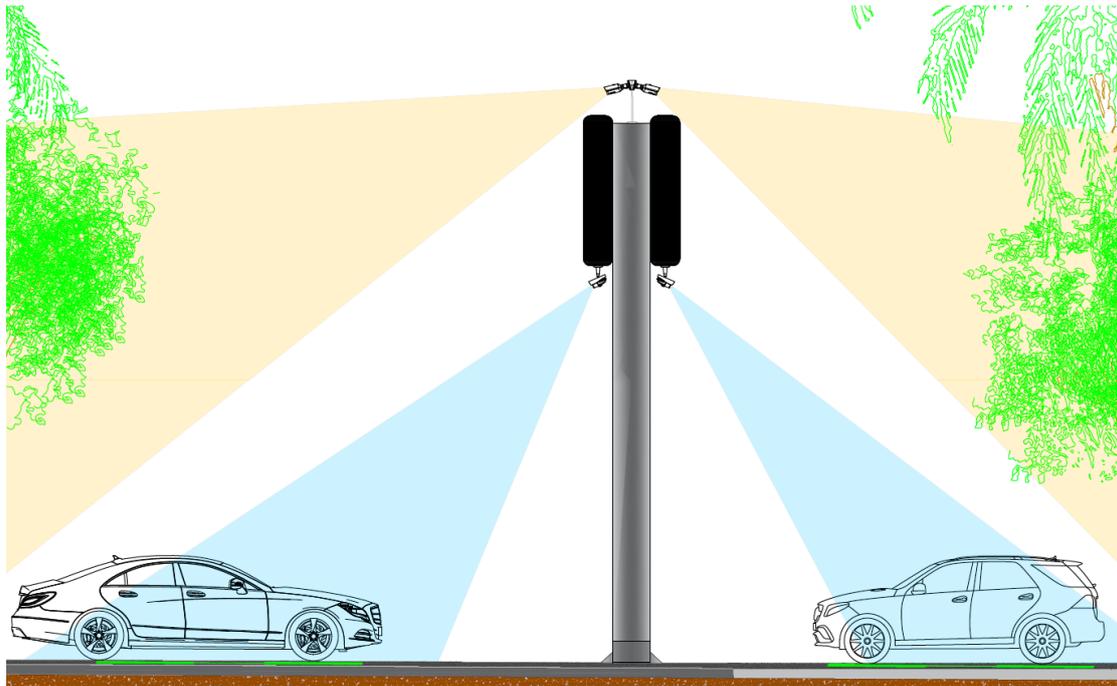


Figura 32. Sistema ATMS. Fuente: Propia

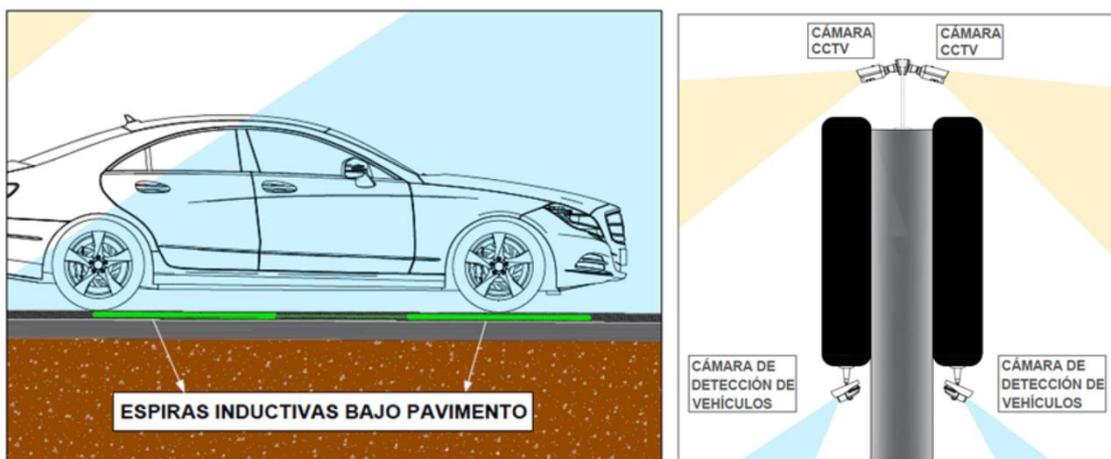


Figura 33. Detalles sistema ATMS. Fuente: Propia

Este sistema de doble contabilización proporciona una seguridad y precisión a la hora de calcular la IMD, minimizando los errores que se puedan producir, que apoyados de las cámaras de vigilancia crean un sistema inteligente que puede gestionar de forma autónoma la apertura del carril reversible, cambiando el sentido de circulación del mismo cuando la IMD de un sentido supere ciertos valores.

En concreto para el tramo de estudio, apoyándonos en el estudio visual realizado in situ y respaldado por los datos de IMD obtenidos del Ministerio de Transporte, Movilidad y Agenda Urbana, se propone:

- La apertura del carril reversible en sentido Alicante desde las 7:00 y el cambio a sentido Valencia partir de las 12:30 o cuando la IMD en este sentido haya



superado el 60% del valor de la IMD asociada a la tasa de crecimiento anual de 1,44% que ha sido estimada en el correspondiente anejo, pudiendo adelantarse a la saturación de la vía evitando colapsos y retrasos en los tiempos de recorrido.

2.11. Presupuesto



CAPITULOS	IMPORTE	PORCENTAJE
1. TRABAJOS PREVIOS.....	47.596,20 €	6,50 %
2. FIRMES Y PAVIMENTOS.....	179.340,44 €	24,51 %
3. SEÑALIZACIÓN, BALIZAMIENTO Y DEFENSAS.....	395.848,16 €	54,09 %
4. OBRAS COMPLEMENTARIAS.....	50.530,17 €	6,90 %
5. GESTIÓN DE RESIDUOS.....	29.274,56 €	4,00 %
6. REPOSICIÓN DE SERVICIOS.....	21.955,92 €	3,00 %
7. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.....	7.318,64 €	1,00 %
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL		
TOTAL PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL.....	731.864,10 €	
13,00% GASTOS GENERALES.....	95.142,33 €	
6,00% BENEFICIO INDUSTRIAL.....	43.911,85 €	
PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN		
TOTAL PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN.....	870.918,28 €	
21,00% I.V.A.....	182.892,84 €	
TOTAL PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN I.V.A. INCLUIDO	1.053.811,12 €	

Asciende el Presupuesto Base de Licitación a la expresada cantidad de **UN MILLÓN CINCUENTA Y TRES MIL OCHOCIENTOS ONCE EUROS CON DOCE CÉNTIMOS.**

Valencia, marzo de 2023

El Ingeniero Autor del Estudio

Fdo: Guillermo Gea Marco

2.12. Conclusiones

Tras haber analizado en profundidad el nivel de servicio de la V-31, se puede concluir que los niveles actuales de saturación de la vía y la tendencia de los mismos en el futuro, hacen que las soluciones tradicionales se hayan quedado estancadas al no disponer prácticamente de espacio físico para ampliaciones de la infraestructura. Por ello, la combinación con la aplicación de sistemas inteligentes de transporte como soluciones innovadoras, proporciona los beneficios de ambas, pudiendo mejorar la eficiencia del flujo de tráfico, la seguridad en la carretera y, en este caso en concreto, gestionar de forma prácticamente autónoma una importante infraestructura de transporte.

Se ha observado cómo mediante la combinación de estos dos tipos de soluciones, se ha calculado la IMD futura de la V-31 consiguiendo mejorar el nivel de servicio de forma significativa, lo que retrasaría sustancialmente la saturación de la vía y contribuiría a que los niveles de tráfico no llegaran a la máxima capacidad hasta un período más tardío, pudiendo aprovechar el tiempo para encontrar nuevas soluciones para aplicar a la infraestructura.

Como se ha demostrado en el presente estudio, la gestión del tráfico en tiempo real, las tecnologías de detección de vehículos y la conexión entre infraestructura y usuarios pueden ayudar en gran medida a prevenir congestiones de tráfico, disminuir los tiempos de recorrido y reducir las emisiones de gases contaminantes.

La implementación de sistemas inteligentes de transporte requiere una inversión que, aunque pueda parecer elevada en el corto plazo, a largo plazo se rentabiliza mucho más que las soluciones tradicionales, teniendo un mantenimiento más sencillo, perdurando más en el tiempo, pudiendo extenderse a otros tramos de la vía o a otras vías colindantes y dando unos resultados más eficaces, teniendo la oportunidad de reprogramar u optimizar los sistemas de una forma más sencilla o trasladarlos a otros puntos donde puedan ser de mayor utilidad si ya han cumplido su función en su punto de implementación de origen.

En definitiva, la aplicación de estos sistemas es una solución prometedora para atajar los problemas de movilidad de las carreteras congestionadas y un método eficaz para la gestión del tráfico de las zonas urbanas y periurbanas, por lo que debe ser considerada, si no lo es ya, en futuros proyectos de infraestructuras de transporte.

Valencia, marzo de 2023

El Ingeniero Autor del Estudio

Fdo: Guillermo Gea Marco





3. PLANOS

ÍNDICE DE PLANOS

3.1. Situación y emplazamiento.....	46
3.2. Zona de actuación.....	47
3.3. Plano de conjunto.....	48
3.4.1. Adecuación V-31.....	49
3.4.2. Adecuación v-31.....	50
3.4.3. Adecuación V-31.....	51
3.4.4. Adecuación V-31.....	52
3.5. Planta acceso P.K. 12+750.....	53
3.6. Planta acceso Glorieta de Los Anzuelos.....	54
3.7. Sección tipo 1. Acceso Glorieta de Los Anzuelos.....	55
3.8. Sección tipo 2. Puente sobre ferrocarril.....	56
3.9. Sección tipo 3. P.K. 13+125.....	57
3.10. Sección tipo 4. Puente sobre cauce del río Túria.....	58
3.11. Sección tipo 5. P.K. 12+750.....	59
3.12. Sistema ATMS.....	60
3.13. Detalles sistema ATMS.....	61

LOCALIZACIÓN



EMPLAZAMIENTO



SITUACIÓN



 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS		Estudio para la implementación de un carril reversible para la mejora del nivel de servicio de la V-31 gestionado mediante sistemas inteligentes de transporte. Tramo V-30 - Glorieta de Los Anzuelos (Valencia).	
Plano SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO		Autor GUILLERMO GEA MARCO guigemar@cam.upv.es	
Nº Plano 1	Hoja 1 de 1	Fecha DICIEMBRE 2022	 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
Escala original en A3		Escala gráfica VARIAS ESCALAS	





Glorieta de Los Anzuelos



P.K. 12+750

Leyenda

 Zona de actuación



**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS**

Estudio para la implementación de un carril reversible
para la mejora del nivel de servicio de la V-31
gestionado mediante sistemas inteligentes de
transporte.
Tramo V-30 - Glorieta de Los Anzuelos (Valencia).

Plano

ZONA DE ACTUACIÓN

Nº Plano

2

Hoja 1 de 1

Fecha

DICIEMBRE 2022

Escala 1:400



Autor

GUILLERMO GEA MARCO
guigemar@cam.upv.es





1

2

3

4

Legenda

-  Carriles existentes
-  Carril reversible
-  Ampliación de calzada
-  Panel informativo



**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS**

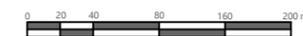
Estudio para la implementación de un carril reversible para la mejora del nivel de servicio de la V-31 gestionado mediante sistemas inteligentes de transporte.
Tramo V-30 - Glorieta de Los Anzuelos (Valencia).

Plano **PLANO DE CONJUNTO**

Autor
GUILLERMO GEA MARCO
guigemar@cam.upv.es

Nº Plano **3** Hoja 1 de 1 Fecha **DICIEMBRE 2022**

Escala **1:400**



**UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA**



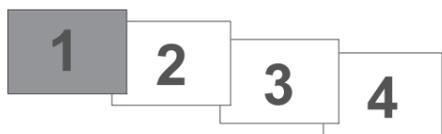


Panel informativo



Leyenda

-  Carriles existentes
-  Carril reversible
-  Ampliación de calzada
-  Panel informativo



**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS**

Estudio para la implementación de un carril reversible para la mejora del nivel de servicio de la V-31 gestionado mediante sistemas inteligentes de transporte.
Tramo V-30 - Glorieta de Los Anzuelos (Valencia).

Plano
ADECUACIÓN V-31

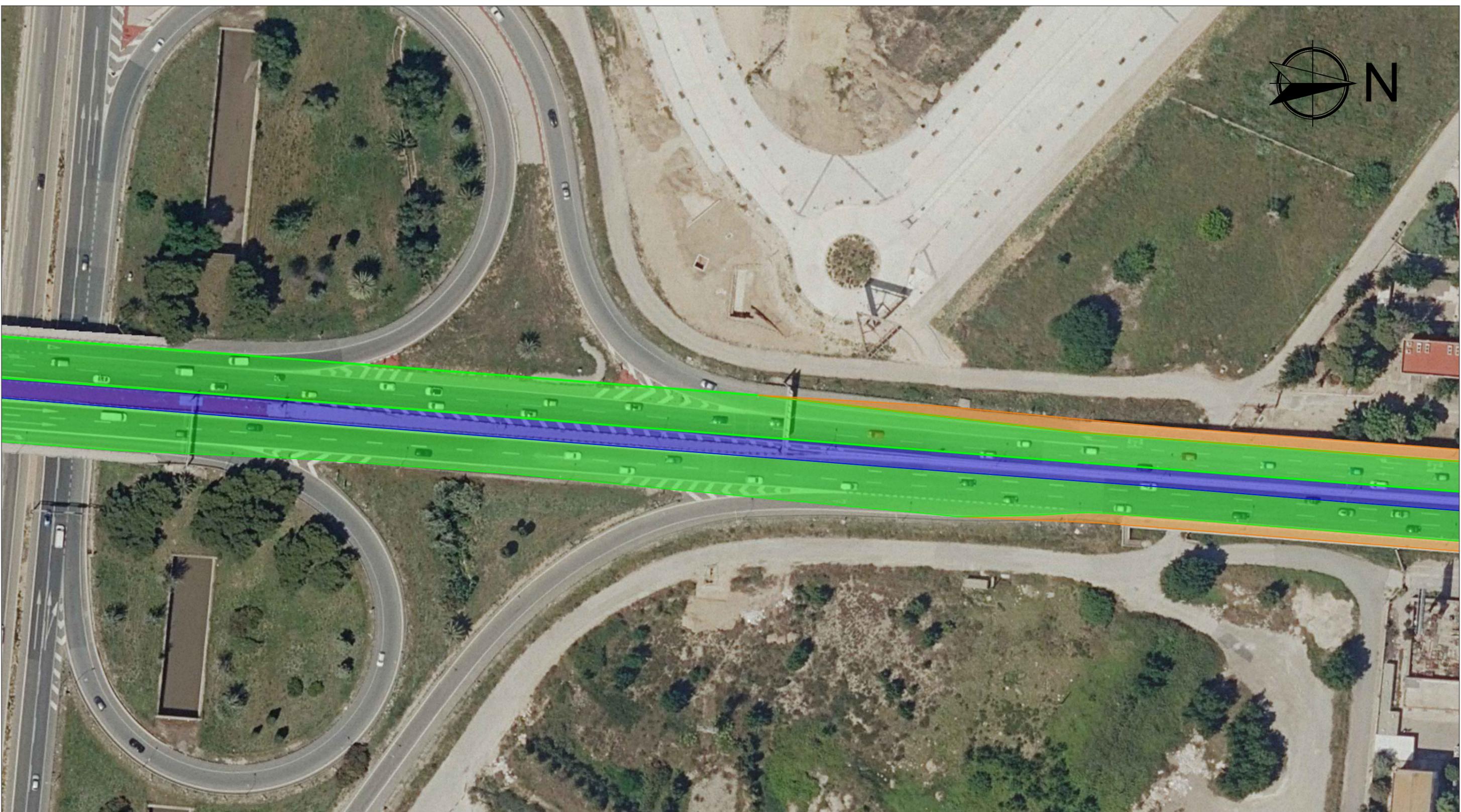
Autor
GUILLERMO GEA MARCO
guigemar@cam.upv.es

Nº Plano **4** Hoja 1 de 4 Fecha **DICIEMBRE 2022**



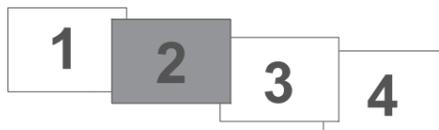
Escala **1:100**





Leyenda

-  Carriles existentes
-  Carril reversible
-  Ampliación de calzada
-  Panel informativo



**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS**

Estudio para la implementación de un carril reversible para la mejora del nivel de servicio de la V-31 gestionado mediante sistemas inteligentes de transporte.
Tramo V-30 - Glorieta de Los Anzuelos (Valencia).

Plano

ADECUACIÓN V-31

Autor

GUILLERMO GEA MARCO
guigemar@cam.upv.es

Nº Plano

4

Hoja 2 de 4

Fecha

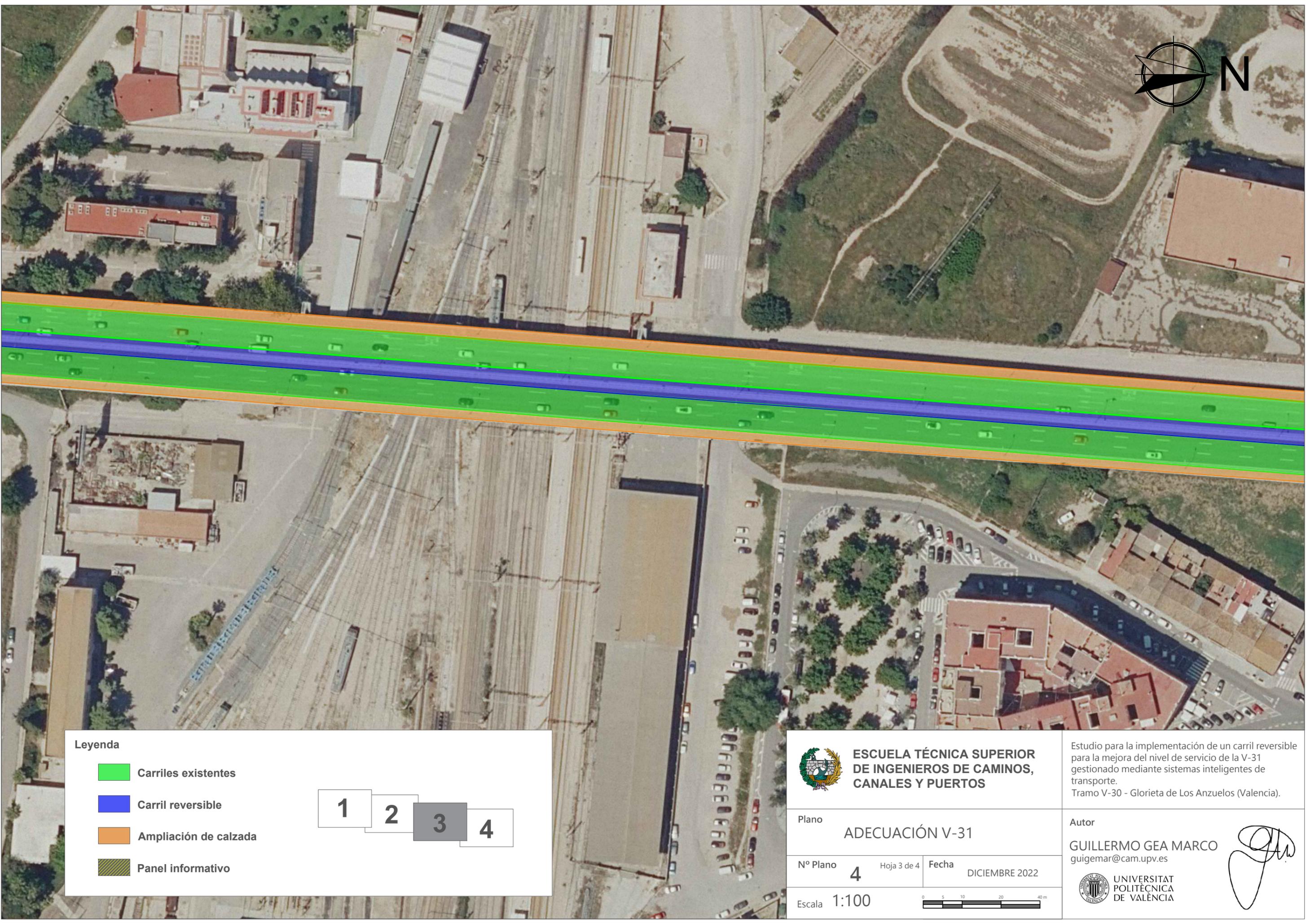
DICIEMBRE 2022

Escala 1:100



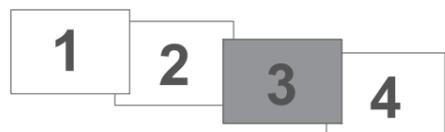
UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA





Leyenda

- Carriles existentes
- Carril reversible
- Ampliación de calzada
- Panel informativo



**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS**

Estudio para la implementación de un carril reversible para la mejora del nivel de servicio de la V-31 gestionado mediante sistemas inteligentes de transporte.
Tramo V-30 - Glorieta de Los Anzuelos (Valencia).

Plano

ADECUACIÓN V-31

Autor

GUILLERMO GEA MARCO
guigemar@cam.upv.es

Nº Plano

4

Hoja 3 de 4

Fecha

DICIEMBRE 2022

Escala 1:100



UNIVERSITAT
POLITÀCNICA
DE VALÈNCIA



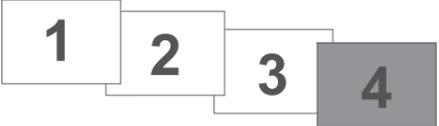


Panel informativo



Leyenda

-  Carriles existentes
-  Carril reversible
-  Ampliación de calzada
-  Panel informativo



**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS**

Estudio para la implementación de un carril reversible para la mejora del nivel de servicio de la V-31 gestionado mediante sistemas inteligentes de transporte.
Tramo V-30 - Glorieta de Los Anzuelos (Valencia).

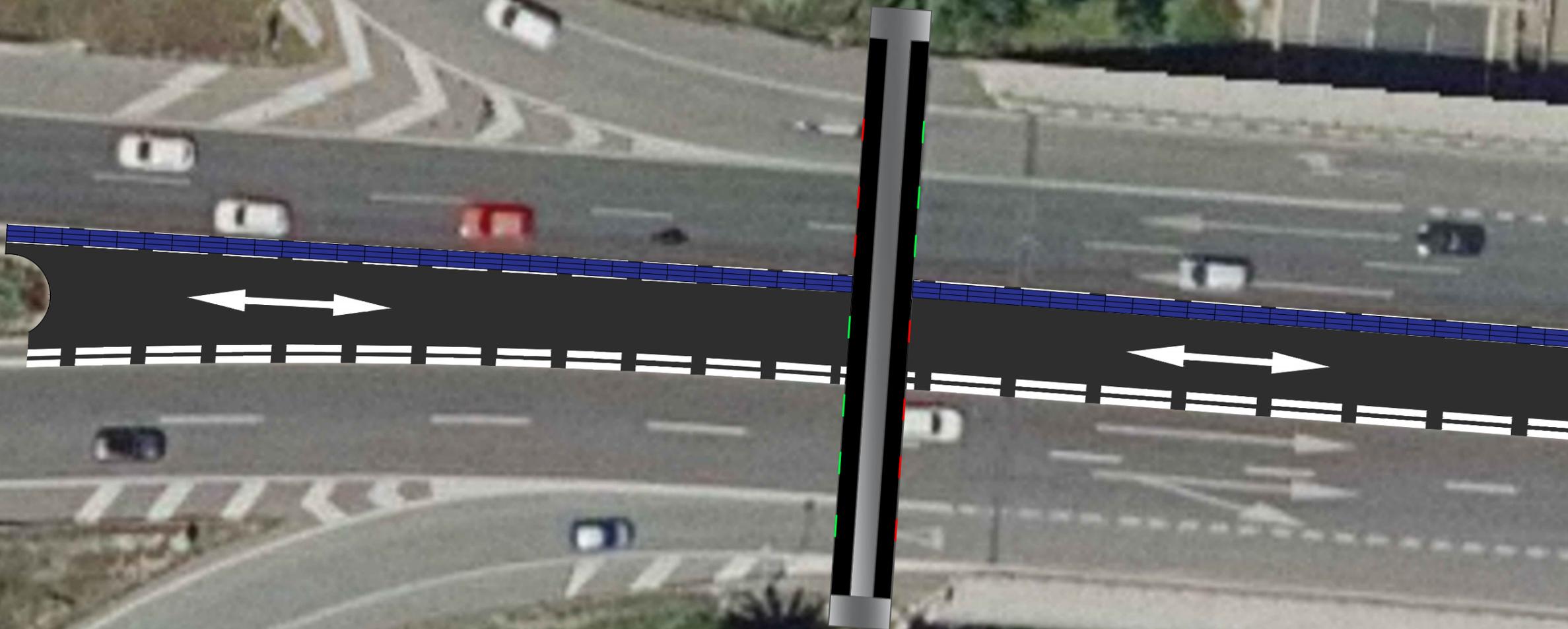
Plano
ADECUACIÓN V-31

Autor
GUILLERMO GEA MARCO
guigemar@cam.upv.es

Nº Plano **4** Hoja 4 de 4 Fecha **DICIEMBRE 2022**

Escala **1:100**





Leyenda

-  Marca vial carril reversible
-  Barrera New Jersey móvil



**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS**

Estudio para la implementación de un carril reversible para la mejora del nivel de servicio de la V-31 gestionado mediante sistemas inteligentes de transporte.
Tramo V-30 - Glorieta de Los Anzuelos (Valencia).

Plano **DETALLE ACCESO P.K. 12+750**

Autor
GUILLERMO GEA MARCO
guigemar@cam.upv.es

Nº Plano **5** Hoja 1 de 1 Fecha **DICIEMBRE 2022**



Escala **1:60**





Leyenda

-  Marca vial carril reversible
-  Barrera New Jersey móvil



**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS**

Estudio para la implementación de un carril reversible para la mejora del nivel de servicio de la V-31 gestionado mediante sistemas inteligentes de transporte.
Tramo V-30 - Glorieta de Los Anzuelos (Valencia).

Plano **DETALLE ACCESO GLORIETA
DE LOS ANZUELOS**

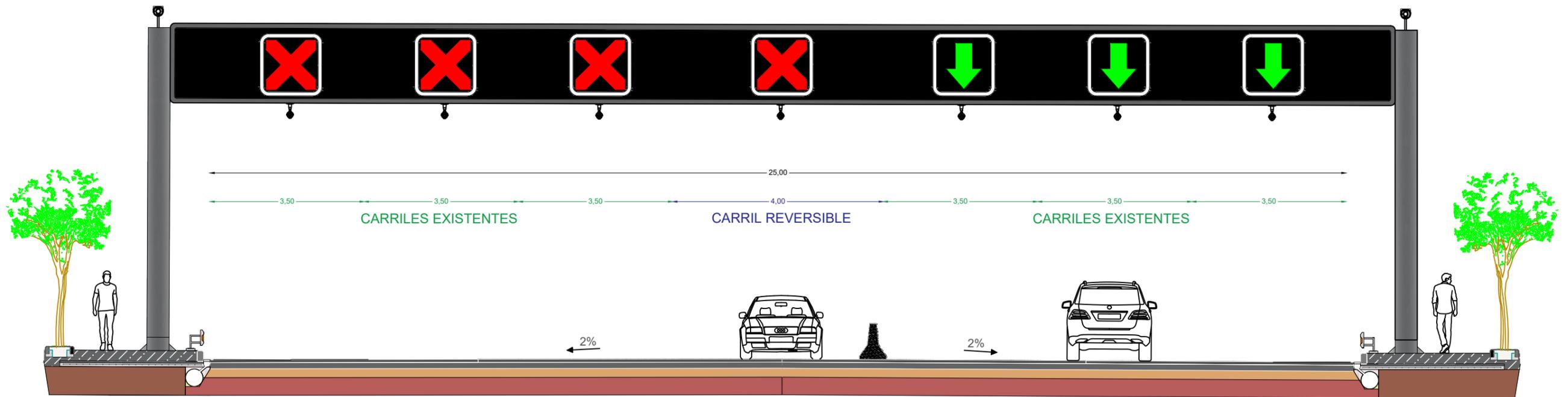
Autor
GUILLERMO GEA MARCO
guigemar@cam.upv.es

Nº Plano **6** Hoja 1 de 1 Fecha **DICIEMBRE 2022**



Escala **1:60**





**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS**

Estudio para la implementación de un carril reversible para la mejora del nivel de servicio de la V-31 gestionado mediante sistemas inteligentes de transporte.
Tramo V-30 - Glorieta de Los Anzuelos (Valencia).

Plano

SECCIÓN TIPO 1. SALIDA GLORIETA DE LOS ANZUELOS

Nº Plano 7

Hoja 1 de 1

Fecha

DICIEMBRE 2022

Escala 1:40

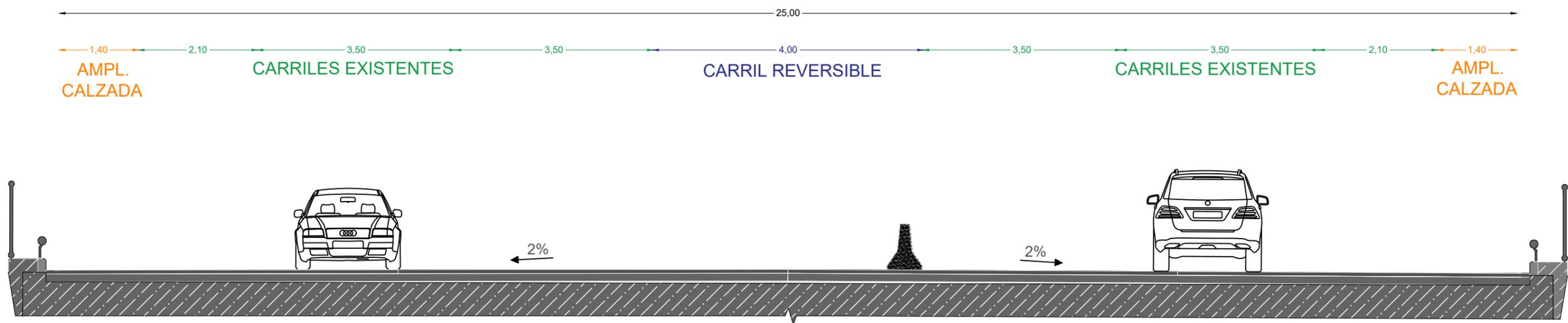


Autor

GUILLERMO GEA MARCO
guigemar@cam.upv.es



UNIVERSITAT
POLITÀCNICA
DE VALÈNCIA



**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS**

Estudio para la implementación de un carril reversible para la mejora del nivel de servicio de la V-31 gestionado mediante sistemas inteligentes de transporte.
Tramo V-30 - Glorieta de Los Anzuelos (Valencia).

Plano
SECCIÓN TIPO 2. PUENTE SOBRE FERROCARRIL

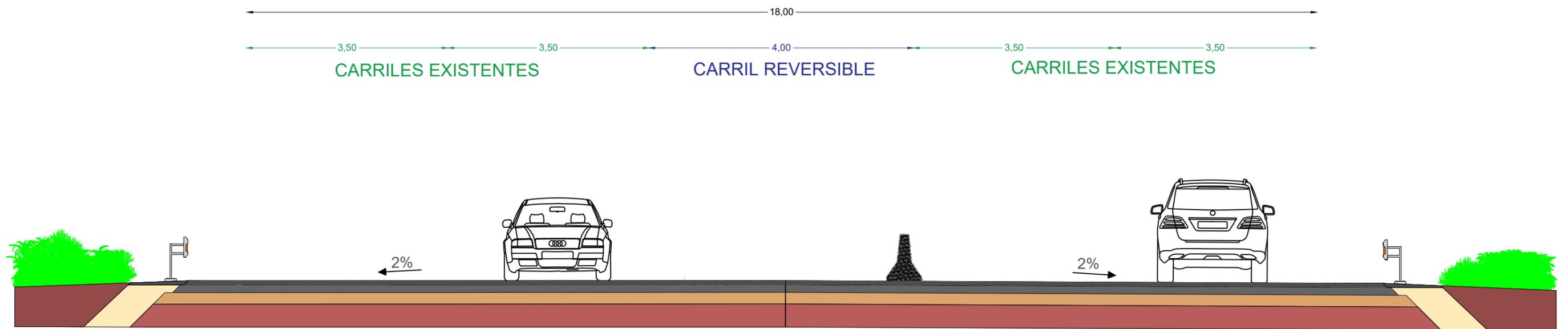
Autor
GUILLERMO GEA MARCO
guigemar@cam.upv.es

Nº Plano **8** Hoja 1 de 1 Fecha DICIEMBRE 2022



Escala 1:40





**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS**

Estudio para la implementación de un carril reversible para la mejora del nivel de servicio de la V-31 gestionado mediante sistemas inteligentes de transporte.
Tramo V-30 - Glorieta de Los Anzuelos (Valencia).

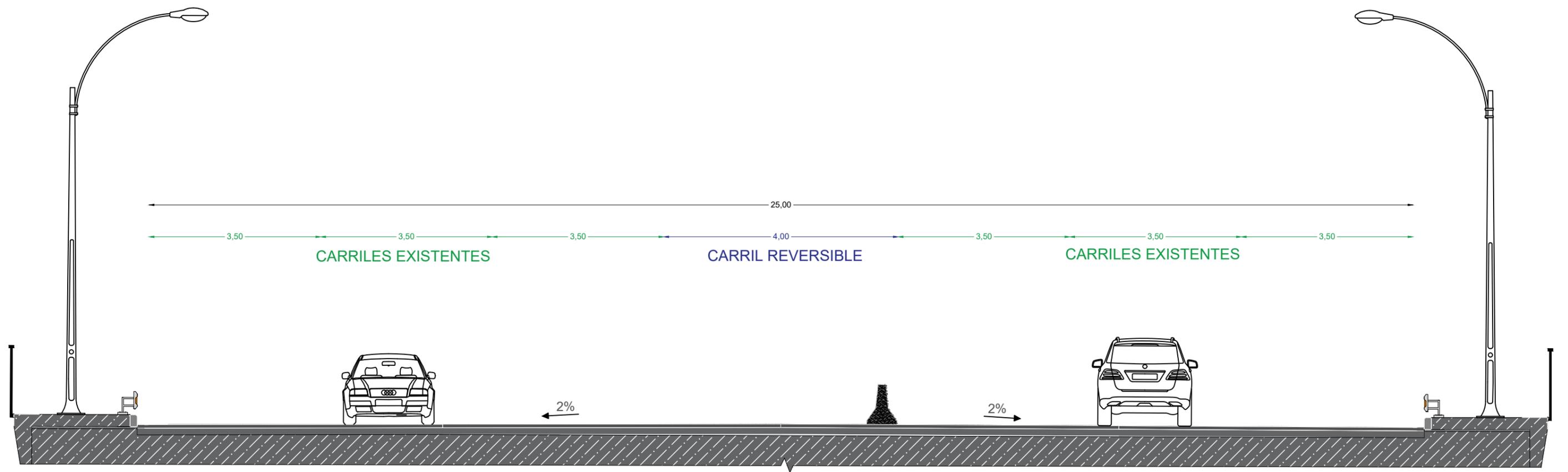
Plano
SECCIÓN TIPO 3. P.K. 13+125

Autor
GUILLERMO GEA MARCO
guigemar@cam.upv.es

Nº Plano 9 Hoja 1 de 1 Fecha DICIEMBRE 2022

Escala 1:40





**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS**

Estudio para la implementación de un carril reversible para la mejora del nivel de servicio de la V-31 gestionado mediante sistemas inteligentes de transporte.
Tramo V-30 - Glorieta de Los Anzuelos (Valencia).

Plano
SECCIÓN TIPO 4. PUENTE SOBRE CAUCE DEL RÍO TÚRIA

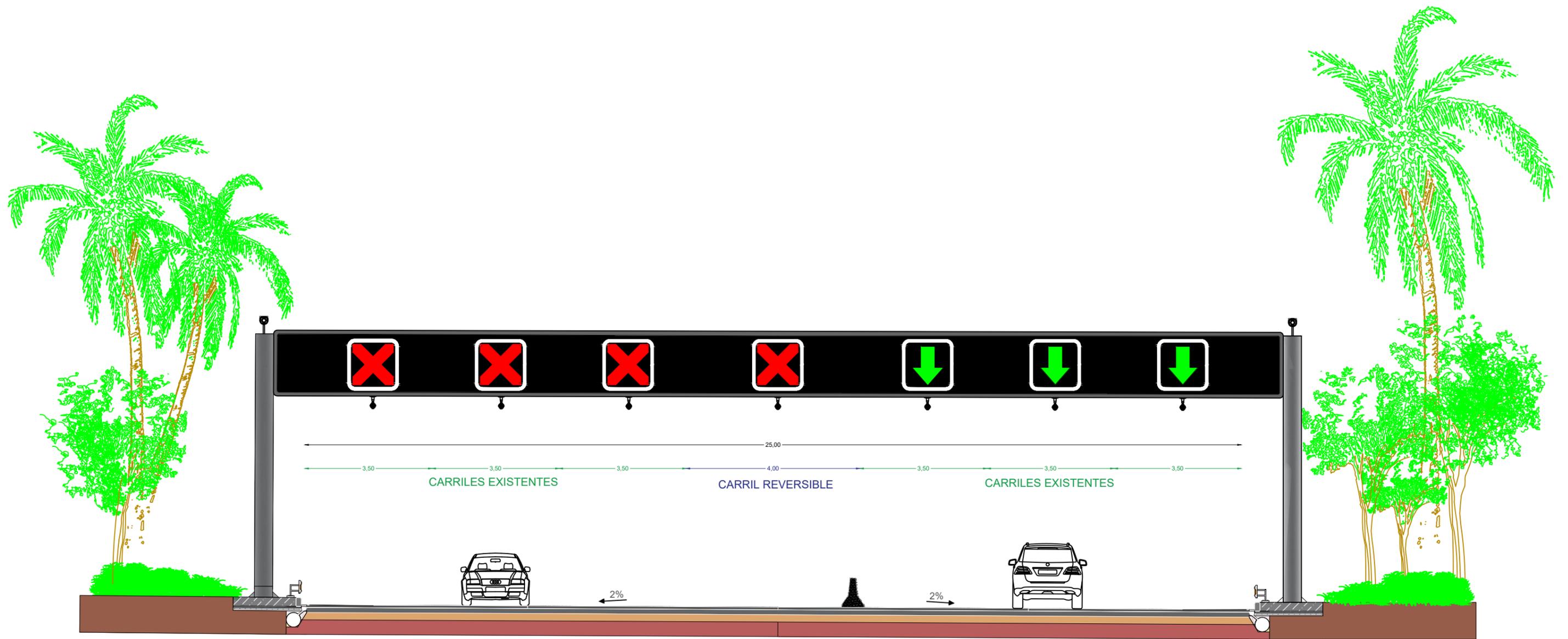
Autor
GUILLERMO GEA MARCO
guigemar@cam.upv.es

Nº Plano 10 Hoja 1 de 1 Fecha DICIEMBRE 2022



Escala 1:40





**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS**

Estudio para la implementación de un carril reversible para la mejora del nivel de servicio de la V-31 gestionado mediante sistemas inteligentes de transporte.
Tramo V-30 - Glorieta de Los Anzuelos (Valencia).

Plano
SECCIÓN TIPO 5. P.K. 12+750

Nº Plano **11** Hoja 1 de 1 Fecha DICIEMBRE 2022

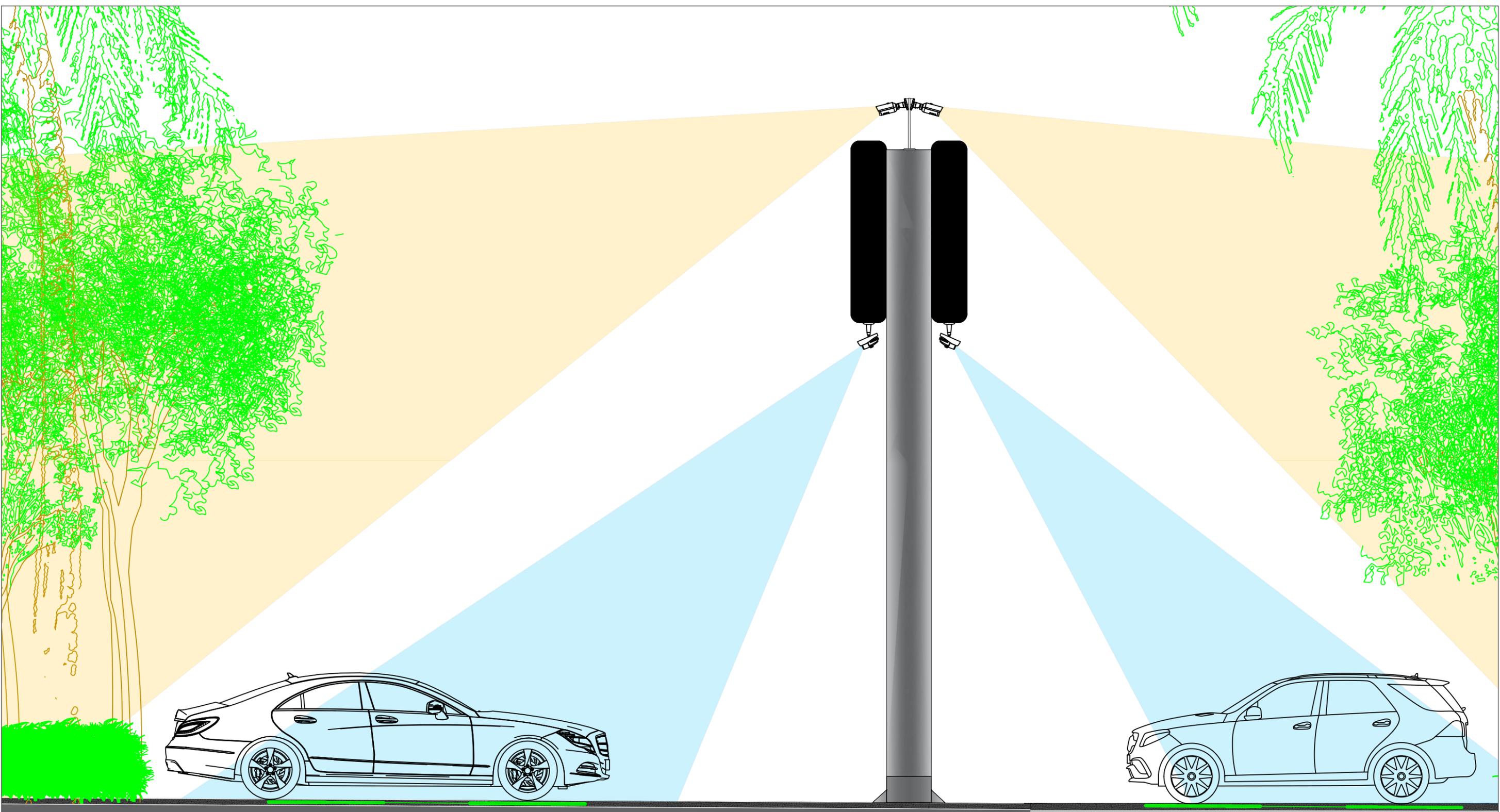
Escala 1:40



Autor

GUILLERMO GEA MARCO
guigemar@cam.upv.es





**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS**

Estudio para la implementación de un carril reversible para la mejora del nivel de servicio de la V-31 gestionado mediante sistemas inteligentes de transporte.
Tramo V-30 - Glorieta de Los Anzuelos (Valencia).

Plano SISTEMA ATMS

Autor

Nº Plano **12** Hoja 1 de 1 Fecha DICIEMBRE 2022

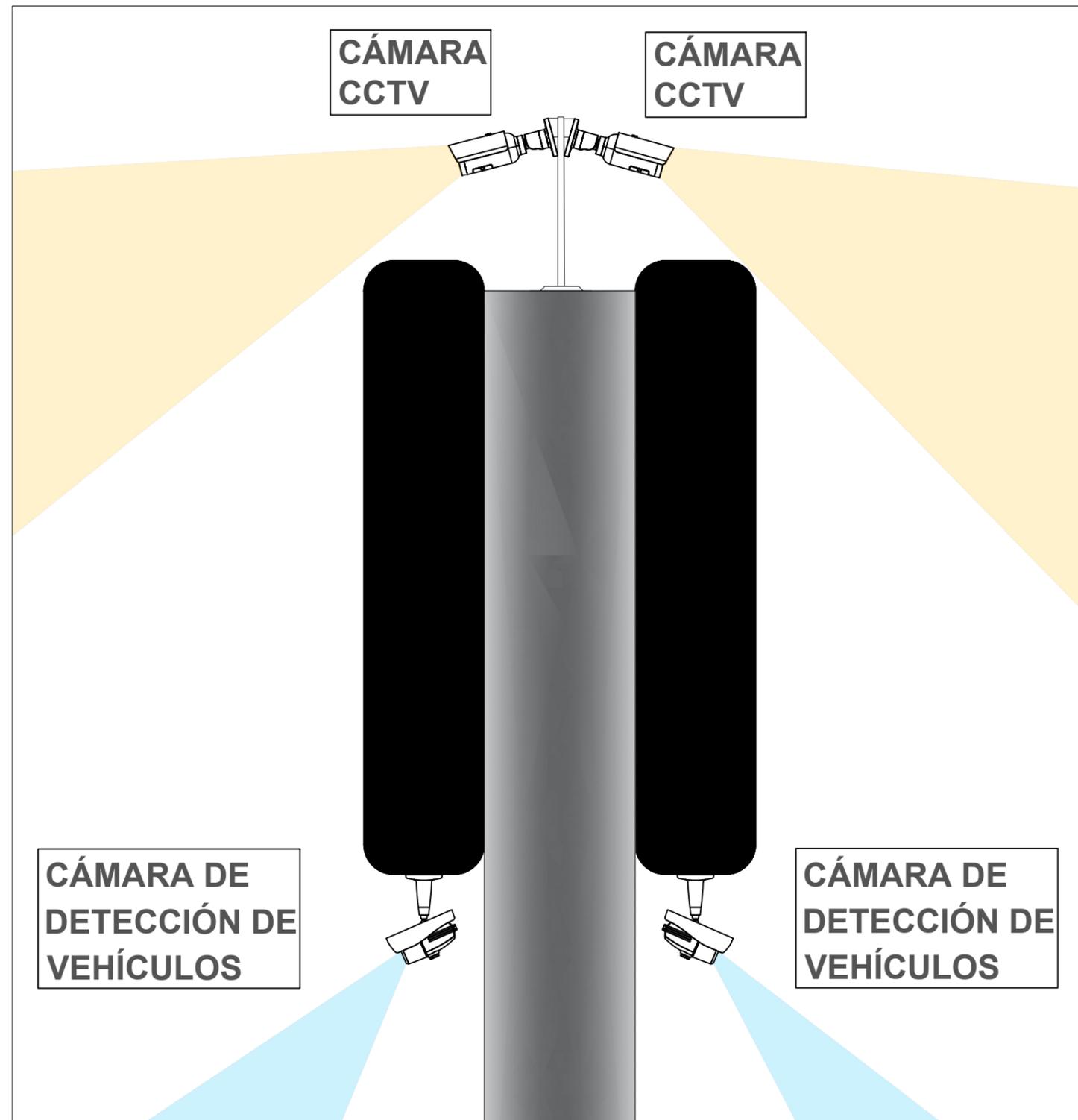
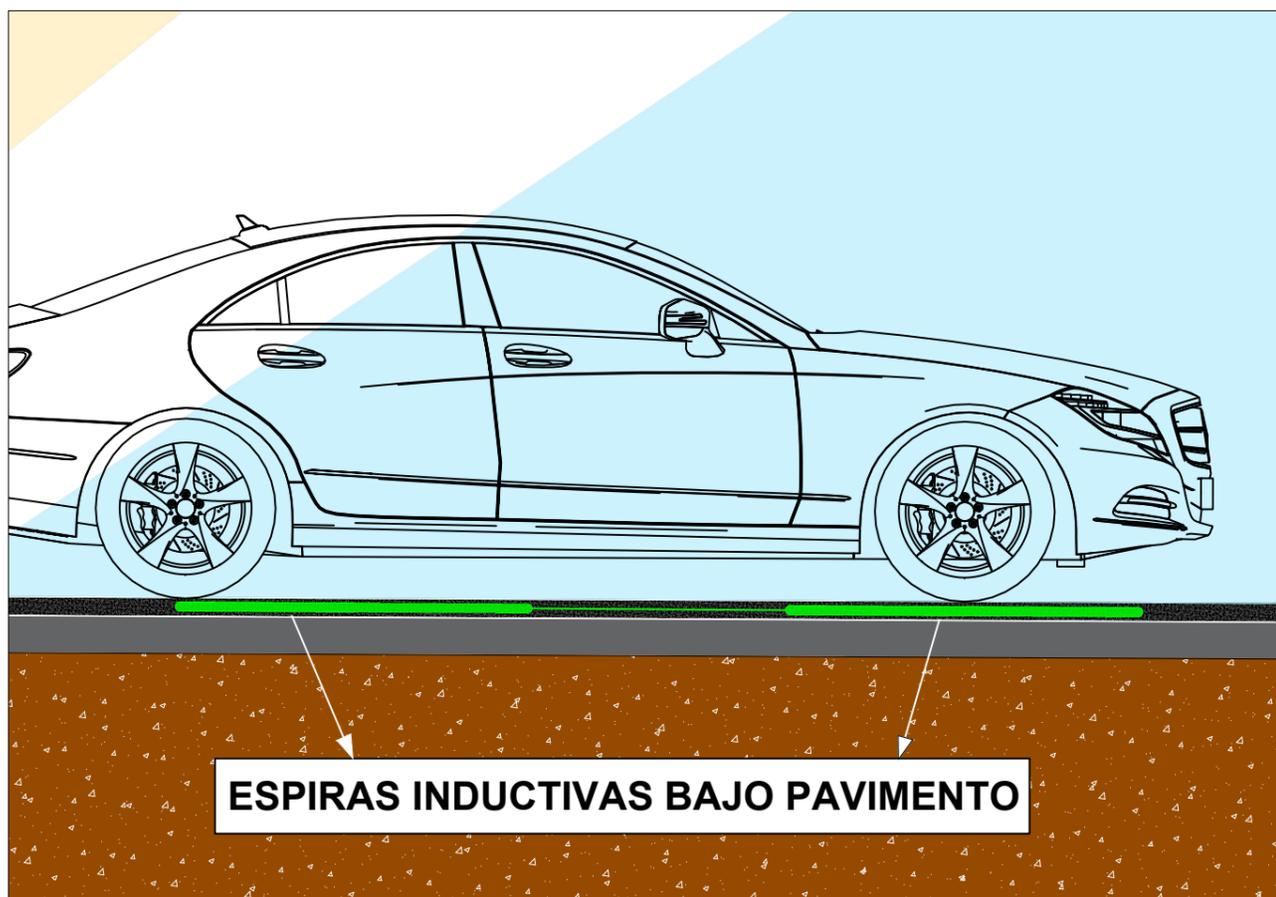
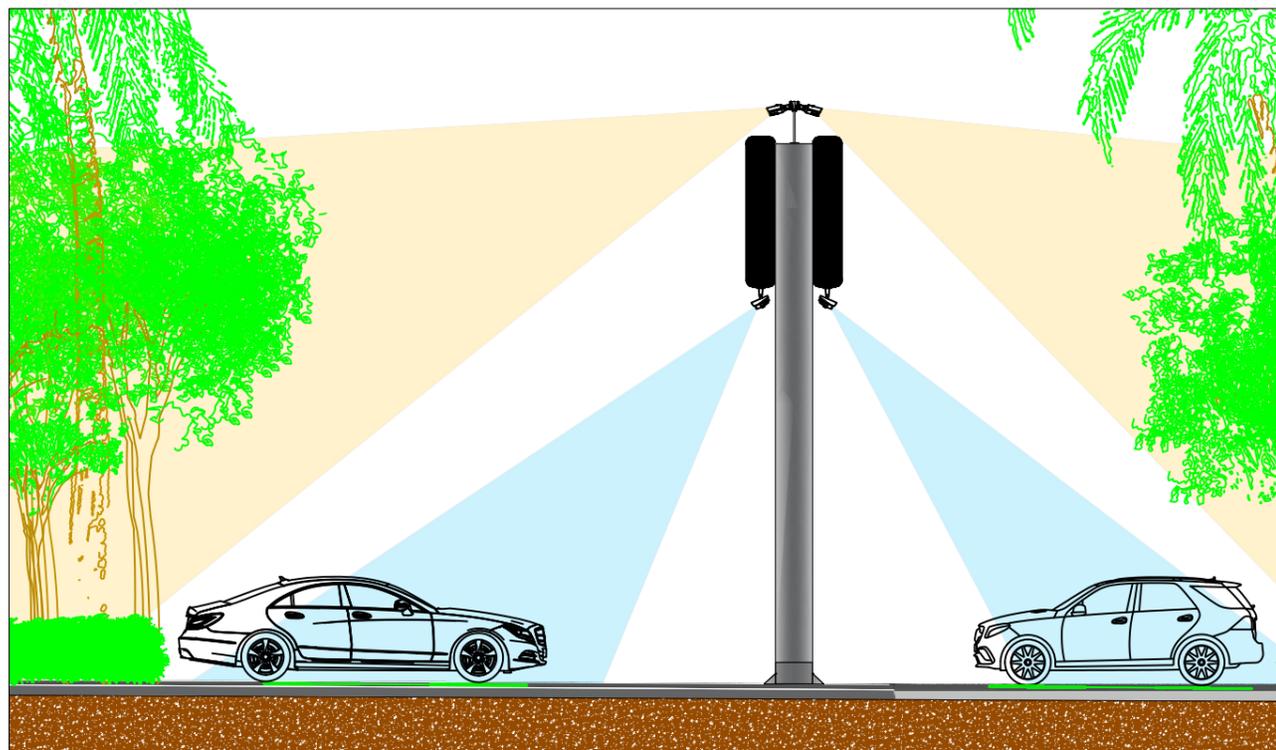
GUILLERMO GEA MARCO
guigemar@cam.upv.es

Escala 1:25



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA





 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS		Estudio para la implementación de un carril reversible para la mejora del nivel de servicio de la V-31 gestionado mediante sistemas inteligentes de transporte. Tramo V-30 - Glorieta de Los Anzuelos (Valencia).	
Plano DETALLES SISTEMA ATMS		Autor GUILLERMO GEA MARCO guigemar@cam.upv.es	
Nº Plano 13	Hoja 1 de 1	Fecha DICIEMBRE 2022	 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
Escala original en A3		Escala gráfica VARIAS ESCALAS	



4. ANEJOS

ÍNDICE DE ANEJOS

4.1. Estudio de tráfico V-31	72
4.1.1. Obtención del tráfico objeto del estudio	72
4.1.2. Evolución del tráfico en el tramo objeto de estudio	74
4.1.3. Tipo de tráfico en el tramo objeto de estudio	78
4.1.4. Obtención del nivel de servicio del tramo de estudio	79
4.1.4.1. Obtención del Nivel De Servicio 2019	79
4.1.4.2. Obtención del Nivel de Servicio 2025 sin ejecución de carril	89
4.1.4.3. Obtención del Nivel de Servicio 2035.....	98
4.1.4.4. Obtención del Nivel De Servicio 2045	108
4.1.5. Obtención del nivel de servicio del tramo de estudio con ejecución del carril reversible	117
4.1.5.1. Obtención del Nivel De Servicio 2025 con ejecución de carril.....	117
4.1.5.2. Obtención del Nivel De Servicio 2035 con ejecución de carril.....	127
4.1.5.2. Obtención del Nivel De Servicio 2045 con ejecución de carril.....	136
4.1.6. Tabla resumen Niveles de servicio	154
4.2. Descompuestos del presupuesto	156



ÍNDICE DE TABLAS ANEJOS

Tabla 1. Vehículos aforados 2009-2019. Fuente: Ministerio de Transporte, Movilidad y Agenda Urbana	73
Tabla 2. Tasa de crecimiento anual 2009-2019. Fuente: Propia	75
Tabla 3. Variación tasa anual. Fuente: Propia	75
Tabla 4. Estimación IMD 2009-2045. Fuente: Propia	76
Tabla 5. Resumen IMD 2019-2045. Fuente: Propia	78
Tabla 6. Categorías de tráfico pesado T00 a T02. Fuente: Norma 6.1 IC Secciones de Firme, de la Instrucción de Carreteras (BOE de 12 de diciembre de 2003)	78
Tabla 7. Cálculo BFFS 2019. Fuente: Propia	80
Tabla 8. Cálculo fLW. Fuente: HCM 2010	80
Tabla 9. Cálculo fLC. Fuente: HCM 2010	81
Tabla 10. Cálculo fM. Fuente: HCM 2010	81
Tabla 11. Cálculo fA. Fuente: HCM 2010	81
Tabla 12. Porcentaje elevación tramo de estudio. Fuente: Propia	83
Tabla 13. Obtención E_T subidas subtramo 1. Fuente: HCM 2010	84
Tabla 14. Obtención E_T subidas subtramo 2. Fuente: HCM 2010	84
Tabla 15. Obtención E_T subidas subtramo 3. Fuente: HCM 2010	84
Tabla 16. Obtención E_T subidas subtramo 4. Fuente: HCM 2010	85
Tabla 17. Obtención E_R subidas subtramo 1. Fuente: HCM 2010	85
Tabla 18. Obtención E_R subidas subtramo 2. Fuente: HCM 2010	85
Tabla 19. Obtención E_R subidas subtramo 3. Fuente: HCM 2010	86
Tabla 20. Obtención E_R subidas subtramo 4. Fuente: HCM 2010	86
Tabla 21. Obtención E_T bajadas subtramo 1. Fuente: HCM 2010	86
Tabla 22. Obtención E_T bajadas subtramo 2. Fuente: HCM 2010	86
Tabla 23. Obtención E_T bajadas subtramo 3. Fuente: HCM 2010	87
Tabla 24. Obtención E_T bajadas subtramo 4. Fuente: HCM 2010	87
Tabla 25. Nivel de servicio 2019. Fuente: Propia	89
Tabla 26. Cálculo BFFS. Fuente: Propia	90
Tabla 27. Cálculo fLW. Fuente: HCM 2010	90
Tabla 28. Cálculo fLC. Fuente: HCM 2010	90
Tabla 29. Cálculo fM. Fuente: HCM 2010	91
Tabla 30. Cálculo fA. Fuente: HCM 2010	91
Tabla 31. Porcentaje elevación tramo de estudio. Fuente: Propia	92
Tabla 32. Obtención E_T subidas subtramo 1. Fuente: HCM 2010	93
Tabla 33. Obtención E_T subidas subtramo 2. Fuente: HCM 2010	93



Tabla 34. Obtención E_T subidas subtramo 3. Fuente: HCM 2010.....	94
Tabla 35. Obtención E_T subidas subtramo 4. Fuente: HCM 2010.....	94
Tabla 36. Obtención E_R subidas subtramo 1. Fuente: HCM 2010.....	94
Tabla 37. Obtención E_R subidas subtramo 2. Fuente: HCM 2010.....	95
Tabla 38. Obtención E_R subidas subtramo 3. Fuente: HCM 2010.....	95
Tabla 39. Obtención E_R subidas subtramo 4. Fuente: HCM 2010.....	95
Tabla 40. Obtención E_T bajadas subtramo 1. Fuente: HCM 2010	95
Tabla 41. Obtención E_T bajadas subtramo 2. Fuente: HCM 2010	96
Tabla 42. Obtención E_T bajadas subtramo 3. Fuente: HCM 2010	96
Tabla 43. Obtención E_T bajadas subtramo 4. Fuente: HCM 2010	96
Tabla 44. Nivel de servicio 2025 sin ejecución de carril. Fuente: Propia.....	98
Tabla 45. Cálculo BFFS 2035. Fuente: Propia.....	99
Tabla 46. Cálculo fLW. Fuente: HCM 2010	99
Tabla 47. Cálculo fLC. Fuente: HCM 2010.....	99
Tabla 48. Cálculo fM. Fuente: HCM 2010	100
Tabla 49. Cálculo fA. Fuente: HCM 2010	100
Tabla 50. Porcentaje elevación tramo de estudio. Fuente: Propia	102
Tabla 51. Obtención E_T subidas subtramo 1. Fuente: HCM 2010.....	102
Tabla 52. Obtención E_T subidas subtramo 2. Fuente: HCM 2010.....	103
Tabla 53. Obtención E_T subidas subtramo 3. Fuente: HCM 2010.....	103
Tabla 54. Obtención E_T subidas subtramo 4. Fuente: HCM 2010.....	104
Tabla 55. Obtención E_R subidas subtramo 1. Fuente: HCM 2010.....	104
Tabla 56. Obtención E_R subidas subtramo 2. Fuente: HCM 2010.....	104
Tabla 57. Obtención E_R subidas subtramo 3. Fuente: HCM 2010.....	104
Tabla 58. Obtención E_R subidas subtramo 4. Fuente: HCM 2010.....	105
Tabla 59. Obtención E_T bajadas subtramo 1. Fuente: HCM 2010	105
Tabla 60. Obtención E_T bajadas subtramo 2. Fuente: HCM 2010	105
Tabla 61. Obtención E_T bajadas subtramo 3. Fuente: HCM 2010	105
Tabla 62. Obtención E_T bajadas subtramo 4. Fuente: HCM 2010	106
Tabla 63. Nivel de servicio 2035 sin ejecución de carril. Fuente: Propia.....	108
Tabla 64. Cálculo BFFS. Fuente: Propia	108
Tabla 65. Cálculo fLW. Fuente: HCM 2010	109
Tabla 66. Cálculo fLC. Fuente: HCM 2010.....	109
Tabla 67. Cálculo fM. Fuente: HCM 2010	109
Tabla 68. Cálculo fA. Fuente: HCM 2010	109
Tabla 69. Porcentaje elevación tramo de estudio. Fuente: Propia	111
Tabla 70. Obtención E_T subidas subtramo 1. Fuente: HCM 2010.....	112
Tabla 71. Obtención E_T subidas subtramo 2. Fuente: HCM 2010.....	112



Tabla 72. Obtención E_T subidas subtramo 3. Fuente: HCM 2010.....	113
Tabla 73. Obtención E_T subidas subtramo 4. Fuente: HCM 2010.....	113
Tabla 74. Obtención E_R subidas subtramo 1. Fuente: HCM 2010.....	113
Tabla 75. Obtención E_R subidas subtramo 2. Fuente: HCM 2010.....	113
Tabla 76. Obtención E_R subidas subtramo 3. Fuente: HCM 2010.....	114
Tabla 77. Obtención E_R subidas subtramo 4. Fuente: HCM 2010.....	114
Tabla 78. Obtención E_T bajadas subtramo 1. Fuente: HCM 2010	114
Tabla 79. Obtención E_T bajadas subtramo 2. Fuente: HCM 2010	114
Tabla 80. Obtención E_T bajadas subtramo 3. Fuente: HCM 2010	115
Tabla 81. Obtención E_T bajadas subtramo 4. Fuente: HCM 2010	115
Tabla 82. Nivel de servicio 2045 sin ejecución de carril. Fuente: HCM 2010	117
Tabla 83. Cálculo BFFS. Fuente: Propia	118
Tabla 84. Cálculo fLW. Fuente: HCM 2010	118
Tabla 85. Cálculo fLC. Fuente: HCM 2010.....	118
Tabla 86. Cálculo fM. Fuente: HCM 2010	119
Tabla 87. Cálculo fA. Fuente: HCM 2010	119
Tabla 88. Porcentaje elevación tramo de estudio. Fuente: Propia	121
Tabla 89. Obtención E_T subidas subtramo 1. Fuente: HCM 2010.....	121
Tabla 90. Obtención E_T subidas subtramo 2. Fuente: HCM 2010.....	122
Tabla 91. Obtención E_T subidas subtramo 3. Fuente: HCM 2010.....	122
Tabla 92. Obtención E_T subidas subtramo 4. Fuente: HCM 2010.....	122
Tabla 93. Obtención E_R subidas subtramo 1. Fuente: HCM 2010.....	123
Tabla 94. Obtención E_R subidas subtramo 2. Fuente: HCM 2010.....	123
Tabla 95. Obtención E_R subidas subtramo 3. Fuente: HCM 2010.....	123
Tabla 96. Obtención E_R subidas subtramo 4. Fuente: HCM 2010.....	123
Tabla 97. Obtención E_T bajadas subtramo 1. Fuente: HCM 2010	124
Tabla 98. Obtención E_T bajadas subtramo 2. Fuente: HCM 2010	124
Tabla 99. Obtención E_T bajadas subtramo 3. Fuente: HCM 2010	124
Tabla 100. Obtención E_T bajadas subtramo 4. Fuente: HCM 2010.....	124
Tabla 101. Nivel de servicio 2025 con ejecución de carril. Fuente: HCM 2010	126
Tabla 102. Cálculo BFFS. Fuente: Propia	127
Tabla 103. Cálculo fLW. Fuente: HCM 2010	127
Tabla 104. Cálculo fLC. Fuente: HCM 2010.....	128
Tabla 105. Cálculo fM. Fuente: HCM 2010	128
Tabla 106. Cálculo fA. Fuente: HCM 2010	128
Tabla 107. Porcentaje elevación tramo de estudio. Fuente: Propia	130
Tabla 108. Obtención E_T subidas subtramo 1. Fuente: HCM 2010.....	131
Tabla 109. Obtención E_T subidas subtramo 2. Fuente: HCM 2010.....	131



Tabla 110. Obtención E_T subidas subtramo 3. Fuente: HCM 2010.....	132
Tabla 111. Obtención E_T subidas subtramo 4. Fuente: HCM 2010.....	132
Tabla 112. Obtención E_R subidas subtramo 1. Fuente: HCM 2010.....	132
Tabla 113. Obtención E_R subidas subtramo 2. Fuente: HCM 2010.....	133
Tabla 114. Obtención E_R subidas subtramo 3. Fuente: HCM 2010.....	133
Tabla 115. Obtención E_R subidas subtramo 4. Fuente: HCM 2010.....	133
Tabla 116. Obtención E_T bajadas subtramo 1. Fuente: HCM 2010.....	133
Tabla 117. Obtención E_T bajadas subtramo 2. Fuente: HCM 2010.....	134
Tabla 118. Obtención E_T bajadas subtramo 3. Fuente: HCM 2010.....	134
Tabla 119. Obtención E_T bajadas subtramo 4. Fuente: HCM 2010.....	134
Tabla 120. Nivel de servicio 2035 con ejecución de carril. Fuente: HCM 2010.....	136
Tabla 121. Cálculo BFFS. Fuente: Propia	137
Tabla 122. Cálculo fLW. Fuente: HCM 2010	137
Tabla 123. Cálculo fLC. Fuente: HCM 2010.....	137
Tabla 124. Cálculo fM. Fuente: HCM 2010	138
Tabla 125. Cálculo fA. Fuente: HCM 2010	138
Tabla 126. Porcentaje elevación tramo de estudio. Fuente: Propia	140
Tabla 127. Obtención E_T subidas subtramo 1. Fuente: HCM 2010.....	141
Tabla 128. Obtención E_T subidas subtramo 2. Fuente: HCM 2010.....	141
Tabla 129. Obtención E_T subidas subtramo 3. Fuente: HCM 2010.....	142
Tabla 130. Obtención E_T subidas subtramo 4. Fuente: HCM 2010.....	142
Tabla 131. Obtención E_R subidas subtramo 1. Fuente: HCM 2010.....	142
Tabla 132. Obtención E_R subidas subtramo 2. Fuente: HCM 2010.....	142
Tabla 133. Obtención E_R subidas subtramo 3. Fuente: HCM 2010.....	142
Tabla 134. Obtención E_R subidas subtramo 4. Fuente: HCM 2010.....	143
Tabla 135. Obtención E_T bajadas subtramo 1. Fuente: HCM 2010.....	143
Tabla 136. Obtención E_T bajadas subtramo 2. Fuente: HCM 2010.....	143
Tabla 137. Obtención E_T bajadas subtramo 3. Fuente: HCM 2010.....	143
Tabla 138. Obtención E_T bajadas subtramo 4. Fuente: HCM 2010.....	143
Tabla 139. Nivel de servicio 2045 con ejecución de carril. Fuente: HCM 2010.....	146
Tabla 140. Cálculo BFFS. Fuente: Propia	146
Tabla 141. Cálculo fLW. Fuente: HCM 2010	147
Tabla 142. Cálculo fLC. Fuente: HCM 2010.....	147
Tabla 143. Cálculo fM. Fuente: HCM 2010	147
Tabla 144. Cálculo fA. Fuente: HCM 2010	148
Tabla 145. Porcentaje elevación tramo de estudio. Fuente: Propia	149
Tabla 146. Obtención E_T subidas subtramo 1. Fuente: HCM 2010.....	150
Tabla 147. Obtención E_T subidas subtramo 2. Fuente: HCM 2010.....	150



Tabla 148. Obtención E_T subidas subtramo 3. Fuente: HCM 2010.....	151
Tabla 149. Obtención E_T subidas subtramo 4. Fuente: HCM 2010.....	151
Tabla 150. Obtención E_R subidas subtramo 1. Fuente: HCM 2010.....	151
Tabla 151. Obtención E_R subidas subtramo 2. Fuente: HCM 2010.....	152
Tabla 152. Obtención E_R subidas subtramo 3. Fuente: HCM 2010.....	152
Tabla 153. Obtención E_R subidas subtramo 4. Fuente: HCM 2010.....	152
Tabla 154. Obtención E_T bajadas subtramo 1. Fuente: HCM 2010.....	152
Tabla 155. Obtención E_T bajadas subtramo 2. Fuente: HCM 2010.....	153
Tabla 156. Obtención E_T bajadas subtramo 3. Fuente: HCM 2010.....	153
Tabla 157. Obtención E_T bajadas subtramo 4. Fuente: HCM 2010.....	153
Tabla 158. Resumen Nivel de Servicio 2019-2045. Fuente: Propia	155



ÍNDICE DE FIGURAS ANEJOS

Figura 1. Estación de aforo V-301-0. Fuente: Ministerio de Transporte, Movilidad y Agenda Urbana.....	72
Figura 2. Evolución IMD 2009-2019. Fuente: Propia	74
Figura 3. Fórmula estimación IMD. Fuente: HCM 2010	74
Figura 4. Evolución IMD ligeros 2009-2045. Fuente: Propia	77
Figura 5. Evolución IMD pesados 2009-2045. Fuente: Propia.....	78
Figura 6. Criterios de cálculo del Nivel de Servicio según el HCM. Fuente: Propia	79
Figura 7. Obtención FFS. Fuente: HCM 2010.....	80
Figura 8. Cálculo FFS. Fuente: HCM 2010	81
Figura 9. Elección curva FFS. Fuente: HCM 2010.....	82
Figura 10. Perfil de elevación tramo de estudio. Fuente: Google Earth.....	82
Figura 11. Obtención Vp. Fuente: HCM 2010	83
Figura 12. Obtención f_{HV} . Fuente: HCM 2010	83
Figura 13. Cálculo f_{HV} . Fuente: HCM 2010	87
Figura 14. Cálculo Vp. Fuente: HCM 2010	88
Figura 15. Comprobación vía no saturada. Fuente: HCM 2010.....	88
Figura 16. Obtención densidad de la vía. Fuente: HCM 2010	88
Figura 17. Cálculo densidad de la vía. Fuente: HCM 2010	89
Figura 18. Cálculo FFS. Fuente: HCM 2010.....	91
Figura 19. Cálculo FFS. Fuente: HCM 2010.....	92
Figura 20. Perfil de elevación tramo de estudio. Fuente: Google Earth.....	92
Figura 21. Obtención de Vp. Fuente: HCM 2010.....	93
Figura 22. Obtención f_{HV} . Fuente: HCM 2010	93
Figura 23. Cálculo f_{HV} . Fuente: HCM 2010	96
Figura 24. Cálculo Vp. Fuente: HCM 2010	97
Figura 25. Comprobación vía no saturada. Fuente: HCM 2010.....	97
Figura 26. Obtención densidad de la vía. Fuente: HCM 2010	97
Figura 27. Cálculo densidad de la vía. Fuente: HCM 2010	98
Figura 28. Cálculo FFS. Fuente: HCM 2010.....	100
Figura 29. Elección curva FFS. Fuente: HCM 2010.....	101
Figura 30. Perfil de elevación tramo de estudio. Fuente: Google Earth.....	101
Figura 31. Obtención Vp. Fuente: HCM 2010.....	102
Figura 32. Obtención f_{HV} . Fuente: HCM 2010.....	102
Figura 33. Cálculo f_{HV} . Fuente: HCM 2010	106
Figura 34. Cálculo Vp. Fuente: HCM 2010	106



Figura 35. Comprobación vía no saturada. Fuente: HCM 2010.....	107
Figura 36. Obtención densidad de la vía. Fuente: HCM 2010	107
Figura 37. Cálculo densidad de la vía. Fuente: HCM 2010	107
Figura 38. Obtención FFS. Fuente: HCM 2010.....	108
Figura 39. Cálculo FFS. Fuente: Propia	110
Figura 40. Elección curva FFS. Fuente: Propia	110
Figura 41. Perfil de elevación tramo de estudio. Fuente: Google Earth.....	111
Figura 42. Obtención V_p . Fuente: HCM 2010.....	111
Figura 43. Obtención f_{HV} . Fuente: HCM 2010.....	111
Figura 44. Cálculo f_{HV} . Fuente: HCM 2010	115
Figura 45. Cálculo V_p . Fuente: HCM 2010	116
Figura 46. Comprobación vía no saturada. Fuente: HCM 2010.....	116
Figura 47. Obtención densidad de la vía. Fuente: HCM 2010	116
Figura 48. Cálculo densidad de la vía. Fuente: HCM 2010	116
Figura 49. Obtención FFS. Fuente: HCM 2010.....	118
Figura 50. Cálculo FFS. Fuente: HCM 2010.....	119
Figura 51. Elección curva FFS. Fuente: HCM 2010.....	120
Figura 52. Perfil de elevación tramo de estudio. Fuente: Google Earth.....	120
Figura 53. Obtención V_p . Fuente: HCM 2010.....	121
Figura 54. Obtención f_{HV} . Fuente: HCM 2010.....	121
Figura 55. Cálculo f_{HV} . Fuente: HCM 2010	125
Figura 56. Cálculo V_p . Fuente: HCM 2010	125
Figura 57. Comprobación vía no saturada. Fuente: HCM 2010.....	126
Figura 58. Obtención densidad de la vía. Fuente: HCM 2010	126
Figura 59. Cálculo densidad de la vía. Fuente: HCM 2010	126
Figura 60. Cálculo FFS. Fuente: HCM 2010.....	128
Figura 61. Elección curva FFS. Fuente: HCM 2010.....	129
Figura 62. Perfil de elevación tramo de estudio. Fuente: Google Earth.....	130
Figura 63. Obtención V_p . Fuente: HCM 2010.....	130
Figura 64. Obtención f_{HV} . Fuente: HCM 2010.....	131
Figura 65. Cálculo f_{HV} . Fuente: HCM 2010	134
Figura 66. Cálculo V_p . Fuente: HCM 2010	135
Figura 67. Comprobación vía no saturada. Fuente: HCM 2010.....	135
Figura 68. Obtención densidad de la vía. Fuente: HCM 2010	135
Figura 69. Cálculo densidad de la vía. Fuente: HCM 2010	136
Figura 70. Obtención FFS. Fuente: HCM 2010.....	137
Figura 71. Cálculo FFS. Fuente: HCM 2010.....	138
Figura 72. Elección curva FFS. Fuente: HCM 2010.....	139



Figura 73. Perfil de elevación tramo de estudio. Fuente: Google Earth.....	139
Figura 74. Obtención V_p . Fuente: HCM 2010.....	140
Figura 75. Obtención f_{HV} . Fuente: HCM 2010.....	140
Figura 76. Cálculo f_{HV} . Fuente: HCM 2010.....	144
Figura 77. Cálculo V_p . Fuente: HCM 2010.....	144
Figura 78. Comprobación vía no saturada. Fuente: HCM 2010.....	145
Figura 79. Obtención densidad de la vía. Fuente: HCM 2010.....	145
Figura 80. Cálculo densidad de la vía. Fuente: HCM 2010.....	145
Figura 81. Obtención FFS. Fuente: HCM 2010.....	147
Figura 82. Cálculo FFS. Fuente: HCM 2010.....	148
Figura 83. Elección curva FFS. Fuente: HCM 2010.....	148
Figura 84. Perfil de elevación tramo de estudio. Fuente: Google Earth.....	149
Figura 85. Obtención V_p . Fuente: HCM 2010.....	150
Figura 86. Obtención f_{HV} . Fuente: HCM 2010.....	150
Figura 87. Cálculo f_{HV} . Fuente: HCM 2010.....	153
Figura 88. Cálculo V_p . Fuente: HCM 2010.....	154
Figura 89. Comprobación vía no saturada. Fuente: HCM 2010.....	154

4.1. Estudio de tráfico V-31

El objeto de este estudio es determinar la intensidad de tráfico existente en el tramo escogido sobre el que se tiene previsto actuar, así como la obtención del Nivel de Servicio prestado por el mismo.

El estudio corresponde tanto al año de puesta en servicio como al año horizonte. Para definir la evolución del tráfico se ha partido de los datos de aforo registrados en la estación V-301-0 recopilados mediante la página web del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana.

Las conclusiones que se extraigan de este estudio serán determinantes en el posterior diseño del carril.

4.1.1. Obtención del tráfico objeto del estudio

El tramo de estudio discurre desde el P.K 12+750 de la V-31 hasta la Glorieta de Los Anzuelos situada en la entrada Sur de Valencia, obteniendo una longitud de estudio de 1275 metros.

La estación de aforo más cercana al tramo, la V-301-0, la encontramos a la altura del municipio de Beniparrell. Se trata de una estación de aforo permanente de la que existen datos desde el año 2000.



Figura 1. Estación de aforo V-301-0. Fuente: Ministerio de Transporte, Movilidad y Agenda Urbana

Se podría utilizar como fuente de datos de aforo, pero su relativa lejanía al tramo de estudio hace que en el recorrido desde Beniparrell hasta la zona de estudio, se

produzcan salidas e incorporaciones de vehículos a la vía principal que modifiquen estos datos. Por lo anterior, se utilizarán los datos obtenidos del Ministerio de Transporte, Movilidad y Agenda Urbana. Se utilizará por tanto el IMD hasta el año 2019 al ser el último año representativo.

A continuación se recogen los datos de aforo referentes a la zona de estudio desde el 2009 hasta 2019:

Año	Datos aforos				
	IMD (veh/día) Media anual	IMD Ligeros	IMD Pesados	% Ligeros	% Pesados
2019	65.781	61.108	4.673	93	7
2018	63.581	59.131	4.451	93	7
2017	64.751	60.866	3.885	94	6
2016	62.793	59.026	3.768	94	6
2015	61.803	58.095	3.708	94	6
2014	60.205	56.593	3.612	94	6
2013	58.629	55.111	3.518	94	6
2012	59.655	55.479	4.176	93	7
2011	62.207	57.852	4.354	93	7
2010	49.983	44.485	5.498	89	11
2009	50.982	45.374	5.608	89	11

Tabla 1. Vehículos aforados 2009-2019. Fuente: Ministerio de Transporte, Movilidad y Agenda Urbana

En el siguiente gráfico observamos la evolución de la IMD total, añadiendo vehículos tanto ligeros como pesados, reflejando un análisis global del IMD desde 2009 hasta 2019:

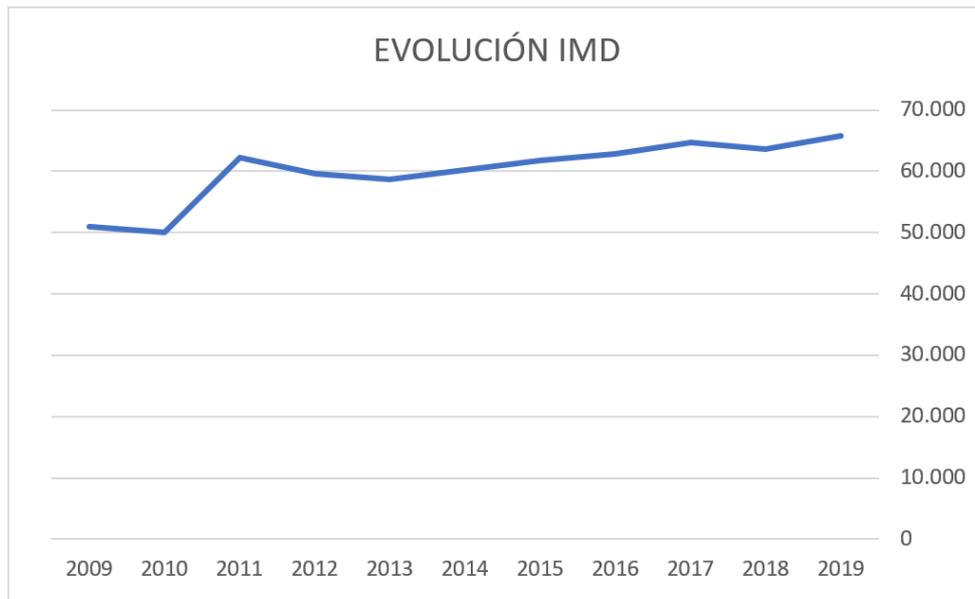


Figura 2. Evolución IMD 2009-2019. Fuente: Propia

4.1.2. Evolución del tráfico en el tramo objeto de estudio

Partiendo de los datos de aforos anteriormente descritos, se pueden estimar las IMDs correspondientes al año de puesta en servicio y al año horizonte de la carretera objeto del presente estudio.

Dado que se estima que la puesta en servicio se produzca en 2025, el año horizonte será 2045.

Considerando que la IMD tiene una tasa de variación anual constante, se puede obtener la IMD^N correspondiente al año N a partir de una IMD de referencia que en este caso es la medida en el aforo del año 2019. Para ello se emplea la expresión:

$$IMD^N = IMD^{2019} \cdot (1 + r)^p$$

Figura 3. Fórmula estimación IMD. Fuente: HCM 2010

Donde:

IMD^{2019} es la Intensidad Media Diaria de vehículos medida en 2019

r es la tasa de crecimiento anual de tráfico estimada entre el año del aforo y el año en el que se desea conocer la nueva IMD, en tanto por uno

p es el período comprendido entre el año de referencia y el año en el que se desea conocer la nueva IMD, en años

En cuanto a la tasa de crecimiento anual del tráfico de vehículos, para determinar su valor se va a analizar la evolución del tráfico en los últimos 10 años de los que se tienen datos de aforo, es decir, entre 2009 y 2019.

Año	Aforos			
	IMDL	Δ Tasa anual (%)	IMDP	Δ Tasa anual (%)
2019	61.108	3,34	4.673	4,99
2018	59.131	-2,85	4.451	14,56
2017	60.866	3,12	3.885	3,12
2016	59.026	1,60	3.768	1,60
2015	58.095	2,65	3.708	2,65
2014	56.593	2,69	3.612	2,69
2013	55.111	-0,66	3.518	-15,76
2012	55.479	-4,10	4.176	-4,10
2011	57.852	30,05	4.354	-20,80
2010	44.485	-1,96	5.498	-1,96
2009	45.374		5.608	

Tabla 2. Tasa de crecimiento anual 2009-2019. Fuente: Propia

A partir de los datos de crecimiento recogidos en las tablas anteriores (Δ tasa anual), se obtiene la variación media de tráfico en tres intervalos de tiempo: a lo largo de 11 años considerados en el análisis, a lo largo de los últimos 5 años y a lo largo de los últimos 3 años.

Período	Δ Tasa anual	
	IMDL	IMDP
2009/2019	3,39	-1,30
2015/2019	1,57	5,39
2017/2019	1,20	7,56
Media	2,05	3,88

Tabla 3. Variación tasa anual. Fuente: Propia

Como puede observarse, la IMD aumenta de forma global en todos los intervalos de tiempo considerados, excepto en el intervalo 2009/2019 para vehículos pesados. Se producen crecimientos negativos en los años 2010,2012,2013 y 2018 para vehículos ligeros y en 2010, 2011, 2012 y 2013 para vehículos pesados.

Teniendo en cuenta lo anterior, se ha considerado una tasa de crecimiento para la IMD de 1,44% desde el año 2019 hasta 2045, el año horizonte, según fija la *Orden FOM/3317/2010, de 17 de diciembre*, por la que se aprueba la *Instrucción sobre las medidas específicas para la mejora de la eficiencia en la ejecución de las obras públicas de infraestructuras ferroviarias, carreteras y aeropuertos del Ministerio de Fomento*.

Aplicando dicha tasa de crecimiento se obtiene la siguiente tabla:

EVOLUCIÓN IMD				
IMDL		IMDP		IMD TOTAL
2009	45.374	2009	5.608	50.982
2010	44.485	2010	5.498	49.983
2011	57.852	2011	4.354	62.207
2012	55.479	2012	4.176	59.655
2013	55.111	2013	3.518	58.629
2014	56.593	2014	3.612	60.205
2015	58.095	2015	3.708	61.803
2016	59.026	2016	3.768	62.793
2017	60.866	2017	3.885	64.751
2018	59.131	2018	4.451	63.581
2019	61.108	2019	4.673	65.781
2020	61.988	2020	4.740	66.728
2021	62.881	2021	4.809	67.689
2022	63.786	2022	4.878	68.664
2023	64.705	2023	4.948	69.653
2024	65.636	2024	5.019	70.656
2025	66.581	2025	5.092	71.673
2026	67.540	2026	5.165	72.705
2027	68.513	2027	5.239	73.752
2028	69.499	2028	5.315	74.814
2029	70.500	2029	5.391	75.891
2030	71.515	2030	5.469	76.984
2031	72.545	2031	5.548	78.093
2032	73.590	2032	5.628	79.217
2033	74.650	2033	5.709	80.358
2034	75.725	2034	5.791	81.515
2035	76.815	2035	5.874	82.689
2036	77.921	2036	5.959	83.880
2037	79.043	2037	6.045	85.088
2038	80.181	2038	6.132	86.313
2039	81.336	2039	6.220	87.556
2040	82.507	2040	6.309	88.817
2041	83.695	2041	6.400	90.096
2042	84.901	2042	6.492	91.393
2043	86.123	2043	6.586	92.709
2044	87.363	2044	6.681	94.044
2045	88.621	2045	6.777	95.398

Tabla 4. Estimación IMD 2009-2045. Fuente: Propia

Analizando la evolución de IMD para vehículos ligeros, observamos un salto hacia la tendencia actual de 2010 a 2011, donde el IMD pasó de ser de 44.485 a 57.852, y posteriormente desde 2012 la IMD crecería de una forma más regular como muestra el siguiente gráfico:

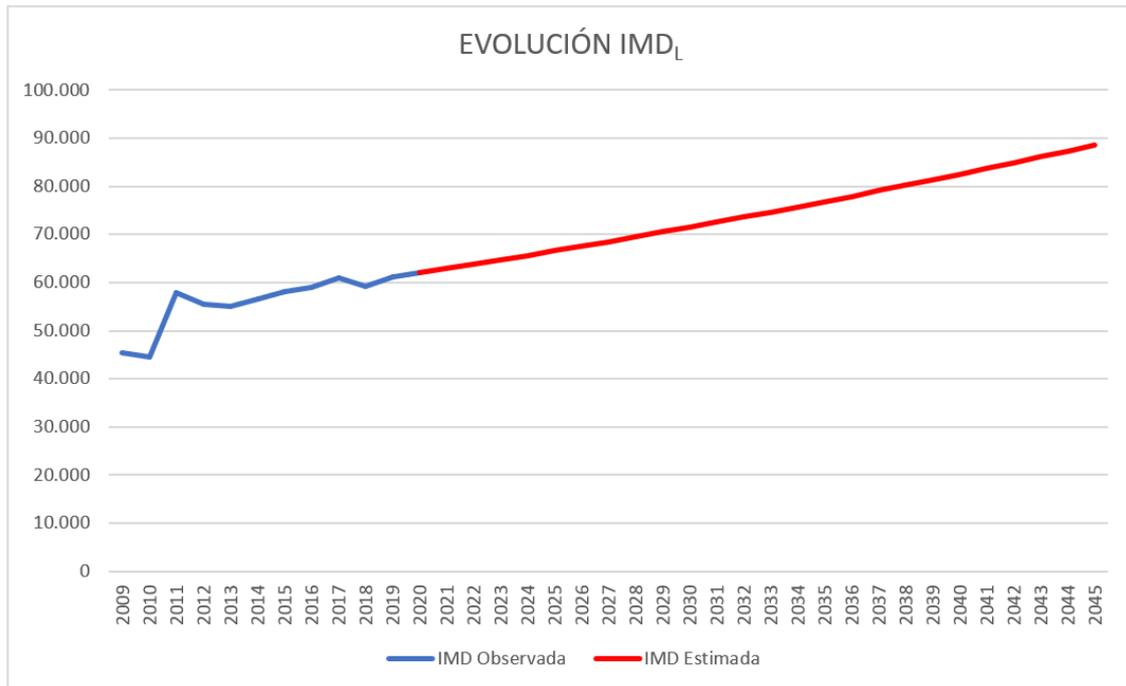


Figura 4. Evolución IMD ligeros 2009-2045. Fuente: Propia

En cuanto a los vehículos pesados, se observa que existe una mayor dispersión en la variación anual del tráfico, mostrando descensos muy acusados y crecimientos repentinos. Debido a que es una tendencia difícil de predecir, se estima un aumento de tráfico de vehículos pesados de 1.44% anual, adoptando nuevamente la cifra que nos proporciona la Orden Ministerial.

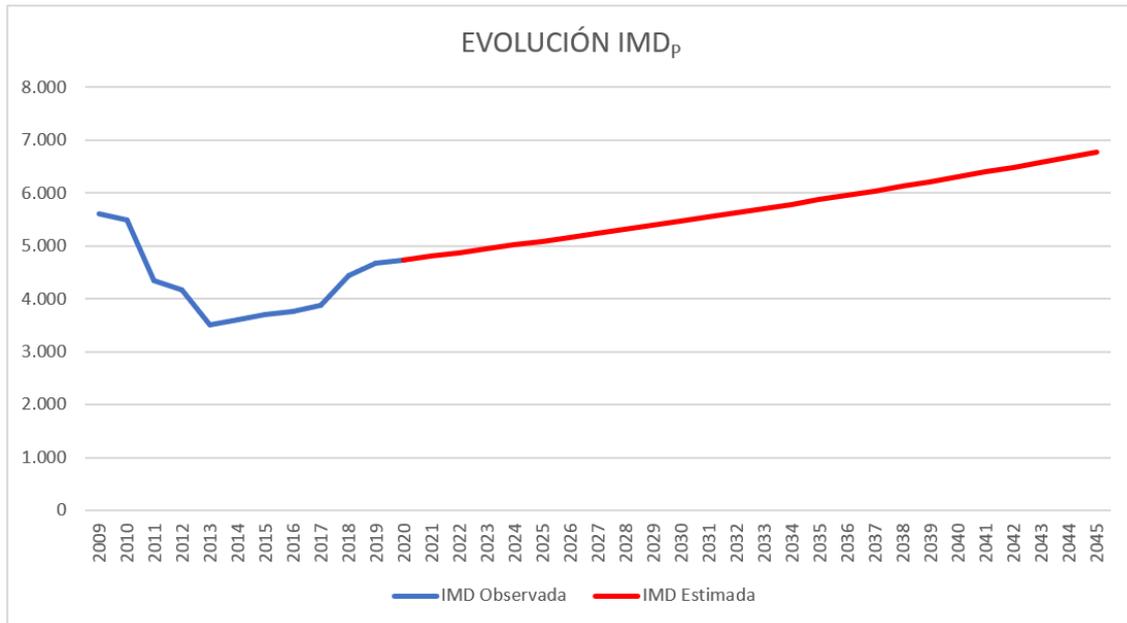


Figura 5. Evolución IMD pesados 2009-2045. Fuente: Propia

Como resumen aclaratorio de todo lo anterior, se obtienen las siguientes intensidades de tráfico:

Año	IMD _L	% Ligeros	IMD _P	% Pesados
2019 (dato de partida)	61.108	93	4.673	7
2025 (año de puesta en servicio)	66.581	93	5.092	7
2045 (año horizonte)	88.621	93	6.777	9

Tabla 5. Resumen IMD 2019-2045. Fuente: Propia

A partir de estos datos se puede obtener el Nivel de Servicio y la Capacidad de la carretera en el año de puesta en servicio y en el año horizonte, parámetros que se emplearán posteriormente para el diseño el carril.

4.1.3. Tipo de tráfico en el tramo objeto de estudio

Gracias a los datos calculados en el apartado anterior, siguiendo la tabla 1A CATEGORÍAS DE TRÁFICO PESADO T00 A T2 de la Norma 6.1 IC Secciones de Firme, de la Instrucción de Carreteras (BOE de 12 de diciembre de 2003), se obtiene una categoría de tráfico T00, pues la IMD de pesados es superior a 4000 vehículos.

TABLA 1.A. CATEGORÍAS DE TRÁFICO PESADO T00 A T2

CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO	T00	T0	T1	T2
IMD _p (vehículos pesados/día)	≥ 4 000	< 4 000 ≥ 2 000	< 2 000 ≥ 800	< 800 ≥ 200

Tabla 6. Categorías de tráfico pesado T00 a T02. Fuente: Norma 6.1 IC Secciones de Firme, de la Instrucción de Carreteras (BOE de 12 de diciembre de 2003)

4.1.4. Obtención del nivel de servicio del tramo de estudio

Para la obtención del nivel de servicio, se seguirán los criterios que dicta el capítulo 14 del Highway Capacity Manual (HCM 2010) titulado “Multiline highways”, que en español se traduce como carreteras multicarril. Se observan en el siguiente esquema:

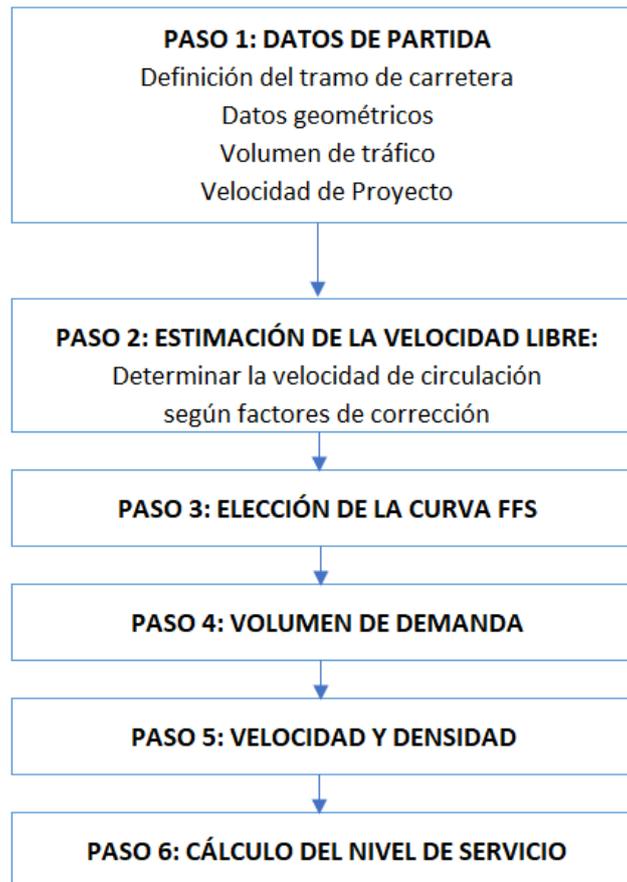


Figura 6. Criterios de cálculo del Nivel de Servicio según el HCM. Fuente: Propia

4.1.4.1. Obtención del Nivel De Servicio 2019

PASO 1: Obtención de BFFS y datos de entrada

Obtención de BFFS (Free Flow Speed Base): Siguiendo el HCM, se debe definir la velocidad de la vía y sumarle 10mi/h. Puesto que la velocidad del tramo viene dada en km/h, en primer lugar, la convertimos a mi/h y posteriormente le sumamos esas 10mi/h que dicta el HCM.

$$80 \text{ km/h} \approx 50 \text{ mi/h}$$

$$50 \text{ mi/h} + 10 \text{ mi/h} = 60 \text{ mi/h}$$

Con lo que obtenemos una BFFS de 60mi/h para todo el tramo. Una vez determinada la BFFS, extraemos los siguientes datos del tramo de estudio:

L.tramo	1275	m
Dividido con mediana?	Sí	
nº carriles x sentido	3	
FFSBase	60	mi/h
Ancho carril	11,5	ft
Visib.lateral derecha	6	ft
Ptos de acceso/mi	2	
Vol.horario pico (vph)	3289	veh/h
%Pesados	7	
%V.recreacionales	2	
PHF	0,95	
Cond. Familiariz. Via	1	

Tabla 7. Cálculo BFFS 2019. Fuente: Propia

PASO 2: Cálculo de FFS

Obtención de la velocidad de flujo libre (FFS):

$$FFS = BFFS - f_{LW} - f_{LC} - f_M - f_A$$

Figura 7.

Fuente: HCM 2010

Obtención FFS.

Donde:

BFFS = Velocidad de flujo libre base para segmentos de carreteras multicarril (mi/h)

FFS = Velocidad de flujo libre para segmento de carretera multicarril (mi/h)

f_{LW} = Factor de ajuste de ancho de carril (mi/h)

f_{LC} = Factor de ajuste de visibilidad lateral (mi/h)

f_A = Factor de ajuste por tipo de mediana (mi/h)

Cálculo de f_{LW}:

Lane Width (ft)	Reduction in FFS, f_{LW} (mi/h)
≥ 12	0.0
≥ 11-12	1.9
≥ 10-11	6.6

Tabla 8. Cálculo f_{LW}. Fuente: HCM 2010

Cálculo de f_{LC} :

Four-Lane Highways		Six-Lane Highways	
TLC (ft)	Reduction in FFS (mi/h)	TLC (ft)	Reduction in FFS (mi/h)
12	0.0	12	0.0
10	0.4	10	0.4
8	0.9	8	0.9
6	1.3	6	1.3
4	1.8	4	1.7
2	3.6	2	2.8
0	5.4	0	3.9

Note: Interpolation to the nearest 0.1 is recommended.

Tabla 9. Cálculo f_{LC} . Fuente: HCM 2010

Cálculo de f_M :

Median Type	Reduction in FFS, f_M (mi/h)
Undivided	1.6
TWLT	0.0
Divided	0.0

Tabla 10. Cálculo f_M . Fuente: HCM 2010

Cálculo de f_A :

Access-Point Density (access points/mi)	Reduction in FFS, f_A (mi/h)
0	0.0
10	2.5
20	5.0
30	7.5
≥ 40	10.0

Note: Interpolation to the nearest 0.1 is recommended.

Tabla 11. Cálculo f_A . Fuente: HCM 2010

Con lo que obtenemos una FFS de:

$$FFS = 60 - 1.9 - 0.5 \approx 58 \text{ mi/h}$$

Figura 8. Cálculo FFS. Fuente: HCM 2010

PASO 3: Selección de la curva FFS

Puesto que la FFS calculada es de 58 mi/h, nos podemos situar en la curva FFS 60 mi/h:

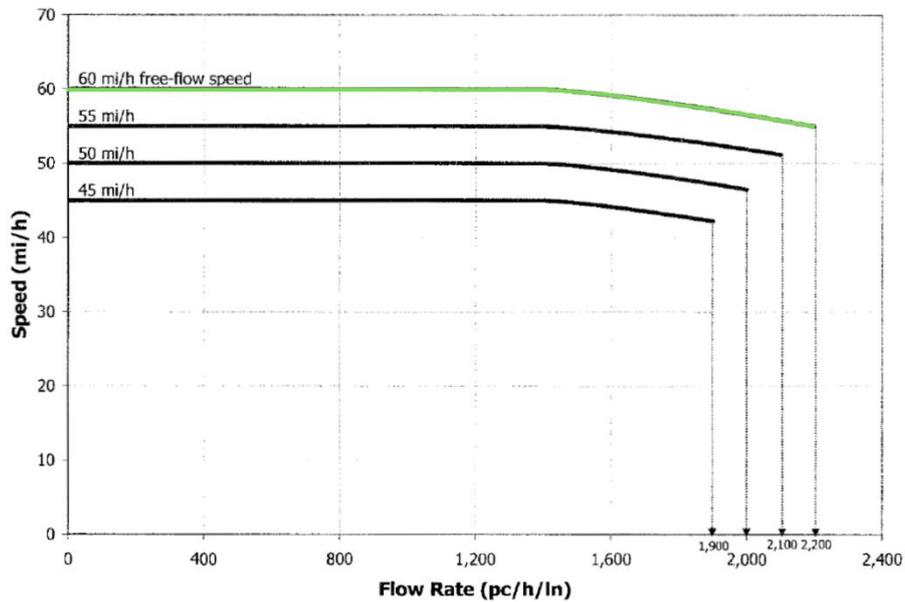


Figura 9. Elección curva FFS. Fuente: HCM 2010

PASO 4: Ajuste del volumen de demanda

En primer lugar, obtenemos el perfil de elevación del tramo y lo dividimos en subtramos en cada máximo y mínimo

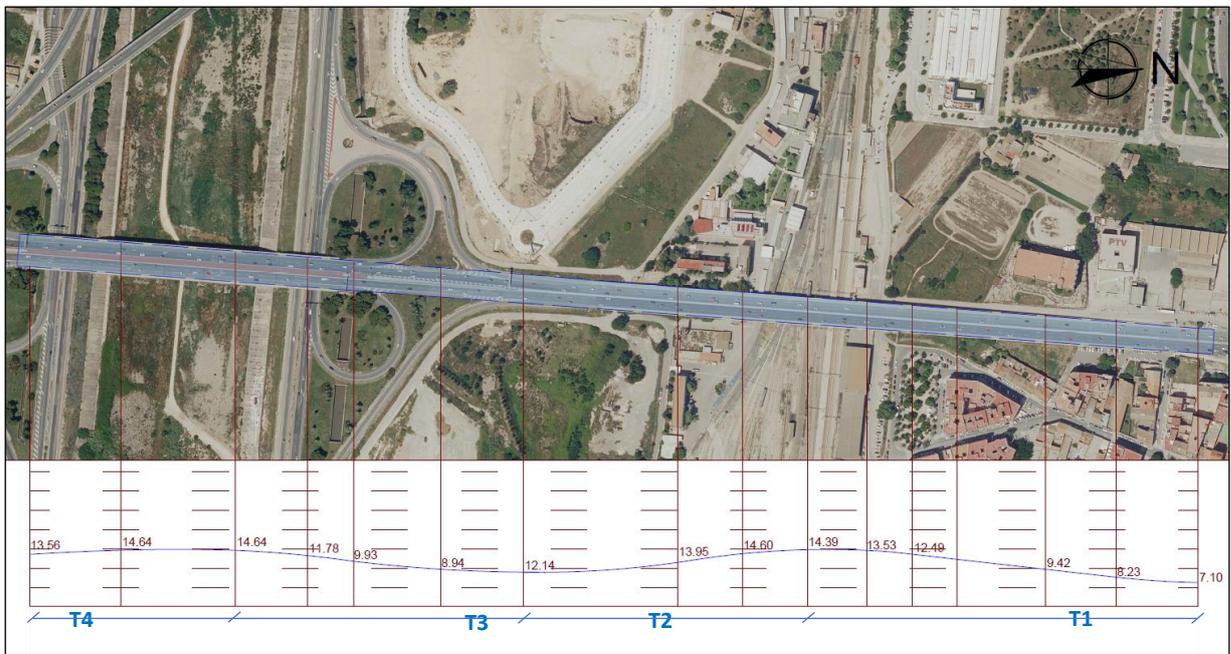


Figura 10. Perfil de elevación tramo de estudio. Fuente: Google Earth

En segundo, calculamos la distancia y el porcentaje de elevación de cada tramo.

	Elevación	Longitud	
T1	1,50%	0,29	mi
T2	2,30%	0,18	mi
T3	2%	0,2	mi
T4	1,25%	0,1	mi

Tabla 12. Porcentaje elevación tramo de estudio. Fuente: Propia

Se quiere obtener V_p :

$$V_p = \frac{V}{PHF * N * f_{HV} * f_P}$$

Figura 11. Obtención V_p . Fuente: HCM 2010

Donde:

V_p = Tasa de demanda de flujo bajo condiciones base equivalentes

V = Demanda de flujo bajo condiciones predominantes (veh/h)

PHF = Factor de hora pico

N = Número de carriles en una dirección

f_{HV} = Factor de ajuste de presencia de vehículos pesados

f_P = Factor de ajuste de presencia de vehículos recreacionales

Por lo que es necesario calcular f_{HV} y f_P .

Cálculo de f_{HV} :

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1) + P_R(E_R - 1)}$$

Figura 12. Obtención f_{HV} . Fuente: HCM 2010

Donde:

P_T = Proporción de camiones y autobuses en tráfico

E_T = Coche de pasajeros equivalente por un camión o autobús en tráfico

P_R = Proporción de vehículos recreacionales en tráfico

E_R = Coche de pasajeros equivalente por un vehículo recreacional en tráfico

Debido a que no existen tramos sin elevación, utilizaremos las tablas 14-13, 14-14, 14-15 del HCM, referidas al cálculo de los valores E_T y E_R en subidas y bajadas.

Obtención de E_T en subidas:

Tramo 1:

Percent Upgrade	Length (mi)	Proportion of Trucks and Buses									
		2%	4%	5%	6%	7%	8%	10%	15%	20%	25%
≤2	All	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
>2 - 3	0.00 - 0.25	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.25 - 0.50	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.50 - 0.75	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.75 - 1.00	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>1.00 - 1.50	2.5	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	>1.50	3.0	3.0	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
>3 - 4	0.00 - 0.25	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.25 - 0.50	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5
	>0.50 - 0.75	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	>0.75 - 1.00	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0
	>1.00 - 1.50	3.5	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5
	>1.50	4.0	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5

Tabla 13. Obtención E_T subidas subtramo 1. Fuente: HCM 2010

Tramo 2:

Percent Upgrade	Length (mi)	Proportion of Trucks and Buses									
		2%	4%	5%	6%	7%	8%	10%	15%	20%	25%
≤2	All	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
>2 - 3	0.00 - 0.25	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.25 - 0.50	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.50 - 0.75	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.75 - 1.00	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>1.00 - 1.50	2.5	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	>1.50	3.0	3.0	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
>3 - 4	0.00 - 0.25	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.25 - 0.50	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5
	>0.50 - 0.75	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	>0.75 - 1.00	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0
	>1.00 - 1.50	3.5	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5
	>1.50	4.0	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5

Tabla 14. Obtención E_T subidas subtramo 2. Fuente: HCM 2010

Tramo 3:

Percent Upgrade	Length (mi)	Proportion of Trucks and Buses									
		2%	4%	5%	6%	7%	8%	10%	15%	20%	25%
≤2	All	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
>2 - 3	0.00 - 0.25	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.25 - 0.50	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.50 - 0.75	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.75 - 1.00	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>1.00 - 1.50	2.5	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	>1.50	3.0	3.0	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
>3 - 4	0.00 - 0.25	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.25 - 0.50	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5
	>0.50 - 0.75	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	>0.75 - 1.00	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0
	>1.00 - 1.50	3.5	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5
	>1.50	4.0	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5

Tabla 15. Obtención E_T subidas subtramo 3. Fuente: HCM 2010

Tramo4:

Percent Upgrade	Length (mi)	Proportion of Trucks and Buses									
		2%	4%	5%	6%	7%	8%	10%	15%	20%	25%
≤2	All	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
>2-3	0.00 - 0.25	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.25 - 0.50	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.50 - 0.75	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.75 - 1.00	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>1.00 - 1.50	2.5	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	>1.50	3.0	3.0	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	
>3-4	0.00 - 0.25	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.25 - 0.50	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	
	>0.50 - 0.75	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	
	>0.75 - 1.00	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	
	>1.00 - 1.50	3.5	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5	
	>1.50	4.0	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5	

Tabla 16. Obtención E_T subidas subtramo 4. Fuente: HCM 2010

Obtención de E_R en subidas:

Tramo1:

Percent Upgrade	Length (mi)	Proportion of RVs									
		2%	4%	5%	6%	8%	10%	15%	20%	25%	
≤2	All	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	
>2-3	0.00 - 0.50	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	
	>0.50	3.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.2	1.2	1.2	
>3-4	0.00 - 0.25	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	
	>0.25 - 0.50	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	
	>0.50	3.0	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	

Tabla 17. Obtención E_R subidas subtramo 1. Fuente: HCM 2010

Tramo 2:

Percent Upgrade	Length (mi)	Proportion of RVs									
		2%	4%	5%	6%	8%	10%	15%	20%	25%	
≤2	All	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	
>2-3	0.00 - 0.50	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	
	>0.50	3.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.2	1.2	1.2	
>3-4	0.00 - 0.25	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	
	>0.25 - 0.50	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	
	>0.50	3.0	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	

Tabla 18. Obtención E_R subidas subtramo 2. Fuente: HCM 2010

Tramo 3:

Percent Upgrade	Length (mi)	Proportion of RVs								
		2%	4%	5%	6%	8%	10%	15%	20%	25%
≤2	All	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
>2 – 3	0.00 – 0.50	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
	>0.50	3.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.2	1.2	1.2
>3 – 4	0.00 – 0.25	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
	>0.25 – 0.50	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5
	>0.50	3.0	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5

Tabla 19. Obtención E_R subidas subtramo 3. Fuente: HCM 2010

Tramo 4:

Percent Upgrade	Length (mi)	Proportion of RVs								
		2%	4%	5%	6%	8%	10%	15%	20%	25%
≤2	All	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
>2 – 3	0.00 – 0.50	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
	>0.50	3.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.2	1.2	1.2
>3 – 4	0.00 – 0.25	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
	>0.25 – 0.50	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5
	>0.50	3.0	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5

Tabla 20. Obtención E_R subidas subtramo 4. Fuente: HCM 2010

Obtención de E_T en bajadas:

Tramo 1:

Percent Downgrade	Length of Grade (mi)	Proportion of Trucks and Buses				
		5%	7%	10%	15%	20%
≤4	All	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
4 – 5	≤4	1.5		1.5	1.5	1.5
	>4	2.0		2.0	2.0	1.5
>5 – 6	≤4	1.5		1.5	1.5	1.5
	>4	5.5		4.0	4.0	3.0
>6	≤4	1.5		1.5	1.5	1.5
	>4	7.5		6.0	5.5	4.5

Tabla 21. Obtención E_T bajadas subtramo 1. Fuente: HCM 2010

Tramo 2:

Percent Downgrade	Length of Grade (mi)	Proportion of Trucks and Buses				
		5%	7%	10%	15%	20%
≤4	All	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
4 – 5	≤4	1.5		1.5	1.5	1.5
	>4	2.0		2.0	2.0	1.5
>5 – 6	≤4	1.5		1.5	1.5	1.5
	>4	5.5		4.0	4.0	3.0
>6	≤4	1.5		1.5	1.5	1.5
	>4	7.5		6.0	5.5	4.5

Tabla 22. Obtención E_T bajadas subtramo 2. Fuente: HCM 2010

Tramo 3:

Percent Downgrade	Length of Grade (mi)	Proportion of Trucks and Buses				
		5%	7%	10%	15%	20%
<4	All	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
4 - 5	≤4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>4	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5
>5 - 6	≤4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>4	5.5	4.0	4.0	4.0	3.0
>6	≤4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>4	7.5	6.0	5.5	5.5	4.5

Tabla 23. Obtención E_T bajadas subtramo 3. Fuente: HCM 2010

Tramo 4:

Percent Downgrade	Length of Grade (mi)	Proportion of Trucks and Buses				
		5%	7%	10%	15%	20%
<4	All	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
4 - 5	≤4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>4	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5
>5 - 6	≤4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>4	5.5	4.0	4.0	4.0	3.0
>6	≤4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>4	7.5	6.0	5.5	5.5	4.5

Tabla 24. Obtención E_T bajadas subtramo 4. Fuente: HCM 2010

Obtención de E_R en bajadas:

Como indica la tabla 14-15 del HCM, E_R siempre adopta un valor de 1,2 en bajadas.

Cálculo de f_{HV} :

Debido a que los valores E_T y E_R son iguales para todos los tramos, tanto en subidas como en bajadas, se puede calcular un único f_{HV} que sirva para todos los tramos.

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + 0,07(1,5 - 1) + 0,02(1,2 - 1)} = 0.96$$

Figura 13. Cálculo f_{HV} . Fuente: HCM 2010

Obtención de f_P :

Se trata del factor de familiarización de los conductores con la vía que, a partir de las características sociales analizadas, se puede determinar un valor de 1, lo que quiere decir que los conductores están familiarizados con la vía.

Por tanto, ya se puede obtener V_p :

$$V_p = \frac{3289}{0.95 \cdot 3 \cdot 0.96 \cdot 1} = 1202 \text{ veh/h}$$

Figura 14. Cálculo V_p . Fuente: HCM 2010

Una vez hallado V_p , comprobamos que el tramo de carretera analizado no tiene Nivel de Servicio F:

Curva FFS	60
Valor saturación	2200
Valor calculado	1202
Es nivel F?	NO

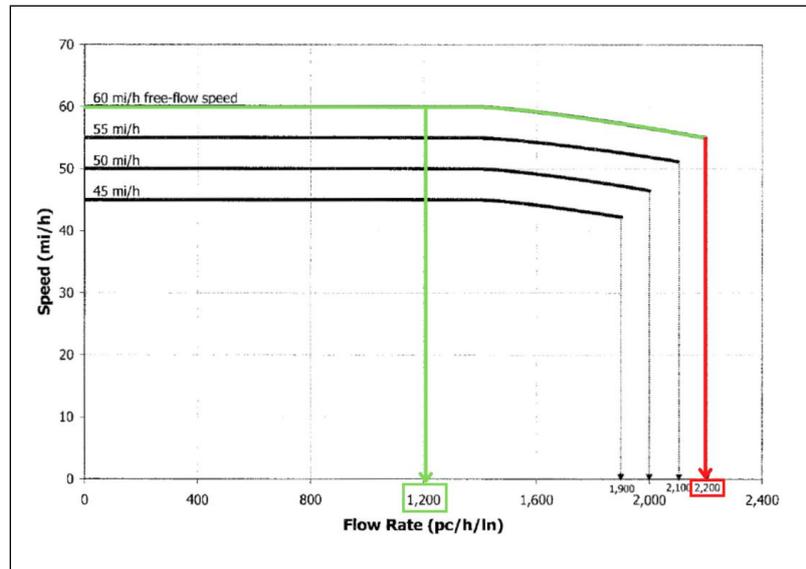


Figura 15. Comprobación vía no saturada. Fuente: HCM 2010

No es nivel F, luego podemos seguir calculando el Nivel de Servicio con el siguiente paso.

PASO 5: Velocidad y densidad estimadas

Se quiere calcular la densidad de la vía:

$$D = \frac{V_p}{S}$$

Figura 16. Obtención densidad de la vía. Fuente: HCM 2010

Donde:

D = Densidad vehicular de la vía

V_p = Volumen de demanda

S = Velocidad de la curva FFS

Obteniendo:

$$D = \frac{1202}{60} = 20,03 \text{ veh/mi}$$

Figura 17. Cálculo densidad de la vía. Fuente: HCM 2010

PASO 6: Cálculo del Nivel de Servicio

Una vez realizados todos los cálculos, se procede a estimar el Nivel de Servicio mediante la Tabla 14-4 del HCM:

LOS	FFS(mi/h)	Density(veh/mi/lane)
A	All	>0-11
B	All	>11-18
C	All	>18-26
D	All	>26-35
E	60	>35-40
	55	>35-41
	50	>35-43
	45	>35-45
F	Demand exceeds Capacity	
	60	>40
	55	>41
	50	>43
	45	>45

Tabla 25. Nivel de servicio 2019. Fuente: Propia

4.1.4.2. Obtención del Nivel de Servicio 2025 sin ejecución de carril

PASO 1: Obtención de BFFS y datos de entrada

Una vez determinada la BFFS en el apartado 3.2.3.1. *Obtención del Nivel de Servicio 2019*, de 60mi/h, no es necesario calcularla de nuevo, pues es la misma para todo el tramo objeto de estudio.

A continuación, se extraen los siguientes datos del tramo en el año 2025:

L.tramo	1275	m
Dividido con mediana?	Sí	
nº carriles x sentido	3	
FFSBase	60	mi/h
Ancho carril	11,5	ft
Visib.lateral derecha	6	ft
Ptos de acceso/mi	2	
Vol.horario pico (vph)	3584	veh/h
%Pesados	7	
%V.recreacionales	2	
PHF	0,95	
Cond. Familiariz. Via	1	

Tabla 26. Cálculo BFFS. Fuente: Propia

PASO 2: Cálculo de FFS

Obtención de la velocidad de flujo libre (FFS):

Del mismo modo que en el apartado anterior, al no existir cambios que influyan en los factores que determinan la FFS, se obtendrá el mismo valor:

Cálculo de fLW:

Lane Width (ft)	Reduction in FFS, f_{LW} (mi/h)
≥12	0.0
≥11-12	1.9
≥10-11	6.6

Tabla 27. Cálculo fLW. Fuente: HCM 2010

Cálculo de fLC:

Four-Lane Highways		Six-Lane Highways	
TLC (ft)	Reduction in FFS (mi/h)	TLC (ft)	Reduction in FFS (mi/h)
12	0.0	12	0.0
10	0.4	10	0.4
8	0.9	8	0.9
6	1.3	6	1.3
4	1.8	4	1.7
2	3.6	2	2.8
0	5.4	0	3.9

Note: Interpolation to the nearest 0.1 is recommended.

Tabla 28. Cálculo fLC. Fuente: HCM 2010

Cálculo de fM:

Median Type	Reduction in FFS, f_M (mi/h)
Undivided	1.6
TWLTL	0.0
Divided	0.0

Tabla 29. Cálculo f_M . Fuente: HCM 2010

Cálculo de f_A :

Access-Point Density (access points/mi)	Reduction in FFS, f_A (mi/h)
0	0.0
10	2.5
20	5.0
30	7.5
≥ 40	10.0

Note: Interpolation to the nearest 0.1 is recommended.

Tabla 30. Cálculo f_A . Fuente: HCM 2010

Con lo que obtenemos una FFS de:

$$FFS = 60 - 1.9 - 0.5 \approx 58 \text{ mi/h}$$

Figura 18. Cálculo FFS. Fuente: HCM 2010

PASO 3: Selección de la curva FFS

Puesto que la FFS calculada es de 58 mi/h, nos podemos situar en la curva FFS 60 mi/h:

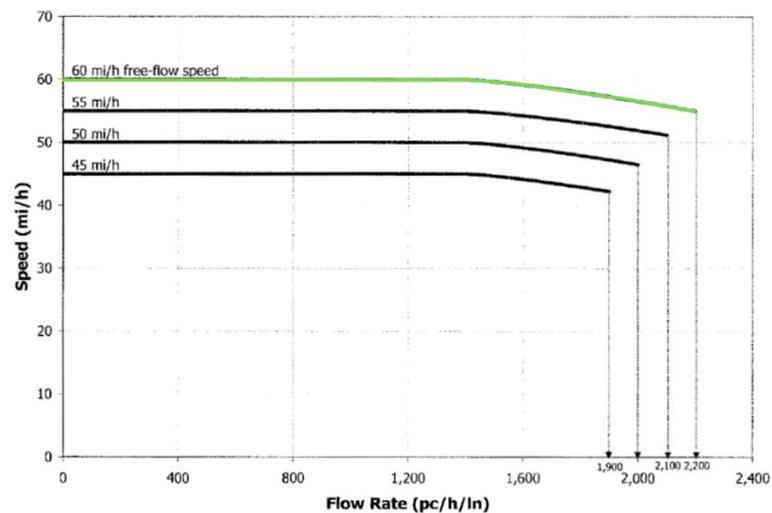


Figura 19. Cálculo FFS. Fuente: HCM 2010

PASO 4: Ajuste del volumen de demanda

Al no haber cambios en la elevación ni en la longitud del tramo, los factores de ajuste referentes a la presencia de camiones, autobuses y vehículos recreacionales permanecerán constantes, reflejando los mismos valores que en el apartado anterior. Por otro lado, los valores de Volumen Pico Horario y Número de Carriles por Sentido varían con respecto al año 2019, por lo que también variará la tasa de demanda de flujo bajo condiciones base equivalentes siendo el objetivo de cálculo del presente apartado, ya que permitirá diferenciar los valores de demanda respecto a los años anteriores y posteriores en función de la variación de los datos de entrada.

En primer lugar, obtenemos el perfil de elevación del tramo y lo dividimos en subtramos en cada máximo y mínimo:



Figura 20. Perfil de elevación tramo de estudio. Fuente: Google Earth

En segundo, calculamos la distancia y el porcentaje de elevación de cada subtramo:

	Elevación	Longitud
T1	1,50%	0,29 mi
T2	2,30%	0,18 mi
T3	2%	0,2 mi
T4	1,25%	0,1 mi

Tabla 31. Porcentaje elevación tramo de estudio. Fuente: Propia

Se quiere obtener V_p :

$$V_p = \frac{V}{PHF * N * f_{HV} * f_P}$$

Figura 21. Obtención de V_p . Fuente: HCM 2010

Para lo que se requiere el cálculo de f_{HV} :

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + PT(ET - 1) + PR(ER - 1)}$$

Figura 22. Obtención f_{HV} . Fuente: HCM 2010

Obtención de E_T en subidas:

Tramo 1:

Percent Upgrade	Length (mi)	Proportion of Trucks and Buses									
		2%	4%	5%	6%	7%	8%	10%	15%	20%	25%
≤2	All	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
>2 - 3	0.00 - 0.25	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.25 - 0.50	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.50 - 0.75	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.75 - 1.00	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>1.00 - 1.50	2.5	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	>1.50	3.0	3.0	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
>3 - 4	0.00 - 0.25	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.25 - 0.50	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	
	>0.50 - 0.75	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	
	>0.75 - 1.00	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	
	>1.00 - 1.50	3.5	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5	
	>1.50	4.0	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5	

Tabla 32. Obtención E_T subidas subtramo 1. Fuente: HCM 2010

Tramo 2:

Percent Upgrade	Length (mi)	Proportion of Trucks and Buses									
		2%	4%	5%	6%	7%	8%	10%	15%	20%	25%
≤2	All	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
>2 - 3	0.00 - 0.25	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.25 - 0.50	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.50 - 0.75	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.75 - 1.00	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>1.00 - 1.50	2.5	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	>1.50	3.0	3.0	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
>3 - 4	0.00 - 0.25	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.25 - 0.50	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	
	>0.50 - 0.75	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	
	>0.75 - 1.00	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	
	>1.00 - 1.50	3.5	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5	
	>1.50	4.0	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5	

Tabla 33. Obtención E_T subidas subtramo 2. Fuente: HCM 2010

Tramo 3:

Percent Upgrade	Length (mi)	Proportion of Trucks and Buses									
		2%	4%	5%	6%	7%	8%	10%	15%	20%	25%
≤2	All	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
>2-3	0.00-0.25	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.25-0.50	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.50-0.75	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.75-1.00	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>1.00-1.50	2.5	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
>3-4	0.00-0.25	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.25-0.50	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.50-0.75	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	>0.75-1.00	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0
	>1.00-1.50	3.5	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5
	>1.50	4.0	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5	2.5

Tabla 34. Obtención E_T subidas subtramo 3. Fuente: HCM 2010

Tramo4:

Percent Upgrade	Length (mi)	Proportion of Trucks and Buses									
		2%	4%	5%	6%	7%	8%	10%	15%	20%	25%
≤2	All	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
>2-3	0.00-0.25	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.25-0.50	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.50-0.75	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.75-1.00	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>1.00-1.50	2.5	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	>1.50	3.0	3.0	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
>3-4	0.00-0.25	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.25-0.50	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.50-0.75	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	>0.75-1.00	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0
	>1.00-1.50	3.5	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5
	>1.50	4.0	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5	2.5

Tabla 35. Obtención E_T subidas subtramo 4. Fuente: HCM 2010

Obtención de E_R en subidas:

Tramo1:

Percent Upgrade	Length (mi)	Proportion of RVs									
		2%	4%	5%	6%	8%	10%	15%	20%	25%	
≤2	All	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
>2-3	0.00-0.50	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
	>0.50	3.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.2	1.2	1.2
>3-4	0.00-0.25	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
	>0.25-0.50	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.50	3.0	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5

Tabla 36. Obtención E_R subidas subtramo 1. Fuente: HCM 2010

Tramo 2:

Percent Upgrade	Length (mi)	Proportion of RVs								
		2%	4%	5%	6%	8%	10%	15%	20%	25%
≤2	All	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
>2 - 3	0.00 - 0.50	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
	>0.50	3.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.2	1.2	1.2
>3 - 4	0.00 - 0.25	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
	>0.25 - 0.50	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5
	>0.50	3.0	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5

Tabla 37. Obtención E_R subidas subtramo 2. Fuente: HCM 2010

Tramo 3:

Percent Upgrade	Length (mi)	Proportion of RVs								
		2%	4%	5%	6%	8%	10%	15%	20%	25%
≤2	All	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
>2 - 3	0.00 - 0.50	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
	>0.50	3.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.2	1.2	1.2
>3 - 4	0.00 - 0.25	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
	>0.25 - 0.50	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5
	>0.50	3.0	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5

Tabla 38. Obtención E_R subidas subtramo 3. Fuente: HCM 2010

Tramo 4:

Percent Upgrade	Length (mi)	Proportion of RVs								
		2%	4%	5%	6%	8%	10%	15%	20%	25%
≤2	All	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
>2 - 3	0.00 - 0.50	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
	>0.50	3.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.2	1.2	1.2
>3 - 4	0.00 - 0.25	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
	>0.25 - 0.50	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5
	>0.50	3.0	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5

Tabla 39. Obtención E_R subidas subtramo 4. Fuente: HCM 2010

Obtención de E_T en bajadas:

Tramo 1:

Percent Downgrade	Length of Grade (mi)	Proportion of Trucks and Buses			
		5%	7%	10%	15%
≤4	All	1.5	1.5	1.5	1.5
4 - 5	≤4	1.5		1.5	1.5
	>4	2.0		2.0	1.5
>5 - 6	≤4	1.5		1.5	1.5
	>4	5.5		4.0	3.0
>6	≤4	1.5		1.5	1.5
	>4	7.5		6.0	4.5

Tabla 40. Obtención E_T bajadas subtramo 1. Fuente: HCM 2010

Tramo 2:

Percent Downgrade	Length of Grade (mi)	Proportion of Trucks and Buses				
		5%	7%	10%	15%	20%
<4	All	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
4 - 5	≤4	1.5		1.5	1.5	1.5
	>4	2.0		2.0	2.0	1.5
>5 - 6	≤4	1.5		1.5	1.5	1.5
	>4	5.5		4.0	4.0	3.0
>6	≤4	1.5		1.5	1.5	1.5
	>4	7.5		6.0	5.5	4.5

Tabla 41. Obtención E_T bajadas subtramo 2. Fuente: HCM 2010

Tramo 3:

Percent Downgrade	Length of Grade (mi)	Proportion of Trucks and Buses				
		5%	7%	10%	15%	20%
<4	All	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
4 - 5	≤4	1.5		1.5	1.5	1.5
	>4	2.0		2.0	2.0	1.5
>5 - 6	≤4	1.5		1.5	1.5	1.5
	>4	5.5		4.0	4.0	3.0
>6	≤4	1.5		1.5	1.5	1.5
	>4	7.5		6.0	5.5	4.5

Tabla 42. Obtención E_T bajadas subtramo 3. Fuente: HCM 2010

Tramo 4:

Percent Downgrade	Length of Grade (mi)	Proportion of Trucks and Buses				
		5%	7%	10%	15%	20%
<4	All	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
4 - 5	≤4	1.5		1.5	1.5	1.5
	>4	2.0		2.0	2.0	1.5
>5 - 6	≤4	1.5		1.5	1.5	1.5
	>4	5.5		4.0	4.0	3.0
>6	≤4	1.5		1.5	1.5	1.5
	>4	7.5		6.0	5.5	4.5

Tabla 43. Obtención E_T bajadas subtramo 4. Fuente: HCM 2010

Obtención de E_R en bajadas:

Como indica la tabla 14-15 del HCM, E_R siempre adopta un valor de 1,2 en bajadas.

Cálculo de f_{HV} :

Debido a que los valores E_T y E_R son iguales para todos los tramos, tanto en subidas como en bajadas, se puede calcular un único f_{HV} que sirva para todos los subtramos:

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + 0,07(1,5 - 1) + 0,02(1,2 - 1)} = 0.96$$

Figura 23. Cálculo f_{HV} . Fuente: HCM 2010

Obtención de f_p :

Se trata del factor de familiarización de los conductores con la vía que, a partir de las características sociales analizadas, se puede determinar un valor de 1, lo que quiere decir que los conductores están familiarizados con la vía.

Por tanto, ya se puede obtener V_p :

$$V_p = \frac{3584}{0.95 \cdot 4 \cdot 0.96 \cdot 1} = 1310 \text{ veh/h}$$

Figura 24. Cálculo V_p . Fuente: HCM 2010

Una vez hallado V_p , comprobamos que el tramo de carretera analizado no tiene Nivel de Servicio F:

Curva FFS	60
Valor saturación	2200
Valor calculado	1310
Es nivel F?	NO

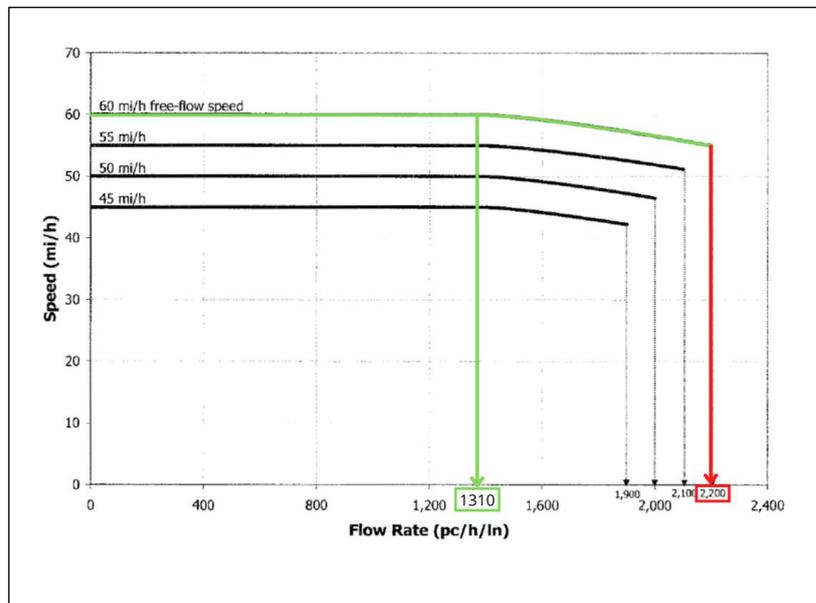


Figura 25. Comprobación vía no saturada. Fuente: HCM 2010

PASO 5: Velocidad y densidad estimadas

Se quiere calcular la densidad de la vía:

$$D = \frac{V_p}{S}$$

Figura 26. Obtención densidad de la vía. Fuente: HCM 2010

Obteniendo:

$$D = \frac{1310}{60} = 21,83 \text{ veh/mi}$$

Figura 27. Cálculo densidad de la vía. Fuente: HCM 2010

PASO 6: Cálculo del Nivel de Servicio

Una vez realizados todos los cálculos, se procede a estimar el Nivel de Servicio mediante la Tabla 14-4 del HCM:

LOS	FFS(mi/h)	Density(veh/mi/lane)
A	All	>0-11
B	All	>11-18
C	All	>18-26
D	All	>26-35
E	60	>35-40
	55	>35-41
	50	>35-43
	45	>35-45
F	Demand exceeds Capacity	
	60	>40
	55	>41
	50	>43
	45	>45

Tabla 44. Nivel de servicio 2025 sin ejecución de carril. Fuente: Propia

4.1.4.3. Obtención del Nivel de Servicio 2035

PASO 1: Obtención de BFFS y datos de entrada

Una vez determinada la BFFS en el apartado 3.2.3.1. *Obtención del Nivel de Servicio 2019*, de 60mi/h, no es necesario calcularla de nuevo, pues es la misma para todo el tramo objeto de estudio.

A continuación, se extraen los siguientes datos del tramo en el año 2035:

L.tramo	1275 m
Dividido con mediana?	Sí
nº carriles x sentido	3
FFSBase	60 mi/h
Ancho carril	11,5 ft
Visib.lateral derecha	6 ft
Ptos de acceso/mi	2
Vol.horario pico (vph)	4134 veh/h
%Pesados	7
%V.recreacionales	2
PHF	0,95
Cond. Familiariz. Via	1

Tabla 45. Cálculo BFFS 2035. Fuente: Propia

PASO 2: Cálculo de FFS

Obtención de la velocidad de flujo libre (FFS):

Del mismo modo que en el apartado anterior, al no existir cambios que influyan en los factores que determinan la FFS, se obtendrá el mismo valor:

Cálculo de f_{LW} :

Lane Width (ft)	Reduction in FFS, f_{LW} (mi/h)
≥12	0.0
≥11-12	1.9
≥10-11	6.6

Tabla 46. Cálculo f_{LW} . Fuente: HCM 2010

Cálculo de f_{LC} :

Four-Lane Highways		Six-Lane Highways	
TLC (ft)	Reduction in FFS (mi/h)	TLC (ft)	Reduction in FFS (mi/h)
12	0.0	12	0.0
10	0.4	10	0.4
8	0.9	8	0.9
6	1.3	6	1.3
4	1.8	4	1.7
2	3.6	2	2.8
0	5.4	0	3.9

Note: Interpolation to the nearest 0.1 is recommended.

Tabla 47. Cálculo f_{LC} . Fuente: HCM 2010

Cálculo de f_M :

Median Type	Reduction in FFS, f_M (mi/h)
Undivided	1.6
TWLT	0.0
Divided	0.0

Tabla 48. Cálculo f_M . Fuente: HCM 2010

Cálculo de f_A :

Access-Point Density (access points/mi)	Reduction in FFS, f_A (mi/h)
0	0.0
10	2.5
20	5.0
30	7.5
≥40	10.0

Note: Interpolation to the nearest 0.1 is recommended.

Tabla 49. Cálculo f_A . Fuente: HCM 2010

Con lo que obtenemos una FFS de:

$$FFS = 60 - 1.9 - 0.5 \approx 58 \text{ mi/h}$$

Figura 28. Cálculo FFS. Fuente: HCM 2010

PASO 3: Selección de la curva FFS

Puesto que la FFS calculada es de 58 mi/h, nos podemos situar en la curva FFS 60 mi/h:

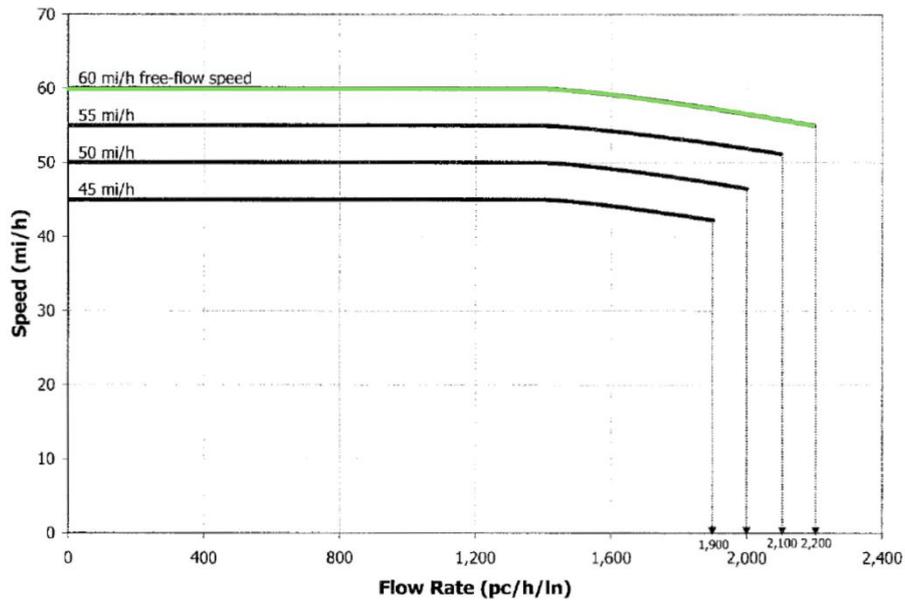


Figura 29. Elección curva FFS. Fuente: HCM 2010

PASO 4: Ajuste del volumen de demanda

Al no haber cambios en la elevación ni en la longitud del tramo, los factores de ajuste referentes a la presencia de camiones, autobuses y vehículos recreacionales permanecerán constantes, reflejando los mismos valores que en el apartado anterior. Por otro lado, los valores de Volumen Pico Horario y Número de Carriles por Sentido varían con respecto al año 2019, por lo que también variará la tasa de demanda de flujo bajo condiciones base equivalentes siendo el objetivo de cálculo del presente apartado, ya que permitirá diferenciar los valores de demanda respecto a los años anteriores y posteriores en función de la variación de los datos de entrada.

En primer lugar, obtenemos el perfil de elevación del tramo y lo dividimos en subtramos en cada máximo y mínimo:



Figura 30. Perfil de elevación tramo de estudio. Fuente: Google Earth

En segundo, calculamos la distancia y el porcentaje de elevación de cada subtramo:

	Elevación	Longitud	
T1	1,50%	0,29	mi
T2	2,30%	0,18	mi
T3	2%	0,2	mi
T4	1,25%	0,1	mi

Tabla 50. Porcentaje elevación tramo de estudio. Fuente: Propia

Se quiere obtener V_p :

$$V_p = \frac{V}{PHF * N * f_{HV} * f_P}$$

Figura 31.

Fuente: HCM 2010

Obtención V_p .

Para lo que se requiere el cálculo de f_{HV} :

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + PT(ET - 1) + PR(ER - 1)}$$

Figura 32. Obtención f_{HV} . Fuente: HCM 2010

Obtención de E_T en subidas:

Tramo 1:

Percent Upgrade	Length (mi)	Proportion of Trucks and Buses									
		2%	4%	5%	6%	7%	8%	10%	15%	20%	25%
≤2	All	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
>2 - 3	0.00 - 0.25	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.25 - 0.50	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.50 - 0.75	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.75 - 1.00	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>1.00 - 1.50	2.5	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	>1.50	3.0	3.0	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
>3 - 4	0.00 - 0.25	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.25 - 0.50	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5
	>0.50 - 0.75	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	>0.75 - 1.00	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0
	>1.00 - 1.50	3.5	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5
	>1.50	4.0	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5

Tabla 51. Obtención E_T subidas subtramo 1. Fuente: HCM 2010

Tramo 2:

Percent Upgrade	Length (mi)	Proportion of Trucks and Buses									
		2%	4%	5%	6%	7%	8%	10%	15%	20%	25%
≤2	All	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	0.00 – 0.25	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.25 – 0.50	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.50 – 0.75	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.75 – 1.00	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>1.00 – 1.50	2.5	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	>1.50	3.0	3.0	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
>2 – 3	0.00 – 0.25	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.25 – 0.50	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.50 – 0.75	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	>0.75 – 1.00	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0
	>1.00 – 1.50	3.5	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5
	>1.50	4.0	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5

Tabla 52. Obtención E_T subidas subtramo 2. Fuente: HCM 2010

Tramo 3:

Percent Upgrade	Length (mi)	Proportion of Trucks and Buses									
		2%	4%	5%	6%	7%	8%	10%	15%	20%	25%
≤2	All	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
>2 – 3	0.00 – 0.25	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.25 – 0.50	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.50 – 0.75	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.75 – 1.00	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>1.00 – 1.50	2.5	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	>1.50	3.0	3.0	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	>3 – 4	0.00 – 0.25	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
>0.25 – 0.50		2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5
>0.50 – 0.75		2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
>0.75 – 1.00		3.0	3.0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0
>1.00 – 1.50		3.5	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5
>1.50		4.0	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5

Tabla 53. Obtención E_T subidas subtramo 3. Fuente: HCM 2010

Tramo 4:

Percent Upgrade	Length (mi)	Proportion of Trucks and Buses									
		2%	4%	5%	6%	7%	8%	10%	15%	20%	25%
≤2	All	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
>2-3	0.00 - 0.25	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.25 - 0.50	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.50 - 0.75	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.75 - 1.00	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>1.00 - 1.50	2.5	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	>1.50	3.0	3.0	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	
>3-4	0.00 - 0.25	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.25 - 0.50	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	
	>0.50 - 0.75	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	
	>0.75 - 1.00	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	
	>1.00 - 1.50	3.5	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5	
	>1.50	4.0	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5	

Tabla 54. Obtención E_T subidas subtramo 4. Fuente: HCM 2010

Obtención de E_R en subidas:

Tramo 1:

Percent Upgrade	Length (mi)	Proportion of RVs									
		2%	4%	5%	6%	8%	10%	15%	20%	25%	
≤2	All	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	
>2-3	0.00 - 0.50	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	
	>0.50	3.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.2	1.2	1.2	
>3-4	0.00 - 0.25	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	
	>0.25 - 0.50	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	
	>0.50	3.0	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	

Tabla 55. Obtención E_R subidas subtramo 1. Fuente: HCM 2010

Tramo 2:

Percent Upgrade	Length (mi)	Proportion of RVs									
		2%	4%	5%	6%	8%	10%	15%	20%	25%	
≤2	All	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	
>2-3	0.00 - 0.50	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	
	>0.50	3.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.2	1.2	1.2	
>3-4	0.00 - 0.25	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	
	>0.25 - 0.50	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	
	>0.50	3.0	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	

Tabla 56. Obtención E_R subidas subtramo 2. Fuente: HCM 2010

Tramo 3:

Percent Upgrade	Length (mi)	Proportion of RVs									
		2%	4%	5%	6%	8%	10%	15%	20%	25%	
≤2	All	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	
>2-3	0.00 - 0.50	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	
	>0.50	3.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.2	1.2	1.2	
>3-4	0.00 - 0.25	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	
	>0.25 - 0.50	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	
	>0.50	3.0	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	

Tabla 57. Obtención E_R subidas subtramo 3. Fuente: HCM 2010

Tramo 4:

Percent Upgrade	Length (mi)	Proportion of RVs									
		2%	4%	5%	6%	8%	10%	15%	20%	25%	
≤2	All	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
2-3	0.00 - 0.50	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
	>0.50	3.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.2	1.2	1.2	
>3-4	0.00 - 0.25	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
	>0.25 - 0.50	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.50	3.0	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5

Tabla 58. Obtención E_R subidas subtramo 4. Fuente: HCM 2010

Obtención de E_T en bajadas:

Tramo 1:

Percent Downgrade	Length of Grade (mi)	Proportion of Trucks and Buses				
		5%	7%	10%	15%	20%
≤4	All	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
4-5	≤4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>4	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5
>5-6	≤4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>4	5.5	4.0	4.0	4.0	3.0
>6	≤4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>4	7.5	6.0	5.5	5.5	4.5

Tabla 59. Obtención E_T bajadas subtramo 1. Fuente: HCM 2010

Tramo 2:

Percent Downgrade	Length of Grade (mi)	Proportion of Trucks and Buses				
		5%	7%	10%	15%	20%
≤4	All	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
4-5	≤4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>4	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5
>5-6	≤4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>4	5.5	4.0	4.0	4.0	3.0
>6	≤4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>4	7.5	6.0	5.5	5.5	4.5

Tabla 60. Obtención E_T bajadas subtramo 2. Fuente: HCM 2010

Tramo 3:

Percent Downgrade	Length of Grade (mi)	Proportion of Trucks and Buses				
		5%	7%	10%	15%	20%
≤4	All	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
4-5	≤4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>4	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5
>5-6	≤4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>4	5.5	4.0	4.0	4.0	3.0
>6	≤4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>4	7.5	6.0	5.5	5.5	4.5

Tabla 61. Obtención E_T bajadas subtramo 3. Fuente: HCM 2010

Tramo 4:

Percent Downgrade	Length of Grade (mi)	Proportion of Trucks and Buses				
		5%	7%	10%	15%	20%
<4	All	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
4 – 5	≤4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>4	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5
>5 – 6	≤4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>4	5.5	4.0	4.0	4.0	3.0
>6	≤4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>4	7.5	6.0	5.5	5.5	4.5

Tabla 62. Obtención E_T bajadas subtramo 4. Fuente: HCM 2010

Obtención de E_R en bajadas:

Como indica la tabla 14-15 del HCM, E_R siempre adopta un valor de 1,2 en bajadas.

Cálculo de f_{HV} :

Debido a que los valores E_T y E_R son iguales para todos los tramos, tanto en subidas como en bajadas, se puede calcular un único f_{HV} que sirva para todos los subtramos:

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + 0,07(1,5 - 1) + 0,02(1,2 - 1)} = 0.96$$

Figura 33. Cálculo f_{HV} . Fuente: HCM 2010

Obtención de f_P :

Se trata del factor de familiarización de los conductores con la vía que, a partir de las características sociales analizadas, se puede determinar un valor de 1, lo que quiere decir que los conductores están familiarizados con la vía.

Por tanto, ya se puede obtener V_p :

$$V_p = \frac{4134}{0.95 * 3 * 0.96 * 1} = 1511 \text{ veh/h}$$

Figura 34. Cálculo V_p . Fuente: HCM 2010

Una vez hallado V_p , comprobamos que el tramo de carretera analizado no tiene Nivel de Servicio F:

Curva FFS	60
Valor saturación	2200
Valor calculado	1511
Es nivel F?	NO

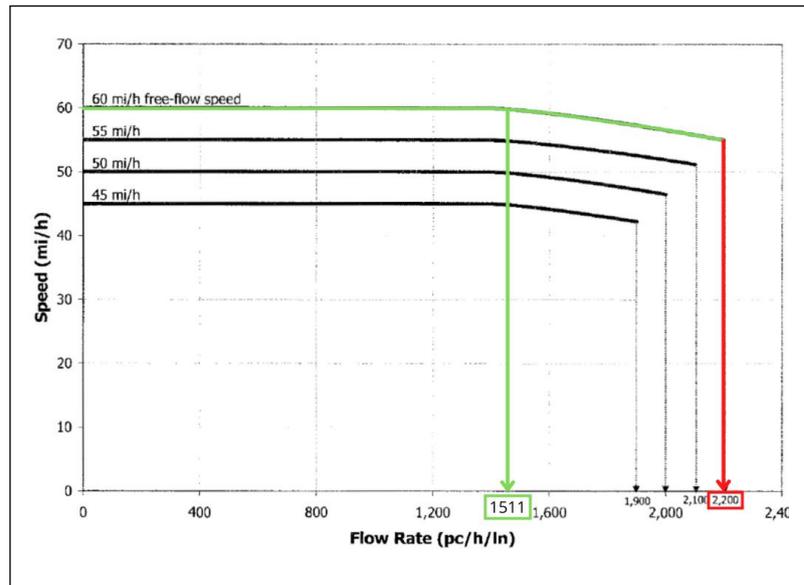


Figura 35. Comprobación vía no saturada. Fuente: HCM 2010

PASO 5: Velocidad y densidad estimadas

Se quiere calcular la densidad de la vía:

$$D = \frac{Vp}{S}$$

Figura 36. Obtención densidad de la vía. Fuente: HCM 2010

Obteniendo:

$$D = \frac{1511}{60} = 25,18 \text{ veh/mi}$$

Figura 37. Cálculo densidad de la vía. Fuente: HCM 2010

PASO 6: Cálculo del Nivel de Servicio

Una vez realizados todos los cálculos, se procede a estimar el Nivel de Servicio mediante la Tabla 14-4 del HCM:

LOS	FFS(mi/h)	Density(veh/mi/lane)
A	All	>0-11
B	All	>11-18
C	All	>18-26
D	All	>26-35
E	60	>35-40
	55	>35-41
	50	>35-43
	45	>35-45
F	Demand exceeds Capacity	
	60	>40
	55	>41
	50	>43
	45	>45

Tabla 63. Nivel de servicio 2035 sin ejecución de carril. Fuente: Propia

4.1.4.4. Obtención del Nivel De Servicio 2045

PASO 1: Obtención de BFFS y datos de entrada

Una vez determinada la BFFS en el apartado 3.2.3.1. *Obtención del Nivel de Servicio 2019*, de 60mi/h, no es necesario calcularla de nuevo, pues es la misma para todo el tramo objeto de estudio.

A continuación, se extraen los siguientes datos del tramo en el año horizonte:

L.tramo	1275	m
Dividido con mediana?	Sí	
nº carriles x sentido	3	
FFSBase	60	mi/h
Ancho carril	11,5	ft
Visib.lateral derecha	6	ft
Ptos de acceso/mi	2	
Vol.horario pico (vph)	4770	veh/h
%Pesados	7	
%V.recreacionales	2	
PHF	0,95	
Cond. Familiariz. Via	1	

Tabla 64. Cálculo BFFS. Fuente: Propia

PASO 2: Cálculo de FFS

Obtención de la velocidad de flujo libre (FFS):

$$FFS = BFFS - f_{LW} - f_{LC} - f_M - f_A$$

Figura 38. Obtención FFS. Fuente: HCM 2010

Del mismo modo que en el apartado anterior, al no existir cambios que influyan en los factores que determinan la FFS, se obtendrá el mismo valor:



Cálculo de f_{LW} :

Lane Width (ft)	Reduction in FFS, f_{LW} (mi/h)
≥ 12	0.0
$\geq 11-12$	1.9
$\geq 10-11$	6.6

Tabla 65. Cálculo f_{LW} . Fuente: HCM 2010

Cálculo de f_{LC} :

Four-Lane Highways		Six-Lane Highways	
TLC (ft)	Reduction in FFS (mi/h)	TLC (ft)	Reduction in FFS (mi/h)
12	0.0	12	0.0
10	0.4	10	0.4
8	0.9	8	0.9
6	1.3	6	1.3
4	1.8	4	1.7
2	3.6	2	2.8
0	5.4	0	3.9

Note: Interpolation to the nearest 0.1 is recommended.

Tabla 66. Cálculo f_{LC} . Fuente: HCM 2010

Cálculo de f_M :

Median Type	Reduction in FFS, f_M (mi/h)
Undivided	1.6
TWLT	0.0
Divided	0.0

Tabla 67. Cálculo f_M . Fuente: HCM 2010

Cálculo de f_A :

Access-Point Density (access points/mi)	Reduction in FFS, f_A (mi/h)
0	0.0
10	2.5
20	5.0
30	7.5
≥ 40	10.0

Note: Interpolation to the nearest 0.1 is recommended.

Tabla 68. Cálculo f_A . Fuente: HCM 2010

Con lo que obtenemos una FFS de:

$$FFS = 60 - 1.9 - 0.5 \approx 58 \text{ mi/h}$$

Figura 39. Cálculo FFS. Fuente: Propia

PASO 3: Selección de la curva FFS

Puesto que la FFS calculada es de 58 mi/h, nos podemos situar en la curva FFS 60 mi/h:

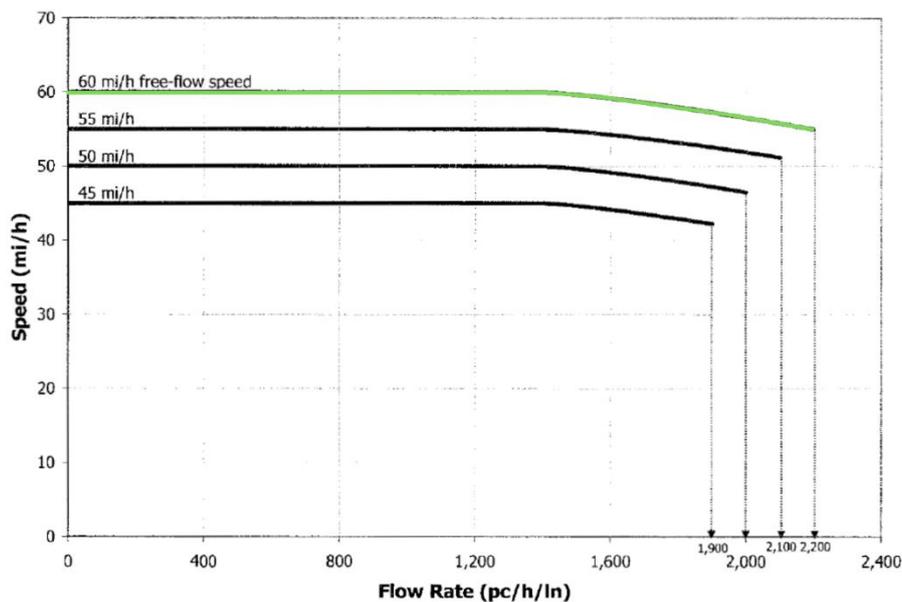


Figura 40. Elección curva FFS. Fuente: Propia

PASO 4: Ajuste del volumen de demanda

Al no haber cambios en la elevación ni en la longitud del tramo, los factores de ajuste referentes a la presencia de camiones, autobuses y vehículos recreacionales permanecerán constantes, reflejando los mismos valores que en el apartado anterior. Por otro lado, los valores de Volumen Pico Horario y Número de Carriles por Sentido varían con respecto al año 2019, por lo que también variará la tasa de demanda de flujo bajo condiciones base equivalentes siendo el objetivo de cálculo del presente apartado, ya que permitirá diferenciar los valores de demanda respecto a los años anteriores y posteriores en función de la variación de los datos de entrada.

En primer lugar, obtenemos el perfil de elevación del tramo y lo dividimos en subtramos en cada máximo y mínimo:



Figura 41. Perfil de elevación tramo de estudio. Fuente: Google Earth

En segundo, calculamos la distancia y el porcentaje de elevación de cada subtramo:

	Elevación	Longitud
T1	1,50%	0,29 mi
T2	2,30%	0,18 mi
T3	2%	0,2 mi
T4	1,25%	0,1 mi

Tabla 69. Porcentaje elevación tramo de estudio. Fuente: Propia

Se quiere obtener V_p :

$$V_p = \frac{V}{PHF * N * f_{HV} * f_P}$$

Figura 42. Obtención V_p . Fuente: HCM 2010

Para lo que se requiere el cálculo de f_{HV} :

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + PT(ET - 1) + PR(ER - 1)}$$

Figura 43. Obtención f_{HV} . Fuente: HCM 2010

Obtención de E_T en subidas:

Tramo 1:

Percent Upgrade	Length (mi)	Proportion of Trucks and Buses									
		2%	4%	5%	6%	7%	8%	10%	15%	20%	25%
≤2	All	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
>2-3	0.00-0.25	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.25-0.50	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.50-0.75	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.75-1.00	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>1.00-1.50	2.5	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	>1.50	3.0	3.0	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
>3-4	0.00-0.25	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.25-0.50	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.50-0.75	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	>0.75-1.00	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0
	>1.00-1.50	3.5	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5
	>1.50	4.0	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5

Tabla 70. Obtención E_T subidas subtramo 1. Fuente: HCM 2010

Tramo 2:

Percent Upgrade	Length (mi)	Proportion of Trucks and Buses									
		2%	4%	5%	6%	7%	8%	10%	15%	20%	25%
≤2	All	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
>2-3	0.00-0.25	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.25-0.50	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.50-0.75	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.75-1.00	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>1.00-1.50	2.5	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	>1.50	3.0	3.0	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
>3-4	0.00-0.25	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.25-0.50	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.50-0.75	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	>0.75-1.00	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0
	>1.00-1.50	3.5	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5
	>1.50	4.0	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5

Tabla 71. Obtención E_T subidas subtramo 2. Fuente: HCM 2010

Tramo 3:

Percent Upgrade	Length (mi)	Proportion of Trucks and Buses									
		2%	4%	5%	6%	7%	8%	10%	15%	20%	25%
≤2	All	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
>2-3	0.00-0.25	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.25-0.50	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.50-0.75	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.75-1.00	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>1.00-1.50	2.5	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	>1.50	3.0	3.0	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
>3-4	0.00-0.25	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.25-0.50	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.50-0.75	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	>0.75-1.00	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0
	>1.00-1.50	3.5	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5
	>1.50	4.0	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5

Tabla 72. Obtención E_T subidas subtramo 3. Fuente: HCM 2010

Tramo 4:

Percent Upgrade	Length (mi)	Proportion of Trucks and Buses									
		2%	4%	5%	6%	7%	8%	10%	15%	20%	25%
≤2	All	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
>2-3	0.00-0.25	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.25-0.50	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.50-0.75	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.75-1.00	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>1.00-1.50	2.5	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	>1.50	3.0	3.0	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
>3-4	0.00-0.25	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.25-0.50	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5
	>0.50-0.75	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	>0.75-1.00	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0
	>1.00-1.50	3.5	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5
	>1.50	4.0	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5

Tabla 73. Obtención E_T subidas subtramo 4. Fuente: HCM 2010

Obtención de E_R en subidas:

Tramo 1:

Percent Upgrade	Length (mi)	Proportion of RVs									
		2%	4%	5%	6%	8%	10%	15%	20%	25%	
≤2	All	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	
>2-3	0.00-0.50	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	
	>0.50	3.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.2	1.2	1.2	
>3-4	0.00-0.25	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	
	>0.25-0.50	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	
	>0.50	3.0	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	

Tabla 74. Obtención E_R subidas subtramo 1. Fuente: HCM 2010

Tramo 2:

Percent Upgrade	Length (mi)	Proportion of RVs									
		2%	4%	5%	6%	8%	10%	15%	20%	25%	
≤2	All	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	
>2-3	0.00-0.50	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	
	>0.50	3.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.2	1.2	1.2	
>3-4	0.00-0.25	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	
	>0.25-0.50	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	
	>0.50	3.0	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	

Tabla 75. Obtención E_R subidas subtramo 2. Fuente: HCM 2010

Tramo 3:

Percent Upgrade	Length (mi)	Proportion of RVs								
		2%	4%	5%	6%	8%	10%	15%	20%	25%
≤2	All	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
>2 - 3	0.00 - 0.50	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
	>0.50	3.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.2	1.2	1.2
>3 - 4	0.00 - 0.25	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
	>0.25 - 0.50	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5
	>0.50	3.0	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5

Tabla 76. Obtención E_R subidas subtramo 3. Fuente: HCM 2010

Tramo 4:

Percent Upgrade	Length (mi)	Proportion of RVs								
		2%	4%	5%	6%	8%	10%	15%	20%	25%
≤2	All	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
>2 - 3	0.00 - 0.50	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
	>0.50	3.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.2	1.2	1.2
>3 - 4	0.00 - 0.25	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
	>0.25 - 0.50	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5
	>0.50	3.0	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5

Tabla 77. Obtención E_R subidas subtramo 4. Fuente: HCM 2010

Obtención de E_T en bajadas:

Tramo 1:

Percent Downgrade	Length of Grade (mi)	Proportion of Trucks and Buses				
		5%	7%	10%	15%	20%
≤4	All	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
4 - 5	≤4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>4	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5
>5 - 6	≤4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>4	5.5	4.0	4.0	4.0	3.0
>6	≤4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>4	7.5	6.0	5.5	5.5	4.5

Tabla 78. Obtención E_T bajadas subtramo 1. Fuente: HCM 2010

Tramo 2:

Percent Downgrade	Length of Grade (mi)	Proportion of Trucks and Buses				
		5%	7%	10%	15%	20%
≤4	All	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
4 - 5	≤4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>4	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5
>5 - 6	≤4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>4	5.5	4.0	4.0	4.0	3.0
>6	≤4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>4	7.5	6.0	5.5	5.5	4.5

Tabla 79. Obtención E_T bajadas subtramo 2. Fuente: HCM 2010

Tramo 3:

Percent Downgrade	Length of Grade (mi)	Proportion of Trucks and Buses				
		5%	7%	10%	15%	20%
<4	All	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
4 - 5	≤4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>4	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5
>5 - 6	≤4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>4	5.5	4.0	4.0	4.0	3.0
>6	≤4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>4	7.5	6.0	5.5	5.5	4.5

Tabla 80. Obtención E_T bajadas subtramo 3. Fuente: HCM 2010

Tramo 4:

Percent Downgrade	Length of Grade (mi)	Proportion of Trucks and Buses				
		5%	7%	10%	15%	20%
<4	All	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
4 - 5	≤4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>4	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5
>5 - 6	≤4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>4	5.5	4.0	4.0	4.0	3.0
>6	≤4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>4	7.5	6.0	5.5	5.5	4.5

Tabla 81. Obtención E_T bajadas subtramo 4. Fuente: HCM 2010

Obtención de E_R en bajadas:

Como indica la tabla 14-15 del HCM, E_R siempre adopta un valor de 1,2 en bajadas.

Cálculo de f_{HV} :

Debido a que los valores E_T y E_R son iguales para todos los tramos, tanto en subidas como en bajadas, se puede calcular un único f_{HV} que sirva para todos los subtramos:

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + 0,07(1,5 - 1) + 0,02(1,2 - 1)} = 0.96$$

Figura 44. Cálculo f_{HV} . Fuente: HCM 2010

Obtención de f_P :

Se trata del factor de familiarización de los conductores con la vía que, a partir de las características sociales analizadas, se puede determinar un valor de 1, lo que quiere decir que los conductores están familiarizados con la vía.

Por tanto, ya se puede obtener V_p :

$$V_p = \frac{4770}{0.95 \cdot 3 \cdot 0.96 \cdot 1} = 1743 \text{ veh/h}$$

Figura 45. Cálculo V_p . Fuente: HCM 2010

Una vez hallado V_p , comprobamos que el tramo de carretera analizado no tiene Nivel de Servicio F:

Curva FFS	60
Valor saturación	2200
Valor calculado	1743
Es nivel F?	NO

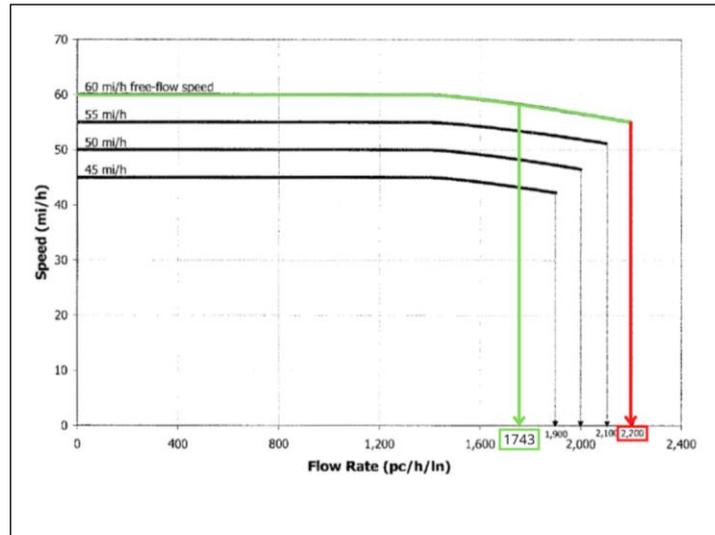


Figura 46. Comprobación vía no saturada. Fuente: HCM 2010

No es nivel F, luego podemos seguir calculando el Nivel de Servicio con el siguiente paso.

PASO 5: Velocidad y densidad estimadas

Se quiere calcular la densidad de la vía:

$$D = \frac{V_p}{S}$$

Figura 47. Obtención densidad de la vía. Fuente: HCM 2010

Obteniendo:

$$D = \frac{1743}{60} = 29 \text{ veh/mi/carril}$$

Figura 48. Cálculo densidad de la vía. Fuente: HCM 2010

PASO 6: Cálculo del Nivel de Servicio

Una vez realizados todos los cálculos, se procede a estimar el Nivel de Servicio mediante la Tabla 14-4 del HCM:

LOS	FFS(mi/h)	Density(veh/mi/lane)
A	All	>0-11
B	All	>11-18
C	All	>18-26
D	All	>26-35
E	60	>35-40
	55	>35-41
	50	>35-43
	45	>35-45
F	Demand exceeds Capacity	
	60	>40
	55	>41
	50	>43
	45	>45

Tabla 82. Nivel de servicio 2045 sin ejecución de carril. Fuente: HCM 2010

4.1.5. Obtención del nivel de servicio del tramo de estudio con ejecución del carril reversible

Del mismo modo que en los apartados anteriores, se procede a obtener el nivel de servicio del tramo, pero en lugar de 3 carriles por sentido, se establecen 4 carriles por sentido, dando a entender que ya está ejecutado el carril reversible para analizar la variación del nivel de servicio.

***Nota:** Se establecen 4 carriles por sentido ya que la normativa (HCM) no incluye los carriles reversibles en sus métodos de cálculo, por lo que no es correcto según la norma establecer 3,5 carriles por sentido.

4.1.5.1. Obtención del Nivel De Servicio 2025 con ejecución de carril

PASO 1: Obtención de BFFS y datos de entrada

Una vez determinada la BFFS en el apartado 3.2.3.1. *Obtención del Nivel de Servicio 2019*, de 60mi/h, no es necesario calcularla de nuevo, pues es la misma para todo el tramo objeto de estudio.

A continuación, se extraen los siguientes datos del tramo en el año de puesta en servicio, habiendo ejecutado el carril reversible:

L.tramo	1275 m
¿Dividido con mediana?	Sí
nº carriles x sentido	4
FFSBase	60 mi/h
Ancho carril	11,5 ft
Visib.lateral derecha	6 ft
Ptos de acceso/mi	2
Vol.horario pico (vph)	3584 veh/h
%Pesados	7
%V.recreacionales	2
PHF	0,95
Cond. Familiariz. Via	1

Tabla 83. Cálculo BFFS. Fuente: Propia

PASO 2: Cálculo de FFS

Obtención de la velocidad de flujo libre (FFS):

$$FFS = BFFS - f_{LW} - f_{LC} - f_M - f_A$$

Figura 49. Obtención FFS. Fuente: HCM 2010

Del mismo modo que en el apartado anterior, al no existir cambios que influyan en los factores que determinan la FFS, se obtendrá el mismo valor:

Cálculo de f_{LW} :

Lane Width (ft)	Reduction in FFS, f_{LW} (mi/h)
≥12	0.0
≥11-12	1.9
≥10-11	6.6

Tabla 84. Cálculo f_{LW} . Fuente: HCM 2010

Cálculo de f_{LC} :

Four-Lane Highways		Six-Lane Highways	
TLC (ft)	Reduction in FFS (mi/h)	TLC (ft)	Reduction in FFS (mi/h)
12	0.0	12	0.0
10	0.4	10	0.4
8	0.9	8	0.9
6	1.3	6	1.3
4	1.8	4	1.7
2	3.6	2	2.8
0	5.4	0	3.9

Note: Interpolation to the nearest 0.1 is recommended.

Tabla 85. Cálculo f_{LC} . Fuente: HCM 2010

Cálculo de f_M :

Median Type	Reduction in FFS, f_M (mi/h)
Undivided	1.6
TWLT	0.0
Divided	0.0

Tabla 86. Cálculo f_M . Fuente: HCM 2010

Cálculo de f_A :

Access-Point Density (access points/mi)	Reduction in FFS, f_A (mi/h)
0	0.0
10	2.5
20	5.0
30	7.5
≥ 40	10.0

Note: Interpolation to the nearest 0.1 is recommended.

Tabla 87. Cálculo f_A . Fuente: HCM 2010

Con lo que obtenemos una FFS de:

$$FFS = 60 - 1.9 - 0.5 \approx 58 \text{ mi/h}$$

Figura 50. Cálculo FFS. Fuente: HCM 2010

PASO 3: Selección de la curva FFS

Puesto que la FFS calculada es de 58 mi/h, nos podemos situar en la curva FFS 60 mi/h:

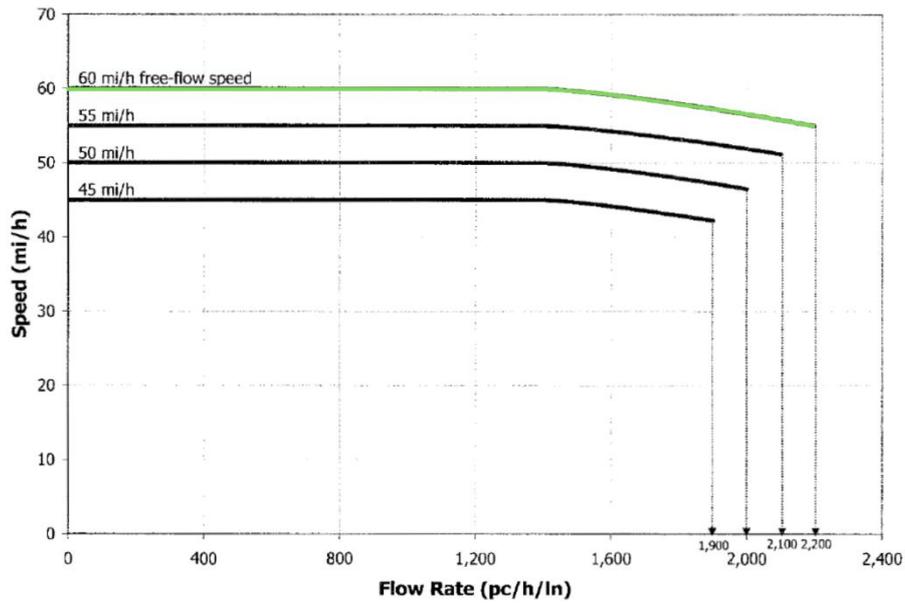


Figura 51. Elección curva FFS. Fuente: HCM 2010

PASO 4: Ajuste del volumen de demanda

Al no haber cambios en la elevación ni en la longitud del tramo, los factores de ajuste referentes a la presencia de camiones, autobuses y vehículos recreacionales permanecerán constantes, reflejando los mismos valores que en el apartado anterior. Por otro lado, los valores de Volumen Pico Horario y Número de Carriles por Sentido varían con respecto al año 2019, por lo que también variará la tasa de demanda de flujo bajo condiciones base equivalentes siendo el objetivo de cálculo del presente apartado, ya que permitirá diferenciar los valores de demanda respecto a los años anteriores y posteriores en función de la variación de los datos de entrada.

En primer lugar, obtenemos el perfil de elevación del tramo y lo dividimos en subtramos en cada máximo y mínimo:



Figura 52. Perfil de elevación tramo de estudio. Fuente: Google Earth

En segundo, calculamos la distancia y el porcentaje de elevación de cada subtramo:

	Elevación	Longitud	
T1	1,50%	0,29	mi
T2	2,30%	0,18	mi
T3	2%	0,2	mi
T4	1,25%	0,1	mi

Tabla 88. Porcentaje elevación tramo de estudio. Fuente: Propia

Se quiere obtener V_p :

$$V_p = \frac{V}{PHF * N * f_{HV} * f_P}$$

Figura 53. Obtención V_p . Fuente: HCM 2010

Para lo que se requiere el cálculo de f_{HV} :

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + PT(ET - 1) + PR(ER - 1)}$$

Figura 54. Obtención f_{HV} . Fuente: HCM 2010

Obtención de E_T en subidas:

Tramo 1:

Percent Upgrade	Length (mi)	Proportion of Trucks and Buses									
		2%	4%	5%	6%	7%	8%	10%	15%	20%	25%
≤2	All	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
>2 - 3	0.00 - 0.25	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.25 - 0.50	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.50 - 0.75	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.75 - 1.00	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>1.00 - 1.50	2.5	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	>1.50	3.0	3.0	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
>3 - 4	0.00 - 0.25	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.25 - 0.50	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	
	>0.50 - 0.75	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	
	>0.75 - 1.00	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	
	>1.00 - 1.50	3.5	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5	
	>1.50	4.0	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5	

Tabla 89. Obtención E_T subidas subtramo 1. Fuente: HCM 2010

Tramo 2:

Percent Upgrade	Length (mi)	Proportion of Trucks and Buses									
		2%	4%	5%	6%	7%	8%	10%	15%	20%	25%
≤2	All	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
>2-3	0.00 - 0.25	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.25 - 0.50	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.50 - 0.75	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.75 - 1.00	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>1.00 - 1.50	2.5	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	>1.50	3.0	3.0	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
>3-4	0.00 - 0.25	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.25 - 0.50	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.50 - 0.75	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	>0.75 - 1.00	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0
	>1.00 - 1.50	3.5	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5
	>1.50	4.0	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5

Tabla 90. Obtención E_T subidas subtramo 2. Fuente: HCM 2010

Tramo 3:

Percent Upgrade	Length (mi)	Proportion of Trucks and Buses									
		2%	4%	5%	6%	7%	8%	10%	15%	20%	25%
≤2	All	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
>2-3	0.00 - 0.25	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.25 - 0.50	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.50 - 0.75	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.75 - 1.00	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>1.00 - 1.50	2.5	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	>1.50	3.0	3.0	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
>3-4	0.00 - 0.25	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.25 - 0.50	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.50 - 0.75	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	>0.75 - 1.00	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0
	>1.00 - 1.50	3.5	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5
	>1.50	4.0	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5

Tabla 91. Obtención E_T subidas subtramo 3. Fuente: HCM 2010

Tramo 4:

Percent Upgrade	Length (mi)	Proportion of Trucks and Buses									
		2%	4%	5%	6%	7%	8%	10%	15%	20%	25%
≤2	All	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
>2-3	0.00 - 0.25	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.25 - 0.50	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.50 - 0.75	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.75 - 1.00	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>1.00 - 1.50	2.5	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	>1.50	3.0	3.0	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
>3-4	0.00 - 0.25	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.25 - 0.50	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.50 - 0.75	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	>0.75 - 1.00	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0
	>1.00 - 1.50	3.5	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5
	>1.50	4.0	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5

Tabla 92. Obtención E_T subidas subtramo 4. Fuente: HCM 2010

Obtención de E_R en subidas:

Tramo 1:

Percent Upgrade	Length (mi)	Proportion of RVs								
		2%	4%	5%	6%	8%	10%	15%	20%	25%
≤2	All	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
>2-3	0.00 - 0.50	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
	>0.50	3.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.2	1.2	1.2
>3-4	0.00 - 0.25	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
	>0.25 - 0.50	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5
	>0.50	3.0	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5

Tabla 93. Obtención E_R subidas subtramo 1. Fuente: HCM 2010

Tramo 2:

Percent Upgrade	Length (mi)	Proportion of RVs								
		2%	4%	5%	6%	8%	10%	15%	20%	25%
≤2	All	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
>2-3	0.00 - 0.50	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
	>0.50	3.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.2	1.2	1.2
>3-4	0.00 - 0.25	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
	>0.25 - 0.50	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5
	>0.50	3.0	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5

Tabla 94. Obtención E_R subidas subtramo 2. Fuente: HCM 2010

Tramo 3:

Percent Upgrade	Length (mi)	Proportion of RVs								
		2%	4%	5%	6%	8%	10%	15%	20%	25%
≤2	All	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
>2-3	0.00 - 0.50	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
	>0.50	3.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.2	1.2	1.2
>3-4	0.00 - 0.25	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
	>0.25 - 0.50	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5
	>0.50	3.0	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5

Tabla 95. Obtención E_R subidas subtramo 3. Fuente: HCM 2010

Tramo 4:

Percent Upgrade	Length (mi)	Proportion of RVs								
		2%	4%	5%	6%	8%	10%	15%	20%	25%
≤2	All	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
>2-3	0.00 - 0.50	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
	>0.50	3.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.2	1.2	1.2
>3-4	0.00 - 0.25	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
	>0.25 - 0.50	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5
	>0.50	3.0	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5

Tabla 96. Obtención E_R subidas subtramo 4. Fuente: HCM 2010

Obtención de E_T en bajadas:

Tramo 1:

Percent Downgrade	Length of Grade (mi)	Proportion of Trucks and Buses				
		5%	7%	10%	15%	20%
<4	All	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
4 - 5	≤4	1.5		1.5	1.5	1.5
	>4	2.0		2.0	2.0	1.5
>5 - 6	≤4	1.5		1.5	1.5	1.5
	>4	5.5		4.0	4.0	3.0
>6	≤4	1.5		1.5	1.5	1.5
	>4	7.5		6.0	5.5	4.5

Tabla 97. Obtención E_T bajadas subtramo 1. Fuente: HCM 2010

Tramo 2:

Percent Downgrade	Length of Grade (mi)	Proportion of Trucks and Buses				
		5%	7%	10%	15%	20%
<4	All	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
4 - 5	≤4	1.5		1.5	1.5	1.5
	>4	2.0		2.0	2.0	1.5
>5 - 6	≤4	1.5		1.5	1.5	1.5
	>4	5.5		4.0	4.0	3.0
>6	≤4	1.5		1.5	1.5	1.5
	>4	7.5		6.0	5.5	4.5

Tabla 98. Obtención E_T bajadas subtramo 2. Fuente: HCM 2010

Tramo 3:

Percent Downgrade	Length of Grade (mi)	Proportion of Trucks and Buses				
		5%	7%	10%	15%	20%
<4	All	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
4 - 5	≤4	1.5		1.5	1.5	1.5
	>4	2.0		2.0	2.0	1.5
>5 - 6	≤4	1.5		1.5	1.5	1.5
	>4	5.5		4.0	4.0	3.0
>6	≤4	1.5		1.5	1.5	1.5
	>4	7.5		6.0	5.5	4.5

Tabla 99. Obtención E_T bajadas subtramo 3. Fuente: HCM 2010

Tramo 4:

Percent Downgrade	Length of Grade (mi)	Proportion of Trucks and Buses				
		5%	7%	10%	15%	20%
<4	All	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
4 - 5	≤4	1.5		1.5	1.5	1.5
	>4	2.0		2.0	2.0	1.5
>5 - 6	≤4	1.5		1.5	1.5	1.5
	>4	5.5		4.0	4.0	3.0
>6	≤4	1.5		1.5	1.5	1.5
	>4	7.5		6.0	5.5	4.5

Tabla 100. Obtención E_T bajadas subtramo 4. Fuente: HCM 2010

Obtención de E_R en bajadas:

Como indica la tabla 14-15 del HCM, E_R siempre adopta un valor de 1,2 en bajadas.

Cálculo de f_{HV} :

Debido a que los valores E_T y E_R son iguales para todos los tramos, tanto en subidas como en bajadas, se puede calcular un único f_{HV} que sirva para todos los subtramos:

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + 0,07(1,5 - 1) + 0,02(1,2 - 1)} = 0.96$$

Figura 55. Cálculo f_{HV} . Fuente: HCM 2010

Obtención de f_P :

Se trata del factor de familiarización de los conductores con la vía que, a partir de las características sociales analizadas, se puede determinar un valor de 1, lo que quiere decir que los conductores están familiarizados con la vía.

Por tanto, ya se puede obtener V_p :

$$V_p = \frac{3584}{0.95 * 4 * 0.96 * 1} = 982 \text{ veh/h}$$

Figura 56. Cálculo V_p . Fuente: HCM 2010

Una vez hallado V_p , comprobamos que el tramo de carretera analizado no tiene Nivel de Servicio F:

Curva FFS	60
Valor saturación	2200
Valor calculado	982
Es nivel F?	NO

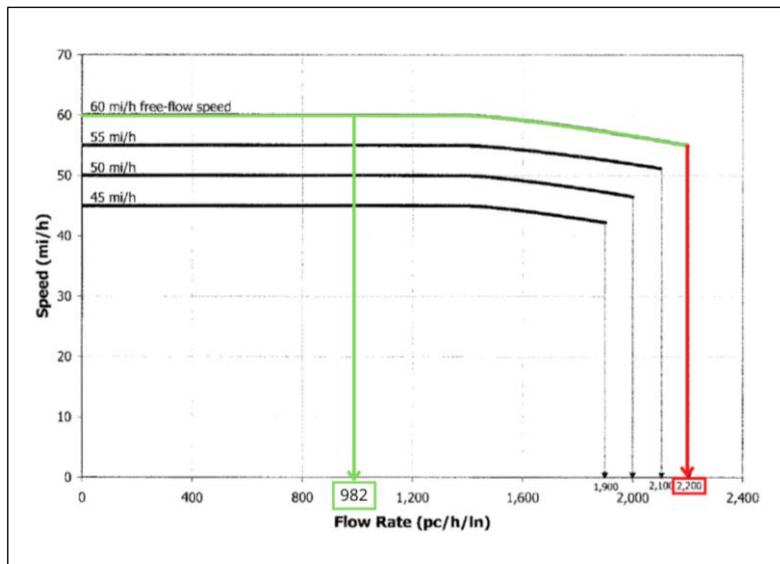


Figura 57. Comprobación vía no saturada. Fuente: HCM 2010

No es nivel F, luego podemos seguir calculando el Nivel de Servicio con el siguiente paso.

PASO 5: Velocidad y densidad estimadas

Se quiere calcular la densidad de la vía:

$$D = \frac{Vp}{S}$$

Figura 58. Obtención densidad de la vía.

Fuente: HCM 2010

Obteniendo:

$$D = \frac{982}{60} = 16,37 \text{ veh/mi}$$

Figura 59. Cálculo densidad de la vía. Fuente: HCM 2010

PASO 6: Cálculo del Nivel de Servicio

Una vez realizados todos los cálculos, se procede a estimar el Nivel de Servicio mediante la Tabla 14-4 del HCM:

LOS	FFS(mi/h)	Density(veh/mi/lane)
A	All	>0-11
B	All	>11-18
C	All	>18-26
D	All	>26-35
E	60	>35-40
	55	>35-41
	50	>35-43
F	45	>35-45
	Demand exceeds Capacity	
	60	>40
	55	>41
F	50	>43
	45	>45

Tabla 101. Nivel de servicio 2025 con ejecución de carril. Fuente: HCM 2010

4.1.5.2. Obtención del Nivel De Servicio 2035 con ejecución de carril

PASO 1: Obtención de BFFS y datos de entrada

Una vez determinada la BFFS en el apartado 3.2.3.1. *Obtención del Nivel de Servicio 2019*, de 60mi/h, no es necesario calcularla de nuevo, pues es la misma para todo el tramo objeto de estudio.

A continuación, se extraen los siguientes datos del tramo en el año 2035 como fecha de control, habiendo transcurrido la mitad de tiempo desde el año de puesta en servicio hasta el año horizonte:

L.tramo	1275	m
Dividido con mediana?	Sí	
nº carriles x sentido	4	
FFSBase	60	mi/h
Ancho carril	11,5	ft
Visib.lateral derecha	6	ft
Ptos de acceso/mi	2	
Vol.horario pico (vph)	4134	veh/h
%Pesados	7	
%V.recreacionales	2	
PHF	0,95	
Cond. Familiariz. Via	1	

Tabla 102. Cálculo BFFS. Fuente: Propia

PASO 2: Cálculo de FFS

Obtención de la velocidad de flujo libre (FFS):

Del mismo modo que en el apartado anterior, al no existir cambios que influyan en los factores que determinan la FFS, se obtendrá el mismo valor:

Cálculo de f_{LW}:

Lane Width (ft)	Reduction in FFS, f_{LW} (mi/h)
≥12	0.0
≥11-12	1.9
≥10-11	6.6

Tabla 103. Cálculo f_{LW}. Fuente: HCM 2010

Cálculo de f_{LC}:

Four-Lane Highways		Six-Lane Highways	
TLC (ft)	Reduction in FFS (mi/h)	TLC (ft)	Reduction in FFS (mi/h)
12	0.0	12	0.0
10	0.4	10	0.4
8	0.9	8	0.9
6	1.3	6	1.3
4	1.8	4	1.7
2	3.6	2	2.8
0	5.4	0	3.9

Note: Interpolation to the nearest 0.1 is recommended.

Tabla 104. Cálculo f_{LC} . Fuente: HCM 2010

Cálculo de f_M :

Median Type	Reduction in FFS, f_M (mi/h)
Undivided	1.6
TWLT	0.0
Divided	0.0

Tabla 105. Cálculo f_M . Fuente: HCM 2010

Cálculo de f_A :

Access-Point Density (access points/mi)	Reduction in FFS, f_A (mi/h)
0	0.0
10	2.5
20	5.0
30	7.5
≥ 40	10.0

Note: Interpolation to the nearest 0.1 is recommended.

Tabla 106. Cálculo f_A . Fuente: HCM 2010

Con lo que obtenemos una FFS de:

$$FFS = 60 - 1.9 - 0.5 \approx 58 \text{ mi/h}$$

Figura 60. Cálculo FFS. Fuente: HCM 2010

PASO 3: Selección de la curva FFS

Puesto que la FFS calculada es de 58 mi/h, nos podemos situar en la curva FFS 60 mi/h:

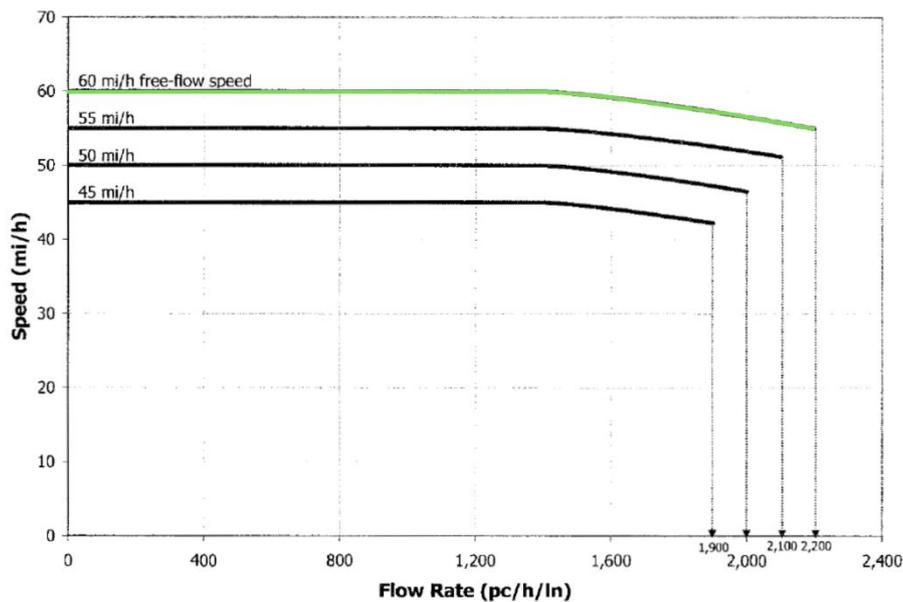


Figura 61. Elección curva FFS. Fuente: HCM 2010

PASO 4: Ajuste del volumen de demanda

Al no haber cambios en la elevación ni en la longitud del tramo, los factores de ajuste referentes a la presencia de camiones, autobuses y vehículos recreacionales permanecerán constantes, reflejando los mismos valores que en el apartado anterior. Por otro lado, los valores de Volumen Pico Horario y Número de Carriles por Sentido varían con respecto al año 2019, por lo que también variará la tasa de demanda de flujo bajo condiciones base equivalentes siendo el objetivo de cálculo del presente apartado, ya que permitirá diferenciar los valores de demanda respecto a los años anteriores y posteriores en función de la variación de los datos de entrada.

En primer lugar, obtenemos el perfil de elevación del tramo y lo dividimos en subtramos en cada máximo y mínimo:



Figura 62. Perfil de elevación tramo de estudio. Fuente: Google Earth

En segundo, calculamos la distancia y el porcentaje de elevación de cada subtramo:

	Elevación	Longitud
T1	1,50%	0,29 mi
T2	2,30%	0,18 mi
T3	2%	0,2 mi
T4	1,25%	0,1 mi

Tabla 107. Porcentaje elevación tramo de estudio. Fuente: Propia

Se quiere obtener V_p :

$$V_p = \frac{V}{PHF * N * f_{HV} * f_P}$$

Figura 63. Obtención V_p . Fuente: HCM 2010

Para lo que se requiere el cálculo de f_{HV} :

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + PT(ET - 1) + PR(ER - 1)}$$

Figura 64. Obtención f_{HV} . Fuente: HCM 2010

Obtención de E_T en subidas:

Tramo 1:

Percent Upgrade	Length (mi)	Proportion of Trucks and Buses									
		2%	4%	5%	6%	7%	8%	10%	15%	20%	25%
≤2	All	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
>2-3	0.00-0.25	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.25-0.50	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.50-0.75	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.75-1.00	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>1.00-1.50	2.5	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
>3-4	>1.50	3.0	3.0	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	0.00-0.25	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.25-0.50	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5
	>0.50-0.75	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	>0.75-1.00	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0
	>1.00-1.50	3.5	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5
>1.50	4.0	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5	

Tabla 108. Obtención E_T subidas subtramo 1. Fuente: HCM 2010

Tramo 2:

Percent Upgrade	Length (mi)	Proportion of Trucks and Buses									
		2%	4%	5%	6%	7%	8%	10%	15%	20%	25%
≤2	All	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
>2-3	0.00-0.25	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.25-0.50	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.50-0.75	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.75-1.00	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>1.00-1.50	2.5	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
>3-4	>1.50	3.0	3.0	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	0.00-0.25	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.25-0.50	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5
	>0.50-0.75	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	>0.75-1.00	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0
	>1.00-1.50	3.5	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5
>1.50	4.0	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5	

Tabla 109. Obtención E_T subidas subtramo 2. Fuente: HCM 2010

Tramo 3:

Percent Upgrade	Length (mi)	Proportion of Trucks and Buses									
		2%	4%	5%	6%	7%	8%	10%	15%	20%	25%
≤2	All	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
>2-3	0.00-0.25	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.25-0.50	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.50-0.75	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.75-1.00	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>1.00-1.50	2.5	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	>1.50	3.0	3.0	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
>3-4	0.00-0.25	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.25-0.50	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5
	>0.50-0.75	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	>0.75-1.00	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0
	>1.00-1.50	3.5	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5
	>1.50	4.0	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5

Tabla 110. Obtención E_T subidas subtramo 3. Fuente: HCM 2010

Tramo4:

Percent Upgrade	Length (mi)	Proportion of Trucks and Buses									
		2%	4%	5%	6%	7%	8%	10%	15%	20%	25%
≤2	All	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
>2-3	0.00-0.25	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.25-0.50	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.50-0.75	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.75-1.00	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>1.00-1.50	2.5	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	>1.50	3.0	3.0	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
>3-4	0.00-0.25	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.25-0.50	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5
	>0.50-0.75	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	>0.75-1.00	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0
	>1.00-1.50	3.5	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5
	>1.50	4.0	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5

Tabla 111. Obtención E_T subidas subtramo 4. Fuente: HCM 2010

Obtención de E_R en subidas:

Tramo1:

Percent Upgrade	Length (mi)	Proportion of RVs									
		2%	4%	5%	6%	8%	10%	15%	20%	25%	
≤2	All	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	
>2-3	0.00-0.50	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	
	>0.50	3.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.2	1.2	
>3-4	0.00-0.25	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	
	>0.25-0.50	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	
	>0.50	3.0	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	

Tabla 112. Obtención E_R subidas subtramo 1. Fuente: HCM 2010

Tramo 2:

Percent Upgrade	Length (mi)	Proportion of RVs								
		2%	4%	5%	6%	8%	10%	15%	20%	25%
≤2	All	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
>2 - 3	0.00 - 0.50	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
	>0.50	3.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.2	1.2	1.2
>3 - 4	0.00 - 0.25	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
	>0.25 - 0.50	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5
	>0.50	3.0	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5

Tabla 113. Obtención E_R subidas subtramo 2. Fuente: HCM 2010

Tramo 3:

Percent Upgrade	Length (mi)	Proportion of RVs								
		2%	4%	5%	6%	8%	10%	15%	20%	25%
≤2	All	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
>2 - 3	0.00 - 0.50	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
	>0.50	3.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.2	1.2	1.2
>3 - 4	0.00 - 0.25	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
	>0.25 - 0.50	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5
	>0.50	3.0	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5

Tabla 114. Obtención E_R subidas subtramo 3. Fuente: HCM 2010

Tramo 4:

Percent Upgrade	Length (mi)	Proportion of RVs								
		2%	4%	5%	6%	8%	10%	15%	20%	25%
≤2	All	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
>2 - 3	0.00 - 0.50	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
	>0.50	3.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.2	1.2	1.2
>3 - 4	0.00 - 0.25	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
	>0.25 - 0.50	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5
	>0.50	3.0	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5

Tabla 115. Obtención E_R subidas subtramo 4. Fuente: HCM 2010

Obtención de E_T en bajadas:

Tramo 1:

Percent Downgrade	Length of Grade (mi)	Proportion of Trucks and Buses			
		5%	7%	10%	15%
≤4	All	1.5	1.5	1.5	1.5
4 - 5	≤4	1.5		1.5	1.5
	>4	2.0		2.0	1.5
>5 - 6	≤4	1.5		1.5	1.5
	>4	5.5		4.0	3.0
>6	≤4	1.5		1.5	1.5
	>4	7.5		6.0	4.5

Tabla 116. Obtención E_T bajadas subtramo 1. Fuente: HCM 2010

Tramo 2:

Percent Downgrade	Length of Grade (mi)	Proportion of Trucks and Buses				
		5%	7%	10%	15%	20%
<4	All	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
4 - 5	≤4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>4	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5
>5 - 6	≤4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>4	5.5	4.0	4.0	4.0	3.0
>6	≤4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>4	7.5	6.0	5.5	5.5	4.5

Tabla 117. Obtención E_T bajadas subtramo 2. Fuente: HCM 2010

Tramo 3:

Percent Downgrade	Length of Grade (mi)	Proportion of Trucks and Buses				
		5%	7%	10%	15%	20%
<4	All	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
4 - 5	≤4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>4	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5
>5 - 6	≤4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>4	5.5	4.0	4.0	4.0	3.0
>6	≤4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>4	7.5	6.0	5.5	5.5	4.5

Tabla 118. Obtención E_T bajadas subtramo 3. Fuente: HCM 2010

Tramo 4:

Percent Downgrade	Length of Grade (mi)	Proportion of Trucks and Buses				
		5%	7%	10%	15%	20%
<4	All	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
4 - 5	≤4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>4	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5
>5 - 6	≤4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>4	5.5	4.0	4.0	4.0	3.0
>6	≤4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>4	7.5	6.0	5.5	5.5	4.5

Tabla 119. Obtención E_T bajadas subtramo 4. Fuente: HCM 2010

Obtención de E_R en bajadas:

Como indica la tabla 14-15 del HCM, E_R siempre adopta un valor de 1,2 en bajadas.

Cálculo de f_{HV} :

Debido a que los valores E_T y E_R son iguales para todos los tramos, tanto en subidas como en bajadas, se puede calcular un único f_{HV} que sirva para todos los subtramos:

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + 0,07(1,5 - 1) + 0,02(1,2 - 1)} = 0.96$$

Figura 65. Cálculo f_{HV} . Fuente: HCM 2010

Obtención de f_p :

Se trata del factor de familiarización de los conductores con la vía que, a partir de las características sociales analizadas, se puede determinar un valor de 1, lo que quiere decir que los conductores están familiarizados con la vía.

Por tanto, ya se puede obtener V_p :

$$V_p = \frac{4134}{0.95 \cdot 4 \cdot 0.96 \cdot 1} = 1133 \text{ veh/h}$$

Figura 66. Cálculo V_p . Fuente: HCM 2010

Una vez hallado V_p , comprobamos que el tramo de carretera analizado no tiene Nivel de Servicio F:

Curva FFS	60
Valor saturación	2200
Valor calculado	1133
Es nivel F?	NO

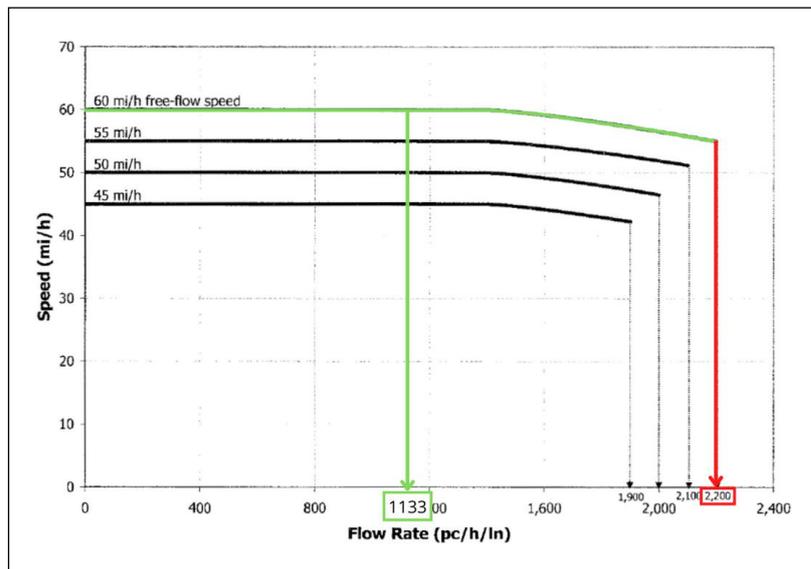


Figura 67. Comprobación vía no saturada. Fuente: HCM 2010

PASO 5: Velocidad y densidad estimadas

Se quiere calcular la densidad de la vía:

$$D = \frac{V_p}{S}$$

Figura 68. Obtención densidad de la vía. Fuente: HCM 2010

Obteniendo:

$$D = \frac{1133}{60} = 18,88 \text{ veh/mi}$$

Figura 69. Cálculo densidad de la vía. Fuente: HCM 2010

PASO 6: Cálculo del Nivel de Servicio

Una vez realizados todos los cálculos, se procede a estimar el Nivel de Servicio mediante la Tabla 14-4 del HCM:

LOS	FFS(mi/h)	Density(veh/mi/lane)
A	All	>0-11
B	All	>11-18
C	All	>18-26
D	All	>26-35
E	60	>35-40
	55	>35-41
	50	>35-43
	45	>35-45
F	Demand exceeds Capacity	
	60	>40
	55	>41
	50	>43
	45	>45

Tabla 120. Nivel de servicio 2035 con ejecución de carril. Fuente: HCM 2010

4.1.5.2. Obtención del Nivel De Servicio 2045 con ejecución de carril

PASO 1: Obtención de BFFS y datos de entrada

Una vez determinada la BFFS en el apartado 3.2.3.1. *Obtención del Nivel de Servicio 2019*, de 60mi/h, no es necesario calcularla de nuevo, pues es la misma para todo el tramo objeto de estudio.

A continuación, se extraen los siguientes datos del tramo en el año horizonte:

L.tramo	1275	m
Dividido con mediana?	Sí	
nº carriles x sentido	4	
FFSBase	60	mi/h
Ancho carril	11,5	ft
Visib.lateral derecha	6	ft
Ptos de acceso/mi	2	
Vol.horario pico (vph)	4770	veh/h
%Pesados	7	
%V.recreacionales	2	
PHF	0,95	
Cond. Familiariz. Vía	1	

Tabla 121. Cálculo BFFS. Fuente: Propia

PASO 2: Cálculo de FFS

Obtención de la velocidad de flujo libre (FFS):

$$FFS = BFFS - f_{LW} - f_{LC} - f_M - f_A$$

Figura 70. Obtención FFS. Fuente: HCM 2010

Del mismo modo que en el apartado anterior, al no existir cambios que influyan en los factores que determinan la FFS, se obtendrá el mismo valor:

Cálculo de f_{LW} :

Lane Width (ft)	Reduction in FFS, f_{LW} (mi/h)
≥12	0.0
≥11-12	1.9
≥10-11	6.6

Tabla 122. Cálculo f_{LW} . Fuente: HCM 2010

Cálculo de f_{LC} :

Four-Lane Highways		Six-Lane Highways	
TLC (ft)	Reduction in FFS (mi/h)	TLC (ft)	Reduction in FFS (mi/h)
12	0.0	12	0.0
10	0.4	10	0.4
8	0.9	8	0.9
6	1.3	6	1.3
4	1.8	4	1.7
2	3.6	2	2.8
0	5.4	0	3.9

Note: Interpolation to the nearest 0.1 is recommended.

Tabla 123. Cálculo f_{LC} . Fuente: HCM 2010

Cálculo de f_M :

Median Type	Reduction in FFS, f_M (mi/h)
Undivided	1.6
TWLTTL	0.0
Divided	0.0

Tabla 124. Cálculo f_M . Fuente: HCM 2010

Cálculo de f_A :

Access-Point Density (access points/mi)	Reduction in FFS, f_A (mi/h)
0	0.0
10	2.5
20	5.0
30	7.5
≥40	10.0

Note: Interpolation to the nearest 0.1 is recommended.

Tabla 125. Cálculo f_A . Fuente: HCM 2010

Con lo que obtenemos una FFS de:

$$FFS = 60 - 1.9 - 0.5 \approx 58 \text{ mi/h}$$

Figura 71. Cálculo FFS. Fuente: HCM 2010

PASO 3 : Selección de la curva FFS

Puesto que la FFS calculada es de 58 mi/h, nos podemos situar en la curva FFS 60 mi/h:

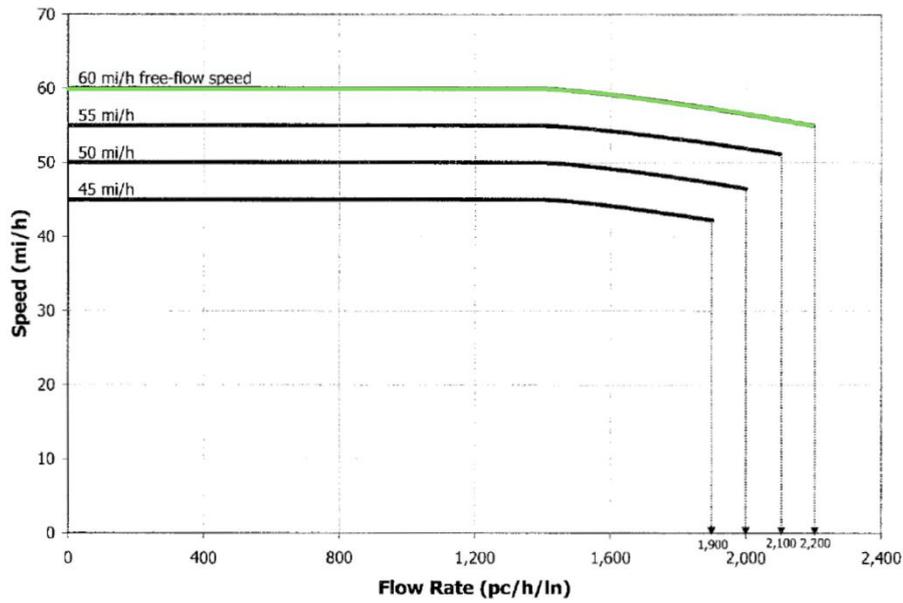


Figura 72. Elección curva FFS. Fuente: HCM 2010

PASO 4: Ajuste del volumen de demanda

Al no haber cambios en la elevación ni en la longitud del tramo, los factores de ajuste referentes a la presencia de camiones, autobuses y vehículos recreacionales permanecerán constantes, reflejando los mismos valores que en el apartado anterior. Por otro lado, los valores de Volumen Pico Horario y Número de Carriles por Sentido varían con respecto al año 2019, por lo que también variará la tasa de demanda de flujo bajo condiciones base equivalentes siendo el objetivo de cálculo del presente apartado, ya que permitirá diferenciar los valores de demanda respecto a los años anteriores y posteriores en función de la variación de los datos de entrada.

En primer lugar, obtenemos el perfil de elevación del tramo y lo dividimos en subtramos en cada máximo y mínimo:



Figura 73. Perfil de elevación tramo de estudio. Fuente: Google Earth

En segundo, calculamos la distancia y el porcentaje de elevación de cada subtramo:

	Elevación	Longitud	
T1	1,50%	0,29	mi
T2	2,30%	0,18	mi
T3	2%	0,2	mi
T4	1,25%	0,1	mi

Tabla 126. Porcentaje elevación tramo de estudio. Fuente: Propia

Se quiere obtener V_p :

$$V_p = \frac{V}{PHF * N * f_{HV} * f_P}$$

Figura 74. Obtención V_p . Fuente: HCM 2010

Para lo que se requiere el cálculo de f_{HV} :

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + PT(ET - 1) + PR(ER - 1)}$$

Figura 75. Obtención f_{HV} . Fuente: HCM 2010

Obtención de E_T en subidas:

Tramo 1:

Percent Upgrade	Length (mi)	Proportion of Trucks and Buses									
		2%	4%	5%	6%	7%	8%	10%	15%	20%	25%
≤2	All	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
>2-3	0.00-0.25	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.25-0.50	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.50-0.75	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.75-1.00	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>1.00-1.50	2.5	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	>1.50	3.0	3.0	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
>3-4	0.00-0.25	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.25-0.50	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5
	>0.50-0.75	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	>0.75-1.00	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0
	>1.00-1.50	3.5	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5
	>1.50	4.0	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5

Tabla 127. Obtención E_T subidas subtramo 1. Fuente: HCM 2010

Tramo 2:

Percent Upgrade	Length (mi)	Proportion of Trucks and Buses									
		2%	4%	5%	6%	7%	8%	10%	15%	20%	25%
≤2	All	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
>2-3	0.00-0.25	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.25-0.50	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.50-0.75	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.75-1.00	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>1.00-1.50	2.5	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	>1.50	3.0	3.0	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
>3-4	0.00-0.25	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.25-0.50	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5
	>0.50-0.75	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	>0.75-1.00	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0
	>1.00-1.50	3.5	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5
	>1.50	4.0	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5

Tabla 128. Obtención E_T subidas subtramo 2. Fuente: HCM 2010

Tramo 3:

Percent Upgrade	Length (mi)	Proportion of Trucks and Buses									
		2%	4%	5%	6%	7%	8%	10%	15%	20%	25%
≤2	All	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
>2-3	0.00-0.25	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.25-0.50	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.50-0.75	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.75-1.00	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>1.00-1.50	2.5	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	>1.50	3.0	3.0	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
>3-4	0.00-0.25	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.25-0.50	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5
	>0.50-0.75	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	>0.75-1.00	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0
	>1.00-1.50	3.5	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5
	>1.50	4.0	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5

Tabla 129. Obtención E_T subidas subtramo 3. Fuente: HCM 2010

Tramo4:

Percent Upgrade	Length (mi)	Proportion of Trucks and Buses									
		2%	4%	5%	6%	7%	8%	10%	15%	20%	25%
≤2	All	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
>2-3	0.00-0.25	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.25-0.50	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.50-0.75	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.75-1.00	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>1.00-1.50	2.5	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	>1.50	3.0	3.0	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
>3-4	0.00-0.25	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.25-0.50	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5
	>0.50-0.75	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	>0.75-1.00	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0
	>1.00-1.50	3.5	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5
	>1.50	4.0	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5

Tabla 130. Obtención E_T subidas subtramo 4. Fuente: HCM 2010

Obtención de E_R en subidas:

Tramo1:

Percent Upgrade	Length (mi)	Proportion of RVs									
		2%	4%	5%	6%	8%	10%	15%	20%	25%	
≤2	All	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
>2-3	0.00-0.50	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
	>0.50	3.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.2	1.2	1.2
>3-4	0.00-0.25	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
	>0.25-0.50	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.50	3.0	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5

Tabla 131. Obtención E_R subidas subtramo 1. Fuente: HCM 2010

Tramo 2:

Percent Upgrade	Length (mi)	Proportion of RVs									
		2%	4%	5%	6%	8%	10%	15%	20%	25%	
≤2	All	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
>2-3	0.00-0.50	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
	>0.50	3.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.2	1.2	1.2
>3-4	0.00-0.25	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
	>0.25-0.50	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.50	3.0	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5

Tabla 132. Obtención E_R subidas subtramo 2. Fuente: HCM 2010

Tramo 3:

Percent Upgrade	Length (mi)	Proportion of RVs									
		2%	4%	5%	6%	8%	10%	15%	20%	25%	
≤2	All	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
>2-3	0.00-0.50	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
	>0.50	3.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.2	1.2	1.2
>3-4	0.00-0.25	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
	>0.25-0.50	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.50	3.0	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5

Tabla 133. Obtención E_R subidas subtramo 3. Fuente: HCM 2010

Tramo 4:

Percent Upgrade	Length (mi)	Proportion of RVs									
		2%	4%	5%	6%	8%	10%	15%	20%	25%	
≤2	All	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
>2-3	0.00 - 0.50	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
	>0.50	3.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.2	1.2	1.2	1.2
>3-4	0.00 - 0.25	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
	>0.25 - 0.50	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.50	3.0	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5

Tabla 134. Obtención E_R subidas subtramo 4. Fuente: HCM 2010

Obtención de E_T en bajadas:

Tramo 1:

Percent Downgrade	Length of Grade (mi)	Proportion of Trucks and Buses				
		5%	7%	10%	15%	20%
≤4	All	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
4-5	≤4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>4	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5
>5-6	≤4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>4	5.5	4.0	4.0	4.0	3.0
>6	≤4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>4	7.5	6.0	5.5	5.5	4.5

Tabla 135. Obtención E_T bajadas subtramo 1. Fuente: HCM 2010

Tramo 2:

Percent Downgrade	Length of Grade (mi)	Proportion of Trucks and Buses				
		5%	7%	10%	15%	20%
≤4	All	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
4-5	≤4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>4	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5
>5-6	≤4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>4	5.5	4.0	4.0	4.0	3.0
>6	≤4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>4	7.5	6.0	5.5	5.5	4.5

Tabla 136. Obtención E_T bajadas subtramo 2. Fuente: HCM 2010

Tramo 3:

Percent Downgrade	Length of Grade (mi)	Proportion of Trucks and Buses				
		5%	7%	10%	15%	20%
≤4	All	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
4-5	≤4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>4	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5
>5-6	≤4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>4	5.5	4.0	4.0	4.0	3.0
>6	≤4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>4	7.5	6.0	5.5	5.5	4.5

Tabla 137. Obtención E_T bajadas subtramo 3. Fuente: HCM 2010

Tramo 4:

Percent Downgrade	Length of Grade (mi)	Proportion of Trucks and Buses				
		5%	7%	10%	15%	20%
≤4	All	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
4-5	≤4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>4	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5
>5-6	≤4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>4	5.5	4.0	4.0	4.0	3.0
>6	≤4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>4	7.5	6.0	5.5	5.5	4.5

Tabla 138. Obtención E_T bajadas subtramo 4. Fuente: HCM 2010

Obtención de E_R en bajadas:

Como indica la tabla 14-15 del HCM, E_R siempre adopta un valor de 1,2 en bajadas.

Cálculo de f_{HV} :

Debido a que los valores E_T y E_R son iguales para todos los tramos, tanto en subidas como en bajadas, se puede calcular un único f_{HV} que sirva para todos los subtramos:

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + 0,07(1,5 - 1) + 0,02(1,2 - 1)} = 0.96$$

Figura 76. Cálculo f_{HV} . Fuente: HCM 2010

Obtención de f_P :

Se trata del factor de familiarización de los conductores con la vía que, a partir de las características sociales analizadas, se puede determinar un valor de 1, lo que quiere decir que los conductores están familiarizados con la vía.

Por tanto, ya se puede obtener V_p :

$$V_p = \frac{4770}{0.95 * 4 * 0.96 * 1} = 1308 \text{ veh/h}$$

Figura 77. Cálculo V_p . Fuente: HCM 2010

Una vez hallado V_p , comprobamos que el tramo de carretera analizado no tiene Nivel de Servicio F:

Curva	60
Valor saturación	2200
Valor calculado	1308
Es nivel F?	NO

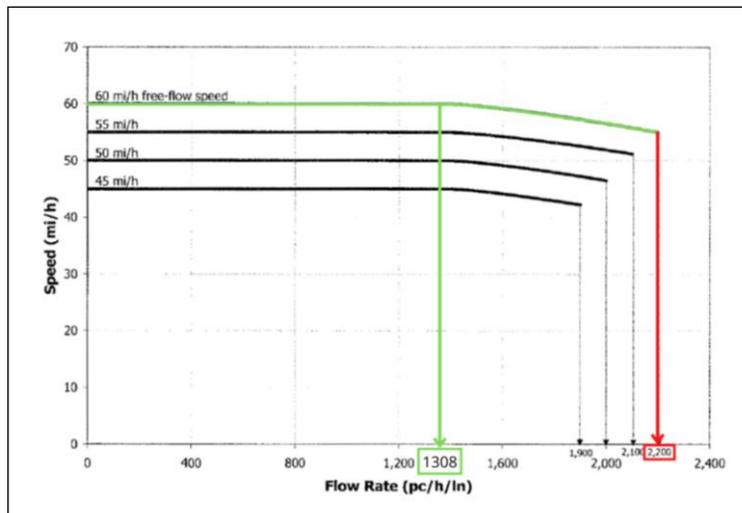


Figura 78. Comprobación vía no saturada. Fuente: HCM 2010

No es nivel F, luego podemos seguir calculando el Nivel de Servicio con el siguiente paso.

PASO 5: Velocidad y densidad estimadas

Se quiere calcular la densidad de la vía:

$$D = \frac{vp}{s}$$

Figura 79. Obtención densidad de la vía. Fuente: HCM 2010

Obteniendo:

$$D = \frac{1308}{60} = 21,79 \text{ veh/mi/carril}$$

Figura 80. Cálculo densidad de la vía. Fuente: HCM 2010

PASO 6: Cálculo del Nivel de Servicio

Una vez realizados todos los cálculos, se procede a estimar el Nivel de Servicio mediante la Tabla 14-4 del HCM:

LOS	FFS(mi/h)	Density(veh/mi/lane)
A	All	>0-11
B	All	>11-18
C	All	>18-26
D	All	>26-35
E	60	>35-40
	55	>35-41
	50	>35-43
	45	>35-45
F	Demand exceeds Capacity	
	60	>40
	55	>41
	50	>43
	45	>45

Tabla 139. Nivel de servicio 2045 con ejecución de carril. Fuente: HCM 2010

6.1.5.3. Obtención del Nivel de Servicio F

PASO 1: Obtención de BFFS y datos de entrada

Teniendo en cuenta las mejoras propuestas para la infraestructura, se llegaría a un nivel de servicio F, lo que definiría la capacidad de la vía, con una IMD de 160.480 y un volumen horario pico asociado de 8.024, tal y como se muestra a continuación:

L.tramo	1275	m
Dividido con mediana?	Sí	
nº carriles x sentido	4	
FFSBase	60	mi/h
Ancho carril	11,5	ft
Visib.lateral derecha	6	ft
Ptos de acceso/mi	3	
Vol.horario pico Vph	8024	veh/h
%Pesados	7	
%V.recreacionales	2	
PHF	0,95	
Cond. Familiariz. Via	1	

Tabla 140. Cálculo BFFS. Fuente: Propia

PASO 2: Cálculo de FFS

Obtención de la velocidad de flujo libre (FFS):

$$FFS = BFFS - f_{LW} - f_{LC} - f_M - f_A$$

Figura 81. Obtención FFS. Fuente: HCM 2010

Del mismo modo que en el apartado anterior, al no existir cambios que influyan en los factores que determinan la FFS, se obtendrá el mismo valor:

Cálculo de f_{LW} :

Lane Width (ft)	Reduction in FFS, f_{LW} (mi/h)
≥ 12	0.0
≥ 11-12	1.9
≥ 10-11	6.6

Tabla 141. Cálculo f_{LW} . Fuente: HCM 2010

Cálculo de f_{LC} :

Four-Lane Highways		Six-Lane Highways	
TLC (ft)	Reduction in FFS (mi/h)	TLC (ft)	Reduction in FFS (mi/h)
12	0.0	12	0.0
10	0.4	10	0.4
8	0.9	8	0.9
6	1.3	6	1.3
4	1.8	4	1.7
2	3.6	2	2.8
0	5.4	0	3.9

Note: Interpolation to the nearest 0.1 is recommended.

Tabla 142. Cálculo f_{LC} . Fuente: HCM 2010

Cálculo de f_M :

Median Type	Reduction in FFS, f_M (mi/h)
Undivided	1.6
TWLT	0.0
Divided	0.0

Tabla 143. Cálculo f_M . Fuente: HCM 2010

Cálculo de f_A :

Access-Point Density (access points/mi)	Reduction in FFS, f_A (mi/h)
0	0.0
10	2.5
20	5.0
30	7.5
≥ 40	10.0

Note: Interpolation to the nearest 0.1 is recommended.

Tabla 144. Cálculo f_A . Fuente: HCM 2010

Con lo que obtenemos una FFS de:

$$FFS = 60 - 1.9 - 0.5 \approx 58 \text{ mi/h}$$

Figura 82. Cálculo FFS. Fuente: HCM 2010

PASO 3: Selección de la curva FFS

Puesto que la FFS calculada es de 58 mi/h, nos podemos situar en la curva FFS 60 mi/h:

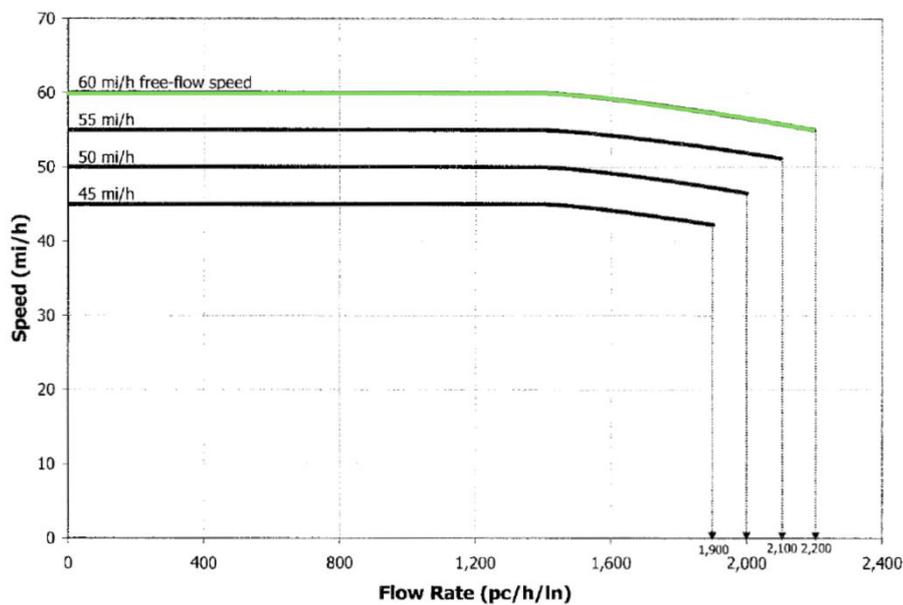


Figura 83. Elección curva FFS. Fuente: HCM 2010

PASO 4: Ajuste del volumen de demanda

En primer lugar, obtenemos el perfil de elevación del tramo y lo dividimos en subtramos en cada máximo y mínimo:



Figura 84. Perfil de elevación tramo de estudio. Fuente: Google Earth

En segundo, calculamos la distancia y el porcentaje de elevación de cada subtramo:

	Elevación	Longitud
T1	1,50%	0,29 mi
T2	2,30%	0,18 mi
T3	2%	0,2 mi
T4	1,25%	0,1 mi

Tabla 145. Porcentaje elevación tramo de estudio. Fuente: Propia

Se quiere obtener V_p :

$$V_p = \frac{V}{PHF * N * fHV * fP}$$

Figura 85. Obtención V_p . Fuente: HCM 2010

Para lo que se requiere el cálculo de f_{HV} :

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + PT(ET - 1) + PR(ER - 1)}$$

Figura 86. Obtención f_{HV} . Fuente: HCM 2010

Obtención de E_T en subidas:

Tramo 1:

Percent Upgrade	Length (mi)	Proportion of Trucks and Buses									
		2%	4%	5%	6%	7%	8%	10%	15%	20%	25%
≤2	All	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
>2 - 3	0.00 - 0.25	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.25 - 0.50	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.50 - 0.75	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.75 - 1.00	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>1.00 - 1.50	2.5	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	>1.50	3.0	3.0	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
>3 - 4	0.00 - 0.25	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.25 - 0.50	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5
	>0.50 - 0.75	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	>0.75 - 1.00	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0
	>1.00 - 1.50	3.5	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5
	>1.50	4.0	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5

Tabla 146. Obtención E_T subidas subtramo 1. Fuente: HCM 2010

Tramo 2:

Percent Upgrade	Length (mi)	Proportion of Trucks and Buses									
		2%	4%	5%	6%	7%	8%	10%	15%	20%	25%
≤2	All	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
>2 - 3	0.00 - 0.25	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.25 - 0.50	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.50 - 0.75	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.75 - 1.00	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>1.00 - 1.50	2.5	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	>1.50	3.0	3.0	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
>3 - 4	0.00 - 0.25	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.25 - 0.50	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5
	>0.50 - 0.75	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	>0.75 - 1.00	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0
	>1.00 - 1.50	3.5	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5
	>1.50	4.0	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5

Tabla 147. Obtención E_T subidas subtramo 2. Fuente: HCM 2010

Tramo 3:

Percent Upgrade	Length (mi)	Proportion of Trucks and Buses									
		2%	4%	5%	6%	7%	8%	10%	15%	20%	25%
≤2	All	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
>2-3	0.00 - 0.25	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.25 - 0.50	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.50 - 0.75	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.75 - 1.00	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>1.00 - 1.50	2.5	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	>1.50	3.0	3.0	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
>3-4	0.00 - 0.25	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.25 - 0.50	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.50 - 0.75	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	>0.75 - 1.00	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0
	>1.00 - 1.50	3.5	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5
	>1.50	4.0	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5

Tabla 148. Obtención E_T subidas subtramo 3. Fuente: HCM 2010

Tramo4:

Percent Upgrade	Length (mi)	Proportion of Trucks and Buses									
		2%	4%	5%	6%	7%	8%	10%	15%	20%	25%
≤2	All	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
>2-3	0.00 - 0.25	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.25 - 0.50	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.50 - 0.75	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.75 - 1.00	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>1.00 - 1.50	2.5	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	>1.50	3.0	3.0	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
>3-4	0.00 - 0.25	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.25 - 0.50	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.50 - 0.75	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	>0.75 - 1.00	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0
	>1.00 - 1.50	3.5	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5
	>1.50	4.0	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5

Tabla 149. Obtención E_T subidas subtramo 4. Fuente: HCM 2010

Obtención de E_R en subidas:

Tramo1:

Percent Upgrade	Length (mi)	Proportion of RVs									
		2%	4%	5%	6%	8%	10%	15%	20%	25%	
≤2	All	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	
>2-3	0.00 - 0.50	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	
	>0.50	3.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.2	1.2	1.2	
>3-4	0.00 - 0.25	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	
	>0.25 - 0.50	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	
	>0.50	3.0	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	

Tabla 150. Obtención E_R subidas subtramo 1. Fuente: HCM 2010

Tramo 2:

Percent Upgrade	Length (mi)	Proportion of RVs								
		2%	4%	5%	6%	8%	10%	15%	20%	25%
≤2	All	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
>2 - 3	0.00 - 0.50	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
	>0.50	3.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.2	1.2	1.2
>3 - 4	0.00 - 0.25	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
	>0.25 - 0.50	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5
	>0.50	3.0	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5

Tabla 151. Obtención E_R subidas subtramo 2. Fuente: HCM 2010

Tramo 3:

Percent Upgrade	Length (mi)	Proportion of RVs								
		2%	4%	5%	6%	8%	10%	15%	20%	25%
≤2	All	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
>2 - 3	0.00 - 0.50	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
	>0.50	3.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.2	1.2	1.2
>3 - 4	0.00 - 0.25	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
	>0.25 - 0.50	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5
	>0.50	3.0	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5

Tabla 152. Obtención E_R subidas subtramo 3. Fuente: HCM 2010

Tramo 4:

Percent Upgrade	Length (mi)	Proportion of RVs								
		2%	4%	5%	6%	8%	10%	15%	20%	25%
≤2	All	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
>2 - 3	0.00 - 0.50	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
	>0.50	3.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.2	1.2	1.2
>3 - 4	0.00 - 0.25	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
	>0.25 - 0.50	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5
	>0.50	3.0	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5

Tabla 153. Obtención E_R subidas subtramo 4. Fuente: HCM 2010

Obtención de E_T en bajadas:

Tramo 1:

Percent Downgrade	Length of Grade (mi)	Proportion of Trucks and Buses				
		5%	7%	10%	15%	20%
≤4	All	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
4 - 5	≤4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>4	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5
>5 - 6	≤4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>4	5.5	4.0	4.0	4.0	3.0
>6	≤4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>4	7.5	6.0	6.0	5.5	4.5

Tabla 154. Obtención E_T bajadas subtramo 1. Fuente: HCM 2010

Tramo 2:

Percent Downgrade	Length of Grade (mi)	Proportion of Trucks and Buses				
		5%	7%	10%	15%	20%
<4	All	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
4 - 5	≤4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>4	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5
>5 - 6	≤4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>4	5.5	4.0	4.0	4.0	3.0
>6	≤4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>4	7.5	6.0	5.5	5.5	4.5

Tabla 155. Obtención E_T bajadas subtramo 2. Fuente: HCM 2010

Tramo 3:

Percent Downgrade	Length of Grade (mi)	Proportion of Trucks and Buses				
		5%	7%	10%	15%	20%
<4	All	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
4 - 5	≤4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>4	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5
>5 - 6	≤4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>4	5.5	4.0	4.0	4.0	3.0
>6	≤4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>4	7.5	6.0	5.5	5.5	4.5

Tabla 156. Obtención E_T bajadas subtramo 3. Fuente: HCM 2010

Tramo 4:

Percent Downgrade	Length of Grade (mi)	Proportion of Trucks and Buses				
		5%	7%	10%	15%	20%
<4	All	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
4 - 5	≤4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>4	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5
>5 - 6	≤4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>4	5.5	4.0	4.0	4.0	3.0
>6	≤4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>4	7.5	6.0	5.5	5.5	4.5

Tabla 157. Obtención E_T bajadas subtramo 4. Fuente: HCM 2010

Obtención de E_R en bajadas:

Como indica la tabla 14-15 del HCM, E_R siempre adopta un valor de 1,2 en bajadas.

Cálculo de f_{HV} :

Debido a que los valores E_T y E_R son iguales para todos los tramos, tanto en subidas como en bajadas, se puede calcular un único f_{HV} que sirva para todos los subtramos:

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + 0,07(1,5 - 1) + 0,02(1,2 - 1)} = 0.96$$

Figura 87. Cálculo f_{HV} . Fuente: HCM 2010

Obtención de f_p :

Se trata del factor de familiarización de los conductores con la vía que, a partir de las características sociales analizadas, se puede determinar un valor de 1, lo que quiere decir que los conductores están familiarizados con la vía.

Por tanto, ya se puede obtener V_p :

$$V_p = \frac{8024}{0.95 \cdot 4 \cdot 0.96 \cdot 1} = 2200 \text{ veh/h/carril}$$

Figura 88. Cálculo V_p . Fuente: HCM 2010

Una vez hallado V_p , comprobamos que el tramo de carretera analizado no tiene Nivel de Servicio F:

Curva	60
Valor saturación	2200
Valor calculado	2200
Es nivel F?	SI

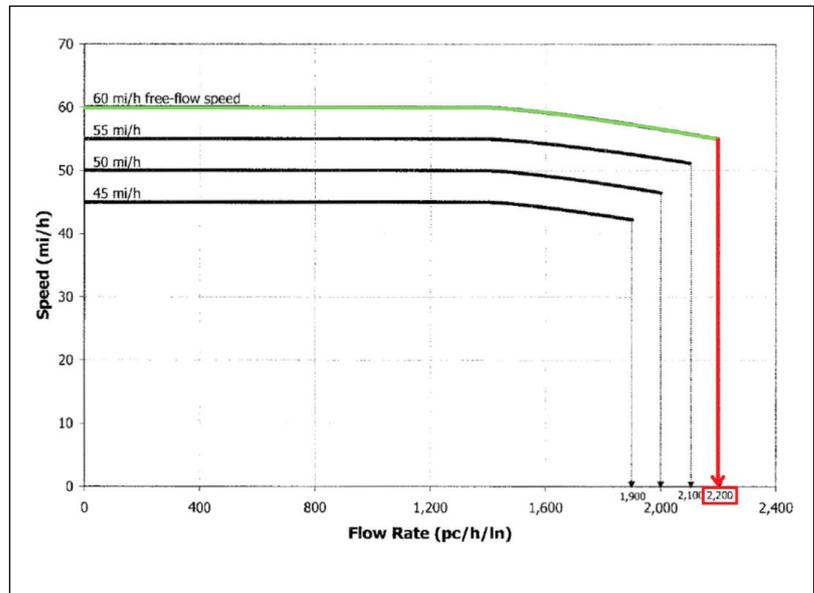


Figura 89. Comprobación vía no saturada. Fuente: HCM 2010

Se obtiene Nivel de Servicio F, por lo que la vía ha llegado a su máxima capacidad.

4.1.6. Tabla resumen Niveles de servicio

A partir del análisis y los cálculos realizados, se resume y recopila en esta tabla los distintos Niveles de Servicio de 2019, 2025, 2035 y 2045:

		Año	2019	2025	2035	2045
NIVEL DE SERVICIO	Sin ejecución del carril		C	C	C	D
	Con ejecución del carril			B	C	C

Tabla 158. Resumen Nivel de Servicio 2019-2045. Fuente: Propia



4.2. Descompuestos del presupuesto



CAPÍTULO 1. TRABAJOS PREVIOS

CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD	P.UNITARIO	IMPORTE
DEMOLICIÓN DE FIRME O PAVIMENTO EXISTENTE	5.400,00	m2	3,90	21.060,00 €
FRESADO DE PAVIMENTO BITUMINOSO O DE HORMIGÓN EXISTENTE	27.000,00	m2cm	0,52	14.040,00 €
CORTE CON DISCO	20,00	m2	624,81	12.496,20 €
			TOTAL	47.596,20 €

CAPÍTULO 2. FIRMES Y PAVIMENTOS

CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD	P.UNITARIO	IMPORTE
SUELO-CEMENTO FABRICADO EN CENTRAL CON MATERIAL GRANULAR PROCEDENTE DE CANTERA	270,00	m3	28,08	7.581,60 €
ÁRIDO EMPLEADO EN RIEGOS DE IMPRIMACIÓN O DE CURADO	130,00	t	18,29	2.377,70 €
EMULSIÓN C60BP4 ADH, MODIFICADA CON POLÍMEROS, EN RIEGO DE ADHERENCIA	114,29	t	624,16	71.332,57 €
EMULSIÓN C60B3 ADH EN RIEGOS DE ADHERENCIA O C60B3				
CUR EN RIEGOS DE CURADO	114,29	t	624,16	71.332,57 €
MBC TIPO AC16 SURF S, EXCEPTO BETÚN Y POLVO MINERAL	400,00	t	30,61	12.244,00 €
MBC TIPO BBTM 11B EN CAPA DE RODADURA, EXCEPTO BETÚN Y POLVO MINERAL	5.400,00	m2	2,68	14.472,00 €
			TOTAL	179.340,44 €



CAPÍTULO 3. SEÑALIZACIÓN, BALIZAMIENTO Y DEFENSAS

CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD	P.UNITARO	IMPORTE
SEÑAL TRIANGULAR DE 175 cm DE LADO Y RETRORREFLECTANCIA DE CLASE RA3	4	UD.	373,79	1.495,16 €
SEÑAL TRIANGULAR INVERTIDA DE 175 cm DE LADO Y RETRORREFLECTANCIA DE CLASE RA3	4	UD.	373,79	1.495,16 €
SEÑAL CIRCULAR DE 120 cm DE DIÁMETRO Y RETRORREFLECTANCIA DE CLASE RA3	4	UD.	350,00	1.400,00 €
CARTEL DE CHAPA DE ACERO GALVANIZADO, RA3 419,64 CARTEL DE CHAPA DE ACERO GALVANIZADO, RETRORREFLECTANTE DE CLASE RA3, i/ TORNILLERÍA, ELEMENTOS DE FIJACIÓN, POSTES Y CIMENTACIÓN Y TRANSPORTE A LUGAR DE EMPLEO.	2	UD.	419,64	839,28 €
PÓRTICO ACERO GALVANIZADO, LUZ HASTA 30,00 m Y HASTA 80 m ² DE CARTELERÍA (NO INCLUIDA)	2	UD.	73338,78	146.677,56 €
MARCA VIAL BLANCA REFLECTANTE, TERMOPLÁSTICA EN CALIENTE, ANCHO 15 cm	2400	m	0,71	1.704,00 €
MARCA VIAL BLANCA REFLECTANTE, TIPO ACRÍLICA, EN SÍMBOLOS	30	m2	7,9	237,00 €
BARRERA DE SEGURIDAD MÓVIL TIPO NEW JERSEY, DE 2,00x0,80x0,60m	600	UD.	70,00	42.000,00 €
ROAD ZIPPER BARRIER	1	UD.	200000,00	200.000,00 €
			TOTAL	395.848,16 €



CAPÍTULO 4. OBRAS COMPLEMENTARIAS

CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD	P.UNITARO	IMPORTE
ESTACIÓN DE AFORO PRIMARIA, SECUNDARIA O DE COBERTURA EN DOBLE CALZADA (3+3)	1	UD.	9931,97	9.931,97 €
INSTALACIÓN DE ESPIRA EN CARRIL	7	UD.	1286	9.002,00 €
SUMINISTRO Y MONTAJE DE PROYECTOR LED 240W, 32000 LM Y 4000 K	14	UD.	1207,1	16.899,40 €
CÁMARA IP FIJA 8MPX	4	UD.	1049,2	4.196,80 €
CÁMARA DE DETECCIÓN DE VEHÍCULOS VEHANT 5MPX	7	UD.	1500	10.500,00 €
			TOTAL	50.530,17 €

CAPÍTULO 5. GESTIÓN DE RESIDUOS

CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD	P.UNITARO	IMPORTE
GESTIÓN DE RESIDUOS	1	UD.	29274,56	29.274,56 €
			TOTAL	29.274,56 €

CAPÍTULO 6. REPOSICIÓN DE SERVICIOS

CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD	P.UNITARO	IMPORTE
REPOSICIÓN DE SERVICIOS	1	UD.	21955,92	21.955,92 €
			TOTAL	21.955,92 €



CAPÍTULO 7. SEGURIDAD Y SALUD

CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD	P.UNITARO	IMPORTE
SEGURIDAD Y SALUD	1	UD.	7318,64	7.318,64 €
		TOTAL		7.318,64 €



5. REFERENCIAS

Ministerio de Transporte, Movilidad y Agenda Urbana, 2023. *Investigación sobre la implementación de los ITS en España*. Disponible en: <https://www.mitma.gob.es/transporte-terrestre/sistemas-inteligentes-de-transporte/sistemas-inteligentes-de-transporte-its>

SICE, 2023. *Sistemas inteligentes de tráfico y túneles: Aplicación al ámbito interurbano*. Disponible en: <https://www.sice.com/lineas-de-negocio/sistemas-inteligentes-de-trafico/trafico-interurbano>

Tecnocarreteras, 2023. *Conservación y explotación de carreteras: Rehabilitación de firmes*. Disponible en: <https://www.tecnocarreteras.es/sistema-de-gestion-web-de-carreteras/>

Google Earth, 2023. *Análisis entorno V-31 y proposición de alternativas*. Disponible en: <https://earth.google.com/web/>

Visor Cartográfico Generalitat Valenciana, 2022. *Consulta condicionantes V-31*. Disponible en: <https://visor.gva.es/visor/>

Instituto Nacional de Estadística, 2021. *Censo de población de la ciudad de Valencia*. Disponible en: <https://www.ine.es/jaxiT3/Datos.htm?t=2903>

Vehant Technologies, 2021. *Implementación Sistemas ATMS*. Disponible en: <https://www.vehant.com/research-technology/patents>

Ministerio de Transporte, Movilidad y Agenda Urbana, 2019. *Datos de aforo V-31*. Disponible en: <https://mapas.fomento.gob.es/mapatrafico/2019/>

About Civil, 2016. *Ingeniería de infraestructuras y Sistemas Inteligentes de Transporte: Sistemas ATMS*. Disponible en: <https://www.aboutcivil.org/new/intelligent-transportation-systems.html>

Highway Capacity Manual vol.3, 2010. *Análisis del tramo y estudio de tráfico*. Disponible en: <https://www.trb.org/Main/Blurbs/164718.aspx>



Ministerio de Transporte, Movilidad y Agenda Urbana, 2010. *Implementación de los ITS en España*. Disponible en: <https://www.fomento.gob.es/AZ.BBMF.Web/documentacion/pdf/R16714.pdf>

Norma 6.1. IC Secciones de Firme, de la Instrucción de Carreteras, 2003. *Análisis de la categoría de tráfico del tramo para estudio de tráfico*. Disponible en: https://www.mitma.gob.es/recursos_mfom/1010100.pdf