

# Estudio de movilidad

Plan de sectorización - Primafrio

JESCONSULT S.L.

diciembre de 2025

**Preparado por**

---

Adrián Suárez Rosagaray  
*Consultor de movilidad*

**Revisado por**

---

Henar Fernández Ruiz de la Sierra  
*Jefa de departamento de Consultoría de Transporte*

**Verificado por**

---

Nuria Vázquez Fustes  
*Jefa de departamento de Carreteras*

**Aprobado por**

---

Nuria Vázquez Fustes  
*Jefa de departamento de Carreteras*

### Historial de revisión

Revisión	Fecha de revisión	Detalles	Autorizado	Nombre	Posición

### Lista de distribución

#Copias impresas	PDF requerido	Asociación/ Nombre de la compañía

**Preparado para:**

JESCONSULT S.L.

**Preparado por:**

Adrián Suárez  
Consultor de Movilidad - ICCP

AECOM España DCS S.L..  
Alfonso XII Street  
62 5th floor  
28014 Madrid  
Spain

T: + 34 915 487 790  
aecom.com

© 2025 AECOM España DCS S.L. Todos los Derechos Reservados.

Este documento ha sido preparado por AECOM España DCS S.L. ("AECOM") para único uso del cliente (el "Cliente") en relación con los principios de consultoría, aceptados de manera general; el presupuesto de tasas y los términos de referencia acordados entre AECOM y el Cliente. Cualquier información proporcionada por terceros y mencionada a los presentes que no ha sido verificada por AECOM, a excepción de que se declare lo contrario en el documento. Ningún tercero podrá apoyarse en el presente documento sin la autorización y un acuerdo escrito de AECOM.

## Contenidos

1.	Antecedentes.....	1
2.	Introducción y alcance de los trabajos.....	1
3.	Caracterización de la situación de referencia.....	1
3.1	Sistema de transporte.....	1
3.1.1	Oferta de infraestructura viaria .....	1
3.1.2	Oferta de transporte público .....	3
3.2	Análisis de la movilidad actual.....	4
3.2.1	Datos de movilidad .....	4
3.2.2	Estimación de la demanda actual de viajes.....	5
3.2.3	Evaluación de la accesibilidad viaria actual.....	6
4.	Caracterización del escenario futuro .....	8
4.1	Descripción de las características del Plan de Sectorización .....	8
4.2	Oferta de infraestructura de acceso viario .....	8
4.3	Previsión de la demanda futura .....	10
4.3.1	Generación de viajes .....	10
4.3.1.1	Justificación del tipo de uso de suelo.....	10
4.3.1.2	Cálculo de generación de viajes .....	11
4.3.2	Distribución de viajes.....	12
4.3.3	Reparto modal .....	13
4.3.4	Asignación .....	13
4.4	Cálculo de los niveles de servicio .....	15
4.4.1	Rotonda 1 .....	15
4.4.2	Rotonda 2 .....	18
4.4.3	M-220 en situación futura .....	20
5.	Conclusiones y recomendaciones .....	22
5.1	Conclusiones .....	22
5.2	Recomendaciones .....	22
5.2.1	Potenciar el uso del transporte público.....	22
5.2.2	Potenciar el uso de la bicicleta .....	23
5.2.3	Promoción de otras posibles iniciativas de movilidad sostenible al trabajo .....	23

## Índice de figuras

Figura 1. Localización del sector.....	2
Figura 2. Infraestructura viaria cercana al sector.....	2
Figura 3. Conexión de la carretera M-220 con la autovía A-3.....	3
Figura 4. Localización de la parada de autobús más cercanos al sector.....	3
Figura 5. Localización de los aforos más cercanos al sector.....	5
Figura 6. Velocidad de flujo libre. Fuente: HCM2010.....	6
Figura 7. Demanda ajustada de vehículos. Fuente: HCM2010.....	7
Figura 8. Porcentaje de Tiempo Pasado Siguiendo al vehículo de delante. Fuente: HCM2010.....	7
Figura 9. Capacidad de la vía. Fuente: HCM2010.....	8
Figura 10. Conexión viaria del sector con la carretera M-220 mediante glorieta (Rotonda 1).....	9
Figura 11. Segunda glorieta (Rotonda 2) al norte del sector.....	9
Figura 12. Esquema en planta de las glorietas.....	10
Figura 13. Naves de almacenamiento de Primafrío. Fuente: página web del grupo Primafrío.....	10
Figura 14. Conexión de la carretera M-220 con la autovía A-3.....	13
Figura 15. Esquema de flujos de entradas en la zona.....	14
Figura 16. Esquema de flujos de salidas en la zona.....	14
Figura 17. Esquema de la Rotonda 1 (glorieta sur)      Figura 18. Esquema de la Rotonda 2 (glorieta norte).....	15
Figura 19. Esquema de flujos de la Rotonda 1.....	15
Figura 20. Esquema de flujos ajustados de la Rotonda 1.....	16
Figura 21. Capacidad de cada brazo. Fuente: HCM2010.....	16
Figura 22. Ratio demanda-capacidad de cada brazo. Fuente: HCM2010.....	17
Figura 23. Tiempo de espera en cada brazo. Fuente: HCM2010.....	17
Figura 24. Esquema de flujos de la Rotonda 2.....	18
Figura 25. Esquema de flujos ajustados de la Rotonda 2.....	18
Figura 26. Velocidad de flujo libre. Fuente: HCM2010.....	20
Figura 27. Demanda ajustada de vehículos. Fuente: HCM2010.....	20
Figura 28. Porcentaje de Tiempo Pasado Siguiendo al vehículo de delante. Fuente: HCM2010.....	21
Figura 29. Capacidad de la vía. Fuente: HCM2010.....	21

## Índice de tablas

Tabla 1. IMDs de 2022. Fuente:Estudio “Tráfico-IMD”.....	4
Tabla 2. Evolución de las IMDs (2019-2022). Fuente:Estudio “Tráfico-IMD”.....	4
Tabla 3. Clasificación de los niveles de servicio en carretera según PTSF. Fuente: HCM2010.....	7
Tabla 4. Ratios para generación de viajes diarios por cada 1000 m <sup>2</sup> de techo. Fuente: Trip Generation Manual (ITE).....	11
Tabla 5. Ratios para generación de viajes en hora punta por cada 1000 m <sup>2</sup> de techo Fuente: Trip Generation Manual (ITE).....	11
Tabla 6. Viajes generados para el nuevo sector en hora punta.....	11
Tabla 7. Resumen de viajes totales en hora punta.....	12
Tabla 8. Reparto direccional de viajes en hora punta para el tráfico generado por el nuevo sector.....	12
Tabla 9. Resumen del reparto direccional del total de viajes en hora punta para la situación futura.....	12
Tabla 10. Clasificación de niveles de servicio en rotonda según el tiempo de espera. Fuente: HCM2010.....	18
Tabla 11. Clasificación de los niveles de servicio en carretera según PTSF. Fuente: HCM2010.....	21

# 1. Antecedentes

La legislación de la Comunidad de Madrid pide, como parte de la documentación de los Planes de Sectorización, un capítulo específico para el análisis de la movilidad y transporte sostenibles, en particular de las conexiones viarias y el sistema de transporte.

Además, la Ley 37/2015, de 29 de septiembre, de carreteras, recoge la necesidad de que los desarrollos urbanísticos resuelvan las necesidades de movilidad que generen, desarrollando sus propios sistemas e infraestructuras e incluye una serie de preceptos sobre la movilidad sostenible, como la consideración de la intermodalidad en el entorno de las aglomeraciones urbanas.

El presente estudio, en línea con los anteriores requerimientos, tiene por objeto analizar la movilidad de la propuesta de Proyecto de Sectorización de Suelo No Urbanizable Común destinado a la actividad industrial, ubicado al este del municipio de Arganda del Rey, Madrid.

## 2. Introducción y alcance de los trabajos

El estudio de movilidad tiene como objetivo realizar, a partir del diagnóstico de la movilidad actual, un análisis de la propuesta de conexiones viarias para el sector, en relación con su adecuado dimensionamiento y nivel de servicio, y formular una serie de medidas para garantizar una accesibilidad sostenible al sector.

El análisis se inicia caracterizando la situación de referencia, describiendo las conexiones al sector, tanto con la red viaria de contorno como con otros servicios de transporte, y determinando el tráfico en la situación actual, utilizando los datos de aforos disponibles de la Comunidad de Madrid.

Posteriormente se expone el escenario futuro, comenzando por describir las características del Plan: dimensiones, usos, superficies, etc. y la propuesta de red viaria. Se lleva a cabo una prognosis de tráfico generado por el nuevo desarrollo, a partir de datos de desarrollos similares y de publicaciones de referencia, que se asignan a la red viaria futura para obtener el nivel de servicio de los principales elementos del viario y verificar el impacto que tiene el tráfico generado por el sector.

Finalmente se presentan las conclusiones del estudio y se plantean recomendaciones para mejorar la movilidad del ámbito.

En los siguientes apartados se describe la metodología a seguir para el desarrollo de estas tareas.

## 3. Caracterización de la situación de referencia

### 3.1 Sistema de transporte

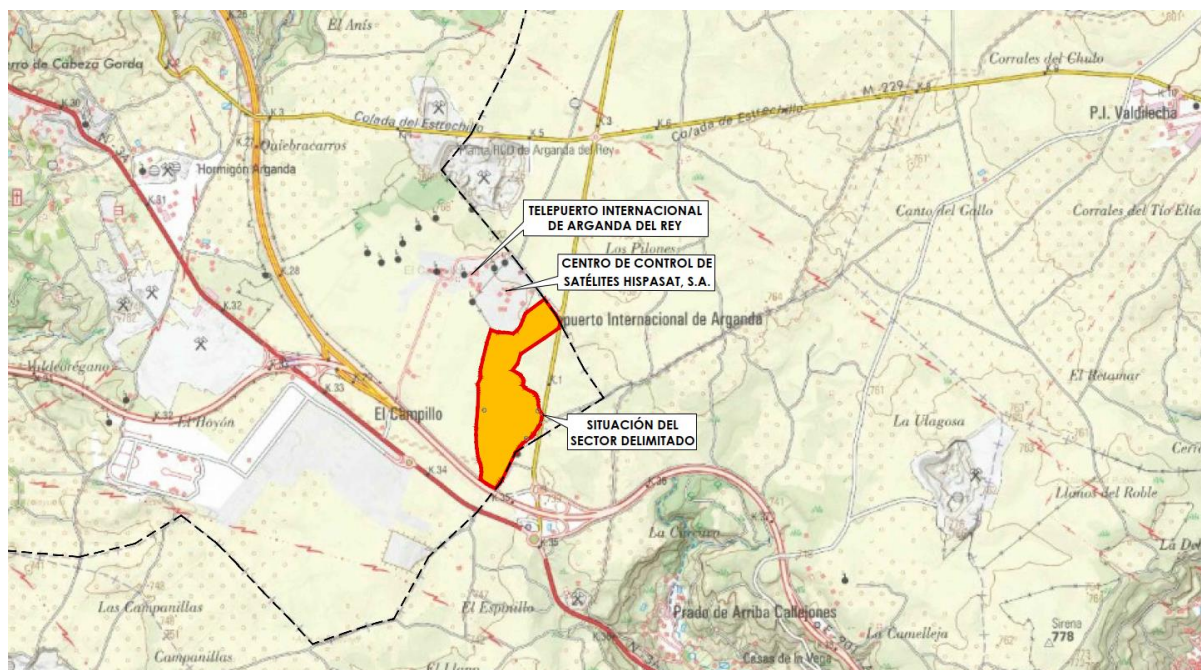
Uno de los aspectos fundamentales para la caracterización de la movilidad al sector es el estudio de la accesibilidad que posee el ámbito tanto en vehículo privado como a la red de transporte público, debido a que su oferta condiciona enormemente la elección modal de los trabajadores. Por ello, se procede a analizar el sistema de transporte que da servicio al sector y la facilidad de acceso al mismo.

#### 3.1.1 Oferta de infraestructura viaria

El ámbito de estudio está emplazado, como ya se comenta en la memoria del proyecto, al este del municipio de Arganda del Rey. Colinda con las instalaciones del Centro de Control de Satélites de Hispasat y el término

municipal de Campo Real al norte, con la carretera M-220 y el término municipal de Perales de Tajuña al este, con la autovía A-3 al sur y con un Camino de Servicio de dominio público al oeste.

Se acompaña plano de encuadre territorial para mejor comprensión del ámbito de estudio:



**Figura 1. Localización del sector**

En lo que compete a la infraestructura viaria cercana a la zona de estudio y, por ende, de interés, se observa que la carretera M-220 será la vía que ofrezca entrada y salida al nuevo sector. Por ello, hemos creído conveniente estudiar el comportamiento del tráfico que utiliza esta carretera, caracterizarlo y analizar su capacidad en lo que hemos denominado “tráfico actual” para separarlo del “tráfico generado” por la creación y explotación del nuevo sector.



**Figura 2. Infraestructura viaria cercana al sector**

La carretera M-220 es una carretera de la Comunidad de Madrid, cuyo origen empieza en su conexión con la autovía A-3, y con una longitud total alrededor de 23 km, dirección norte. Sus primeros 8 km conectan la autovía A-3 con el núcleo poblacional de Campo Real, si bien estos vecinos tienen la alternativa de usar la carretera M-209. En perpendicular, cerca del P.K. 3,00 de la M-220 se encuentra la carretera M-229, que parte del núcleo de

Arganda del Rey hacia el este. Cabe mencionar que esta carretera, la M-229, sirve de conexión entre los municipios de Valdilecha y Arganda. Asimismo, el cruce con la M-220 posibilita la salida directa de los vecinos de Valdilecha a la autovía A-3 para poder acceder a Madrid.

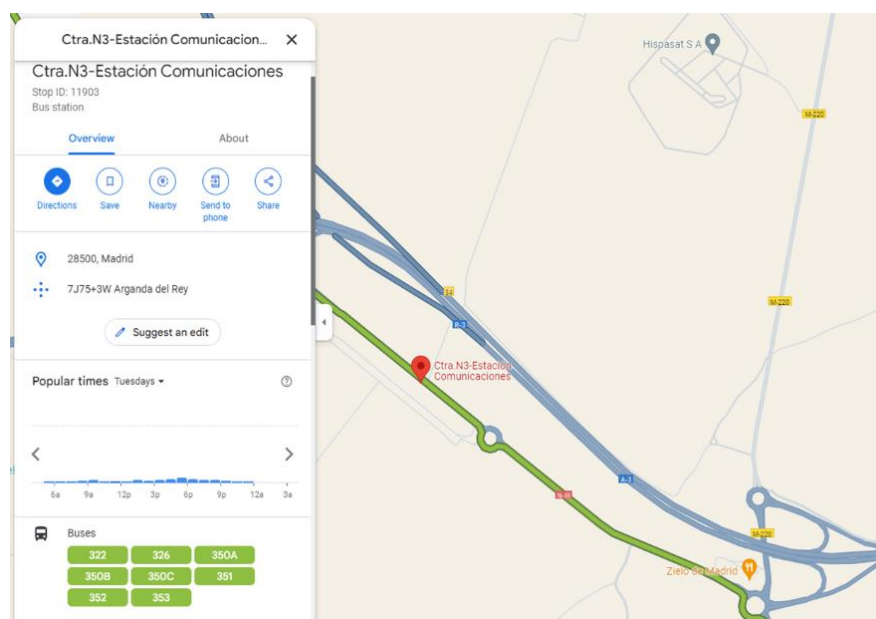


**Figura 3. Conexión de la carretera M-220 con la autovía A-3**

Por tanto, como ya se ha intuido, la principal entrada y salida del tráfico de la carretera M-220 se realiza desde el sur, mayoritariamente desde la autovía A-3 o, en menor medida, desde la carretera N-III, que confluyen en el enlace que se ve en la imagen superior.

### 3.1.2 Oferta de transporte público

El sector se encuentra aislado, en una zona rural no conectada a entornos urbanos y sin accesibilidad en transporte público. Aunque existen varias líneas de autobuses interurbanos que acceden a las cercanías del ámbito, tanto desde Madrid como desde Arganda del Rey, con parada en el siguiente punto: “Ctra.N3-Estación Comunicaciones”, desde éste hasta el futuro acceso al ámbito habría más de media hora de desplazamiento caminando, por lo que no se considera realista la opción de acceder al ámbito en transporte público.



**Figura 4. Localización de la parada de autobús más cercanos al sector**

## 3.2 Análisis de la movilidad actual

A continuación, se procede a evaluar el funcionamiento de la red viaria actual desde el punto de vista de su capacidad y nivel de servicio para evaluar la accesibilidad al ámbito en modos motorizados.

### 3.2.1 Datos de movilidad

La Dirección General de Carreteras de la Comunidad de Madrid publica anualmente el estudio “Tráfico-IMD” que recopila y analiza la información relativa al tráfico en las carreteras de dicha Comunidad. El último estudio publicado data del año 2022 y arroja información de gran interés acerca del uso realizado de las distintas carreteras de la Región, así como de la gestión del tráfico o el diagnóstico del mismo (Intensidades Medias Diarias – IMD, kilómetros recorridos, parque de vehículos, etc.). Este estudio se sirve de una amplia oferta de aforos realizados a lo largo de las carreteras de la Comunidad, cuyos datos vienen recopilados en sus anexos.

Se recuerda que, de las distintas carreteras que se encuentran en la zona de estudio, la carretera M-220 es la que será utilizada en la situación futura. Además, conociendo que la carretera M-229 conecta Valdilecha con la A-3, previo cruce con la M-220, se ha considerado relevante introducirla también en el análisis. Ambas pertenecen a la Red de Carreteras de la Comunidad de Madrid por lo que podemos obtener del estudio “Tráfico-IMD” datos de gran valor.

Los principales datos que se obtienen del estudio son la Intensidad Media Diaria (esto es, vehículos al día) en 2022, el % de vehículos pesados y la variación de IMD en el periodo 2019 – 2022:

Carretera	PK	IMD 2022	% Vehículos Pesados 2022	IMD Vehículos Pesados 2022
M-220 (al sur de Campo Real)	8,02	2996	26,07 %	781
M-220 (al norte de Campo Real)	10,10	1933	33,21 %	642
M-229 (al oeste del cruce con la M-220)	4,98	1302	28,11 %	366
M-229 (al este del cruce con la M-220)	6,20	2135	10,54 %	225

Tabla 1. IMDs de 2022. Fuente: Estudio “Tráfico-IMD”

Carretera	PK	IMD 2022	IMD 2021	IMD 2020	IMD 2019	Media 2019 -2022
M-220 (al sur de Campo Real)	8,02	2996	2997	2307	3069	3021
M-220 (al norte de Campo Real)	10,10	1933	2044	1569	2007	1888
M-229 (al oeste del cruce con la M-220)	4,98	1302	1511	1390	1646	1486
M-229 (al este del cruce con la M-220)	6,20	2135	2229	1888	2318	2227

Tabla 2. Evolución de las IMDs (2019-2022). Fuente: Estudio “Tráfico-IMD”

La localización de los aforos de los que se obtienen estos datos está representada en la imagen inferior, a excepción del aforo de la carretera M-220 en el PK 10, ya que se encuentra al norte de Campo Real y, en avance al próximo capítulo, será descartado dada su lejanía con el ámbito de actuación. En todo caso, su IMD es claramente inferior al aforo en PK 8,02 con lo que no se estaría obviando una IMD relevante.

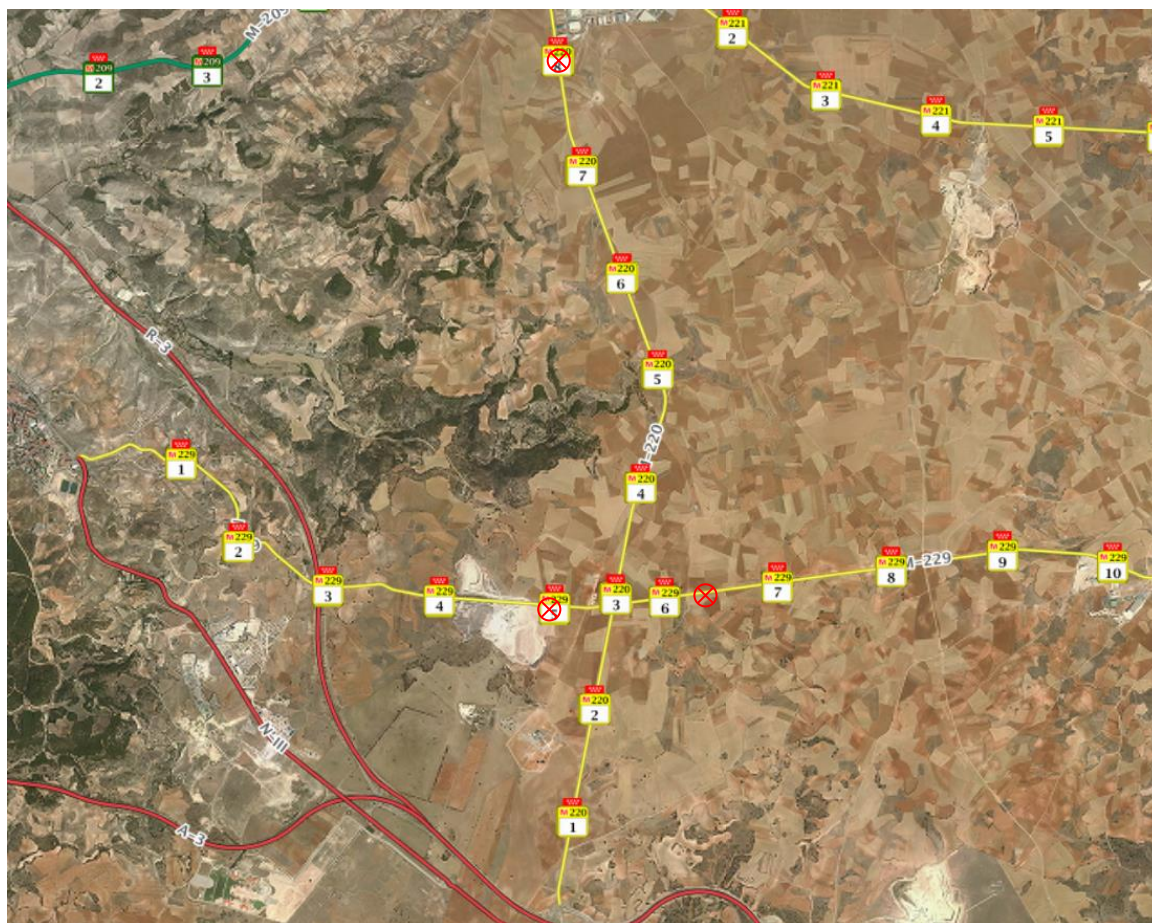


Figura 5. Localización de los aforos más cercanos al sector

### 3.2.2 Estimación de la demanda actual de viajes

A partir de los datos expuestos en el apartado previo se han establecido diversas hipótesis para estimar la demanda actual de viajes.

La primera hipótesis de partida plantea fijar una IMD para la carretera M-220 en el tramo entre la rotonda del sur (enlace con la A-3) y el cruce con la carretera M-229. Este será el tramo que dará servicio al futuro sector y, por tanto, debe ser el tramo estudiado. Sin embargo, en el plano de localización de aforos se puede constatar que el aforo de la M-220 en el PK 8,02 queda bastante al norte del tramo a estudiar.

La hipótesis plantea, siempre en búsqueda de un caso crítico (es decir, más desfavorable), lo siguiente:

- La IMD en M-220 en su PK 8,02 es, aproximadamente, 3000 veh/día.
- La IMD en M-229 en su PK 4,98 (al oeste del cruce con la M-220) es de 1300 veh/día.
- La IMD en M-229 en su PK 6,20 (al este del cruce con la M-220) es de 2135 veh/día.
- Los aforos no especifican IMD por sentidos. Sin embargo, se estima que la IMD de 1300 veh/día son usuarios que utilizan la M-229 hasta su extremo este u oeste, o que conectan con la M-220 hacia el norte, no impactando por tanto en el tramo de la M-220 a estudiar.
- En cambio, la diferencia entre dos aforos tan cercanos de una misma carretera, la M-229, que pasa de 2135 veh/día a 1300 veh/día en sentido Valdilecha-Arganda una vez se pasa el cruce con la carretera M-220, plantea que necesariamente la diferencia de veh/día desemboca en la M-220, probablemente, como ya se ha indicado, en dirección sur para tomar la autovía A-3 dirección Madrid.
- Por esto, se tomará como **IMD actual** en el tramo de la **M-220** a estudiar la siguiente:

$$IMD = 3000 + (2135 - 1300) = 3835 \approx 4000 \text{ veh/día}$$

La segunda hipótesis que se plantea es tomar el factor de hora punta estándar del 10%, habitual en este tipo de carreteras. De este modo, habiéndose ya decretado la IMD de estudio del tramo M-220 en 4000 veh/día se determina que la IMD horaria de estudio será 400 veh/h. Para continuar en el caso más desfavorable se tomará la intensidad de vehículos pesados más elevada de los aforos cercanos, esto es, el 26% encontrado en el aforo de la M-220.

La tercera hipótesis expone el reparto por sentidos en el tramo a estudiar. Teniendo una única entrada/salida en el sur, el enlace con la A-3, y siendo el otro extremo del tramo la intersección con la M-229, parece razonable establecer un reparto 50-50.

### 3.2.3 Evaluación de la accesibilidad viaria actual

El estudio de capacidad del tramo de la M-220, así como el cálculo de su nivel de servicio, se realiza a partir de la metodología expuesta en el Manual de Capacidad (Highway Capacity Manual 2010), concretamente, el capítulo 15 “Carreteras de dos carriles”.

La metodología se ejecuta de la siguiente manera:

- 1) Tomar demanda estimada en apartado anterior: 4000 veh/día
- 2) El análisis se realiza en la hora punta (10%): 400 veh/h
- 3) El tráfico se repartirá equitativamente entre los dos carriles: 200 veh/h/carril
- 4) Aplicación del HCM para este tramo de la M-220
- 5) Valoración del resultado obtenido

En este tipo de vías (clase II: carreteras convencionales cuya función principal es de accesibilidad y/o redes locales que no son de velocidades elevadas) los indicadores del Nivel de Servicio son decretados en función del porcentaje de tiempo que un vehículo pasa siguiendo al de delante. El Manual de Capacidad declara unas condiciones ideales para aplicar este método y en función de las condiciones reales del tramo a estudiar aplica factores “de corrección” para adecuar la metodología al caso concreto.

Las características del tramo de la carretera M-220 a estudiar son:

- Carriles de 3 m.
- Arcenes de 0,5 m.
- 6 accesos en el tramo a estudiar
- Terreno llano
- 26% vehículos pesados
- Prohibición de adelantamiento en aproximadamente el 20% del tramo
- Reparto por sentidos 50-50
- IMD horaria: 400 veh/h

Para llegar a calcular el porcentaje de tiempo siguiendo al coche de delante es necesario calcular previamente otros parámetros.

- 1) Estimar la Velocidad de Flujo Libre

La Velocidad de Flujo Libre viene determinada por la siguiente fórmula:

$$FFS = BFFS - f_{LS} - f_A$$

**Figura 6. Velocidad de flujo libre. Fuente: HCM2010**

donde:

- FFS (siglas en inglés) es la Velocidad de Flujo Libre
- BFFS es la Velocidad de diseño de la carretera, es decir, la delimitada en el tramo: 70 km/h
- $f_{LS}$  representa el ajuste por el ancho de carriles y arcenes (extraído del Manual de Capacidad)
- $f_A$  representa el ajuste por la densidad de accesos en el tramo (extraído del Manual de Capacidad)

Con todo, se llega a una Velocidad de Flujo Libre de 60 km/h.

2) Ajustar la demanda para calcular el Porcentaje de Tiempo Pasado Siguiendo

El Manual de Capacidad ajusta la demanda, en este caso 400 veh/h, respecto a dos conceptos que introduce el Manual (el factor de ajuste por vehículos pesados y el factor de hora punta, FHP). Así pues, utiliza la siguiente fórmula:

$$v_{i,PTSF} = \frac{V_i}{PHF \times f_{g,PTSF} \times f_{HV,PTSF}}$$

**Figura 7. Demanda ajustada de vehículos. Fuente: HCM2010**

donde:

- $v_{i,PTSF}$  es el flujo de vehículos ajustado, se calcula por sentido, pero en este caso al ser un reparto 50-50 coincidirá
- $V_i$  es el volumen de demanda: 400 veh/h (200 veh/h por sentido)
- PHF es el Factor de Hora Punta, este factor homogeneiza el periodo de 15 minutos más crítico a lo largo de toda la hora punta. En este tipo de carreteras el valor estándar es 0,90
- $f_{g,PTSF}$  representa el ajuste por tipo de terreno (extraído del Manual de Capacidad)
- $f_{HV,PTSF}$  representa el ajuste por el % de vehículos pesados que circulan por la carretera (se calcula según fórmula del Manual de Capacidad, con parámetros según tablas del mismo)

Resulta, finalmente, un flujo por sentido de 228 veh/h.

3) Estimación del Porcentaje de Tiempo Pasado Siguiendo (Nivel de Servicio)

Una vez obtenido el flujo ajustado de vehículos/hora por carril se puede calcular el Porcentaje de Tiempo Pasado Siguiendo al vehículo de delante (PTSF, por sus siglas en inglés).

$$PTSF_d = BPTSF_d + f_{np,PTSF} \left( \frac{v_{d,PTSF}}{v_{d,PTSF} + v_{o,PTSF}} \right)$$

**Figura 8. Porcentaje de Tiempo Pasado Siguiendo al vehículo de delante. Fuente: HCM2010**

donde:

- $PTSF_d$  es el Porcentaje de Tiempo Pasado Siguiendo al vehículo de delante
- $BPTSF_d$  es el Porcentaje de Tiempo Pasado Siguiendo Base, representa el porcentaje ideal que obtendría el tramo si las condiciones fueran ideales (extraído del Manual de Capacidad)
- $f_{np,PTSF}$  representa el ajuste por las zonas de no adelantamiento en el tramo (extraído del Manual de Capacidad)
- $v_{d,PTSF} = v_{o,PTSF}$  son los flujos ajustados calculados en el apartado previo (228 veh/h); se recuerda que en este caso los flujos por sentido coinciden al ser flujos equitativos

Aplicando la fórmula se obtiene un PTSF de 45,07 % lo que, en base a la tabla del Manual de Capacidad proporciona un **Nivel de Servicio B**.

NIVEL DE SERVICIO	PTS
A	$PTS \leq 40$
B	$40 \geq PTS \geq 55$
C	$55 \geq PTS \geq 70$
D	$70 \geq PTS \geq 85$
E	$85 \geq PTS$

**Tabla 3. Clasificación de los niveles de servicio en carretera según PTSF. Fuente: HCM2010**

Se entiende por nivel de servicio B que la vía posee una buena calidad de servicio, que no hay demoras y que el tráfico es estable y fluye libremente; concluye que la capacidad de maniobra se encuentra tan solo levemente restringida.

#### 4) Cálculo de la Capacidad de la vía

Bajo condiciones ideales, la capacidad de una carretera de dos carriles (en una sola dirección) es de 1700 veh/h. Sin embargo, al igual que en el cálculo del Nivel de Servicio, al no estar en esas condiciones hay que introducir factores de ajuste para determinar la capacidad de la vía. Esto se consigue con la siguiente fórmula extraída del Manual de Capacidad:

$$C_{dPTSF} = 1,700 f_{g,PTSF} f_{HV,PTSF}$$

**Figura 9. Capacidad de la vía. Fuente: HCM2010**

donde:

- $C_{dPTSF}$  es la capacidad de la vía, a calcular
- $f_{g,PTSF}$  representa el ajuste por tipo de terreno (extraído del Manual de Capacidad)
- $f_{HV,PTSF}$  representa el ajuste por el % de vehículos pesados que circulan por la carretera (se calcula según fórmula del Manual de Capacidad, con parámetros según tablas del mismo)

Realizando el cálculo se obtiene una capacidad de 1657 veh/h por carril. Recordando que el flujo obtenido es de 228 veh/h por carril se puede deducir que **no habría problema de capacidad** en este tramo de la M-220 en la situación actual.

## 4. Caracterización del escenario futuro

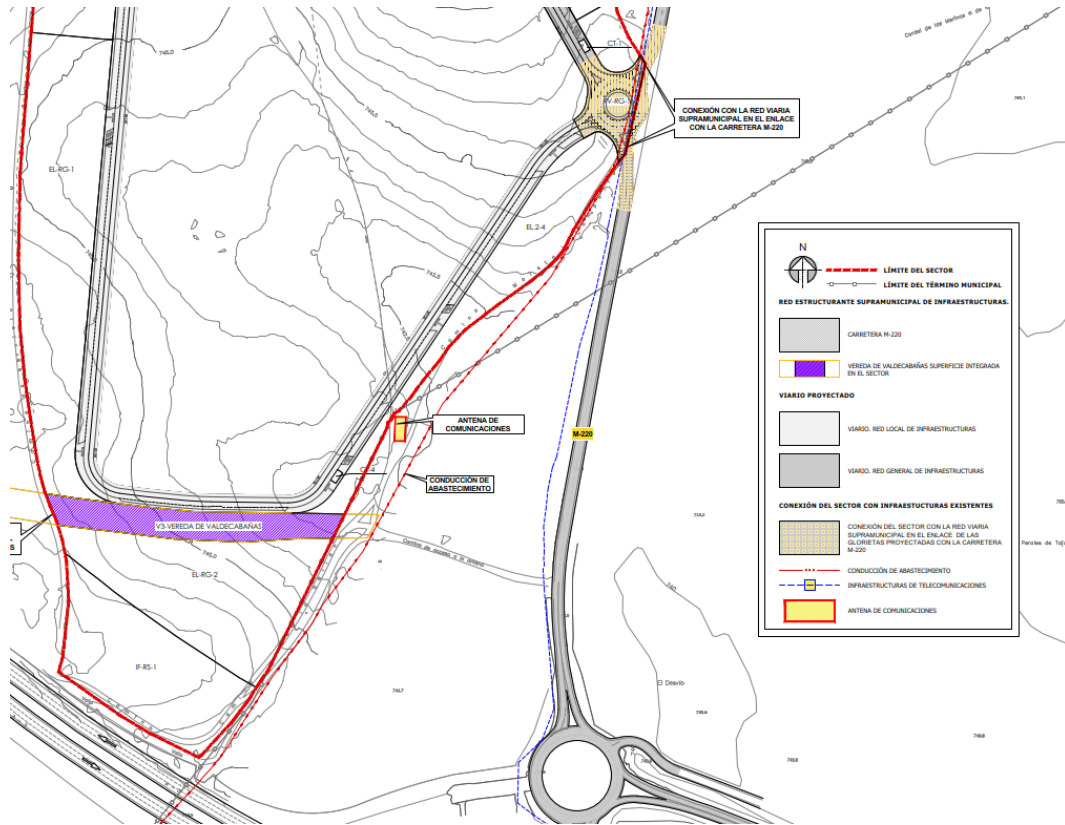
### 4.1 Descripción de las características del Plan de Sectorización

El Plan de Sectorización busca, a grandes rasgos, desarrollar la superficie del ámbito propuesto para ser destinado al uso Industrial como principal o característico (memoria del Plan de Sectorización).

Como se verá con más detalle en el apartado 4.3.1, el tipo de uso de suelo y, en particular, el tipo de modelo industrial, impacta directamente en la generación de tráfico esperada, junto con la superficie total proyectada para la manzana de actividad industrial, fijada en la memoria en 266.017,85 m<sup>2</sup> de suelo que originan finalmente 344.052,62 m<sup>2</sup> de techo.

### 4.2 Oferta de infraestructura de acceso viario

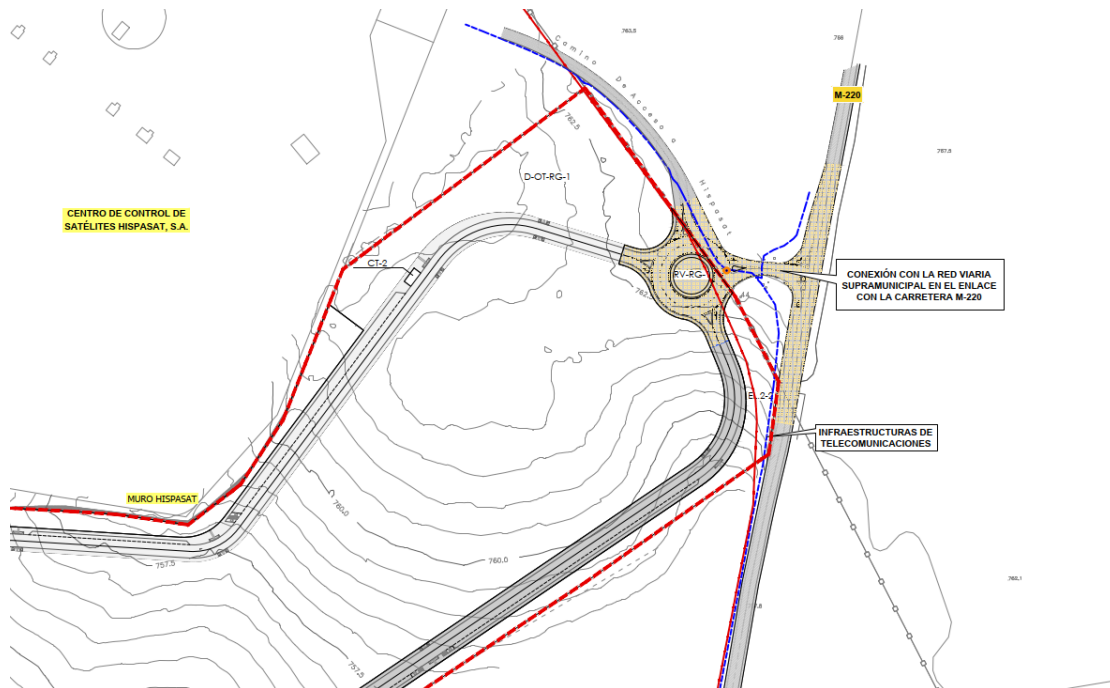
La propuesta de sectorización plantea una pequeña modificación de la carretera M-220 mediante la introducción de una rotonda (llamada Rotonda 1 o Rotonda Sur) que servirá de entrada y salida principal del nuevo sector.



**Figura 10. Conexión viaria del sector con la carretera M-220 mediante glorieta (Rotonda 1)**

Ya se adelanta en este capítulo que el análisis de Nivel de Servicio de esta rotonda determinará la fluidez de la M-220 en el tramo que se podría ver afectado por la creación del nuevo sector, ya que recibirá tanto el tráfico actual como el generado por el nuevo sector. Este aspecto será detallado en el apartado 4.3.4.

La red viaria propuesta se puede encontrar en el plano 0-5 en los anexos de la memoria del Proyecto de Sectorización. Además de la rotonda sur ya mencionada, se introduce una segunda rotonda al norte (o Rotonda 2) emplazada dentro del sector que posibilitará una segunda entrada/salida por el norte del sector, y continuará permitiendo el acceso al Centro de Control de Satélites Hispasat, S.A. desde la carretera M-220.



**Figura 11. Segunda glorieta (Rotonda 2) al norte del sector**

En cuanto a la red viaria interna del sector, se aprecia una carretera con un carril por sentido, de 4 metros de ancho, lógico para la naturaleza de uso del sector (los vehículos pesados poseen gran relevancia), y las rotondas tienen brazos de entrada/salida de un solo carril (uniforme tanto en la M-220 como en la red viaria interna del sector) pero ofreciendo dos carriles en el interior de ellas.

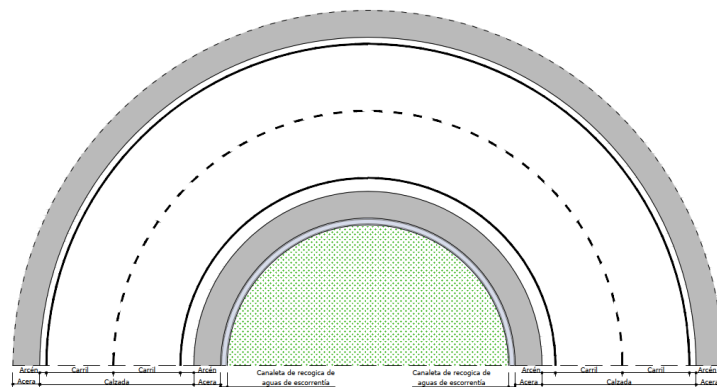


Figura 12. Esquema en planta de las glorietas

## 4.3 Previsión de la demanda futura

### 4.3.1 Generación de viajes

El tráfico en la situación futura será el existente en la actualidad más el generado por los nuevos usos (industrial).

El tráfico en la situación actual se ha estimado a partir de los datos de aforos como se describe en el apartado 3.2.2 del presente documento.

Para determinar el volumen de tráfico que generan los nuevos usos, a falta de datos concretos suministrados por el cliente obtenidos de otros emplazamientos que realicen una actividad similar, es habitual utilizar ratios de generación de vehículos. En nuestro caso, hemos optado por el Trip Generation Manual, 9th Edition, publicado por el Institute Transportation Engineers (ITE), que es el manual de mayor reconocimiento y uso a nivel mundial.

#### 4.3.1.1 Justificación del tipo de uso de suelo

A efectos de aplicar las ratios de generación de vehículos propuestos por el ITE, la primera consideración a realizar es identificar la tipología de uso industrial que más se asemeje a la actividad de Primafrío. Tal y como se recoge en la Memoria del presente Proyecto de Sectorización, la actividad de Primafrío consiste principalmente en almacenar temporalmente la mercancía para su carga inmediata y distribución por carretera. En su página web describe además que para ello requiere disponer de grandes almacenes a temperatura controlada con los medios materiales y humanos necesarios para llevar a cabo los servicios de cross-docking que demandan sus clientes, 24h al día los 365 días al año.

Las siguientes imágenes han sido extraídas de la página web de Primafrío:

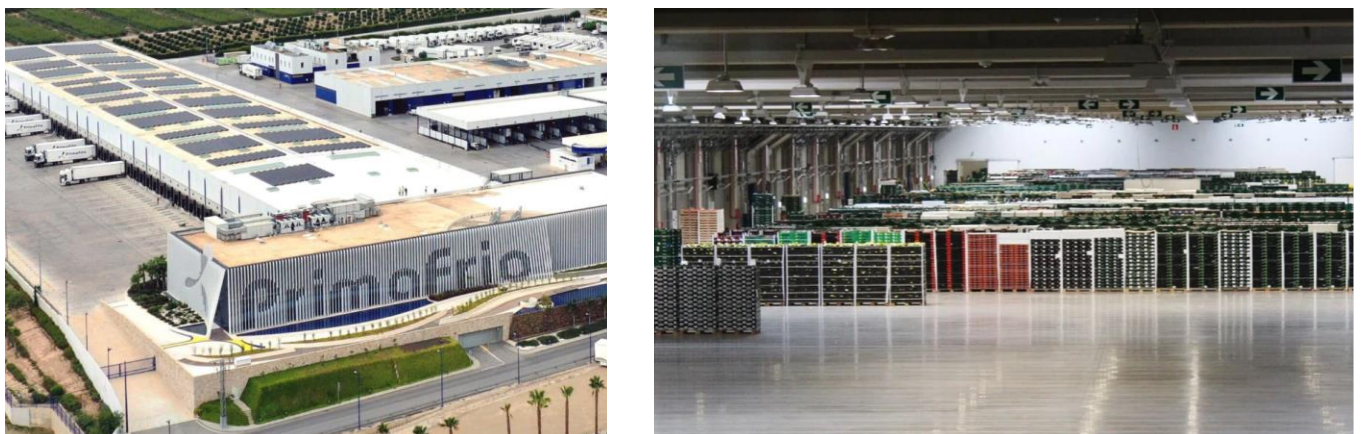


Figura 13. Naves de almacenamiento de Primafrío. Fuente: página web del grupo Primafrío

Este tipo de uso industrial se ha asimilado a “High-Cube Warehouse (HCW)” que el propio ITE describe así: nave industrial de tipo almacén con forma “de cubo” que tiene una altura de techo de 7m o más, y que normalmente tiene al menos 20,000 m<sup>2</sup> de superficie, y se utiliza principalmente para el almacenamiento y/o consolidación de bienes manufacturados (y, en menor medida, materias primas) antes de su distribución a puntos de venta al por menor u otros almacenes. Tienen un alto nivel de automatización y de gestión logística para permitir un procesamiento altamente eficiente de las mercancías.

Otros factores descriptivos son:

- Horario de operación: las operaciones de HCW suelen ser las 24 horas del día, todos los días del año.
- Hora punta: el periodo de punta de la actividad (movimiento de camiones) a menudo se produce fuera del período de punta de desplazamientos en el sistema viario adyacente.

De las distintas categorías de “High-Cube Warehouse”, se ha seleccionado el subtipo: “Cold Storage”: HCW con cámaras frigoríficas permanentes en al menos una parte del edificio.

Esta categoría se describe en el ITE con las siguientes funcionalidades:

- almacenes a temperatura controlada para alimentos congelados u otros productos perecederos
- sin actividad (o actividad limitada) de fraccionamiento de carga, rebalaje o montaje
- por lo general, se encuentran al final de la cadena de suministro para la distribución final a tiendas minoristas o a centros de distribución más pequeños
- por lo general, techos más altos (20-30m) para maximizar la eficiencia de refrigeración

#### 4.3.1.2 Cálculo de generación de viajes

A partir de las ratios encontradas en el Manual del ITE, se han podido generar los viajes para el nuevo sector. Las ratios se encuentran en las siguientes tablas:

Tipo de “High-Cube Warehouse”	Total vehículos	Vehículos ligeros	Vehículos pesados
Cold Storage (Almacén en frío)	22,77	13,80	0,836

Tabla 4. Ratios para generación de viajes diarios por cada 1000 m<sup>2</sup> de techo. Fuente: Trip Generation Manual (ITE)

Tipo de “High-Cube Warehouse”	Total vehículos	Vehículos ligeros	Vehículos pesados
Cold Storage (Almacén en frío)	1,11	0,66	0,41

Tabla 5. Ratios para generación de viajes en hora punta por cada 1000 m<sup>2</sup> de techo Fuente: Trip Generation Manual (ITE)

En consecuencia, se calcula directamente la generación de viajes en hora punta pues, al igual que en el análisis de la situación actual, el caso a estudiar será el más desfavorable.

High-Cube Warehouse Cold Storage en hora punta	Viajes cada 1000 m <sup>2</sup>	Superficie de techo	Vehículos	% respecto al total
Total vehículos	1,11	344.052,62	382 veh/h	100%
Vehículos ligeros	0,66	344.052,62	227 veh/h	59%
Vehículos pesados	0,41	344.052,62	141 (155) veh/h	37% (41%)

Tabla 6. Viajes generados para el nuevo sector en hora punta

Nota aclaratoria: en la tabla del ITE hay un tipo extra de vehículos pesados de gran tamaño, populares en EE.UU., que sería el 4% restante en la tabla, por lo que se considerará ese 4% extra como vehículos pesados para continuar en el caso más desfavorable (valores en paréntesis en la tabla).

Por tanto, el tramo de la M-220 tendrá el siguiente tráfico a evaluar:

Situación	IMD hora punta	% vehículos pesados
Situación actual	400 veh/h	26%
Tráfico sector nuevo	382 veh/h	41%
Situación futura (actual + sector nuevo)	782 veh/h	33%

**Tabla 7. Resumen de viajes totales en hora punta**

En cuanto al reparto direccional del nuevo tráfico, se recuerda que la situación actual ha sido estudiada con un reparto 50-50. Sin embargo, el tráfico generado por el sector nuevo puede funcionar escalonadamente a lo largo del día o no, dependiendo probablemente de factores externos. En este estudio se pretende analizar el caso más desfavorable, como se ha venido repitiendo, y el ITE propone que en hora punta matutina esto equivaldría a un 33% de entradas de camiones y un 67% de salidas de camiones. En cambio, para vehículos ligeros, establece un reparto para centros logísticos de 81% de entradas y 19% de salidas. De este modo:

Tráfico nuevo sector	IMD hora punta	Entrada (Sur a Norte)	Salida (Norte a Sur)
Coches	227 veh/h	184 veh/h	43 veh/h
Camiones	155 veh/h	51 veh/h	104 veh/h
Total	382 veh/h	235 veh/h	147 veh/h

**Tabla 8. Reparto direccional de viajes en hora punta para el tráfico generado por el nuevo sector**

Situación	IMD hora punta	Entrada (Sur a Norte)	Salida (Norte a Sur)
Situación actual	400 veh/h	200 veh/h	200 veh/h
Tráfico sector nuevo	382 veh/h	235 veh/h	147 veh/h
Situación futura (actual + sector nuevo)	782 veh/h	435 veh/h	347 veh/h

**Tabla 9. Resumen del reparto direccional del total de viajes en hora punta para la situación futura**

### 4.3.2 Distribución de viajes

La distribución de viajes del tráfico independiente del sector en la situación futura seguiría siendo la misma que se ha estimado en el análisis de la situación actual, esto es, que la IMD de 4000 vehículos al día considerada en el tramo de la M-220 a estudiar corresponde principalmente a los viajes de los vecinos de Valdilecha, siendo ésta la ruta más corta para acceder a la autovía A-3 e ir a o venir de Madrid. Para el resto de tráfico (excluyendo por ahora el tráfico generado por el nuevo sector) no se puede concluir en esta etapa cuál es la ruta preferida por los usuarios dada la oferta de alternativas que las disponen. No obstante, se vuelve a remarcar que la estimación de IMD de 4000 vehículos al día engloba esta particularidad.

En cuanto a la distribución de viajes del llamado “tráfico nuevo”, el generado por el nuevo sector, se considerará que el 100% del tráfico vendrá desde/saldrá por la autovía A-3 (entrada por el sur). En cuanto al análisis del Nivel de Servicio de la M-220 apenas impacta que este tráfico proceda desde el este (A-3 sentido Madrid) o desde el oeste (A-3 sentido Valencia) ya que todo el tráfico ha de pasar necesariamente por la rotonda norte del enlace. Se adjunta de nuevo imagen del enlace.



**Figura 14. Conexión de la carretera M-220 con la autovía A-3**

### 4.3.3 Reparto modal

Dadas las características del entorno, con la estación de metro más cercana en Arganda del Rey, y las condiciones propias de la actividad del sector, se establece, a efectos del cálculo de los niveles de servicio, que el 100% de los viajes generados se realizarán en modos motorizados (vehículos pesados y ligeros).

### 4.3.4 Asignación

El procedimiento de asignación de viajes se basa en la búsqueda de las rutas más cortas (optimización del tiempo de viaje). Se toman varias premisas:

- El 100% de los viajes se asignan a la M-220.
- El reparto del tráfico total de la situación futura ya ha sido definido en el apartado 4.3.1.2.
- Los viajes actuales no entran a la red viaria interna pero sí que llegarán a la Rotonda 1 (la rotonda sur).
- El 100% de los viajes generados por el sector nuevo acceden por el sur (enlace con la A-3) como se ha detallado en el apartado 4.3.2.
- Por la configuración del sector y la localización de los accesos, se asume que el 90% de las entradas al sector se producirán por la Rotonda 1 y el 10% restante por la Rotonda 2 (acceso norte).
- En cambio, se propone que un tercio de las salidas del sector se produzcan por el norte (Rotonda 2) y los dos tercios restantes por la Rotonda 1.
- Consideramos una entrada estimada en hora punta de 100 veh/h por la rotonda norte de trabajadores del Centro de Control de Satélites Hispasat, S.A para continuar en el caso más desfavorable. Este tráfico sería parte del tráfico actual y no del tráfico generado por el sector nuevo.

Considerando todo lo previo, se llega al siguiente esquema de flujos:

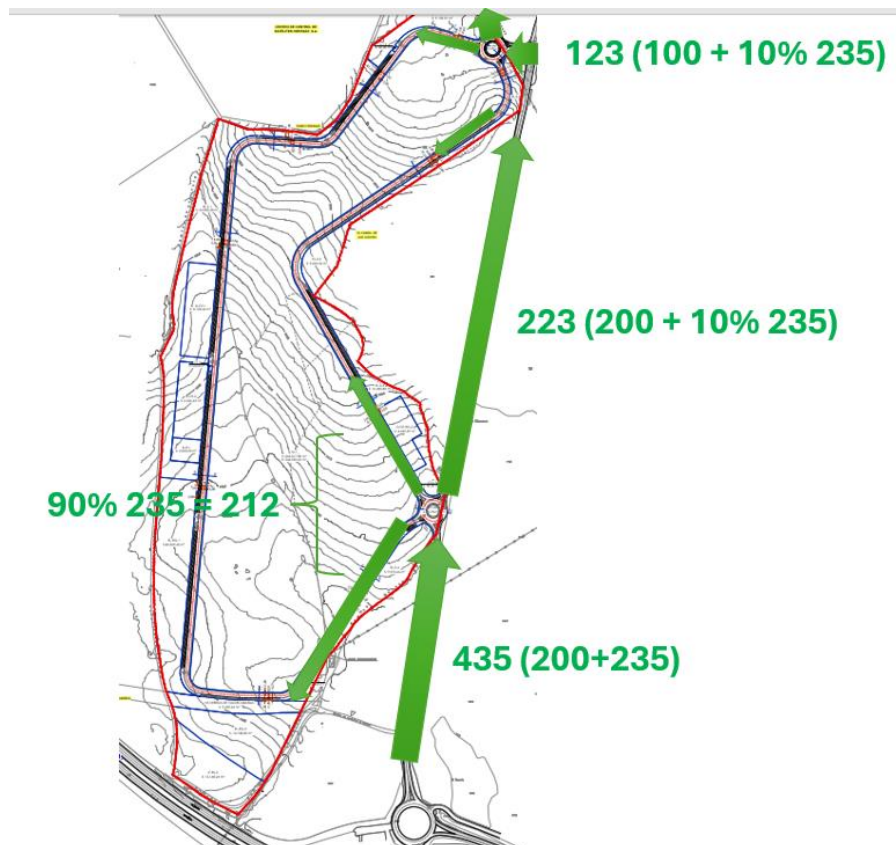


Figura 15. Esquema de flujos de entradas en la zona

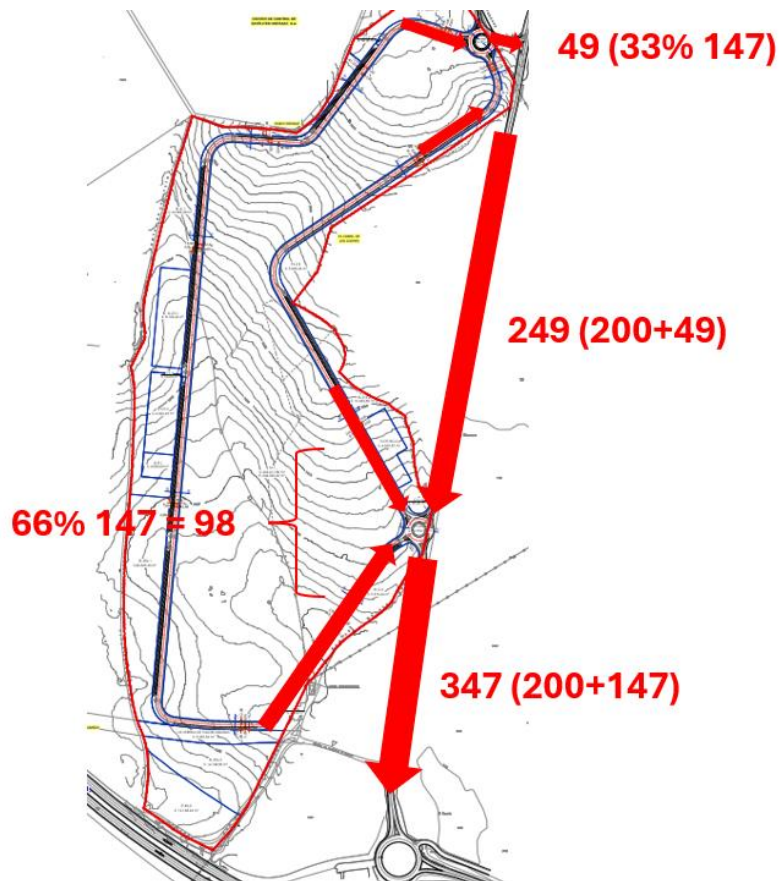
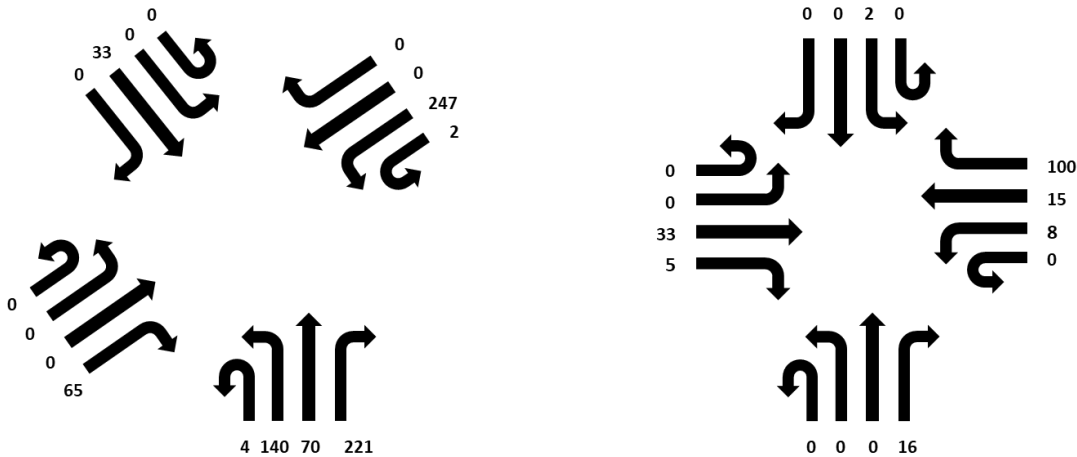


Figura 16. Esquema de flujos de salidas en la zona

Una vez se han establecido los flujos de demanda, se determinarán las demandas para cada uno de los brazos de las dos rotondas de acceso:



**Figura 17. Esquema de la Rotonda 1 (glorieta sur)**      **Figura 18. Esquema de la Rotonda 2 (glorieta norte)**

Para la distribución de los flujos en el interior del sector, se ha considerado que desde la Rotonda 1 (sur) 2/3 utilizarán el vial perimetral hacia el oeste y 1/3 hacia el norte. Además, en la Rotonda 1 se ha considerado introducir un 1% de error (vehículos que darán la vuelta entera) en los brazos sur y este. En el acceso por la Rotonda 2 (norte), se estima que los vehículos en el interior del sector se distribuirán 1/3 por el vial perimetral este (hacia el sur) y 2/3 por el vial perimetral oeste.

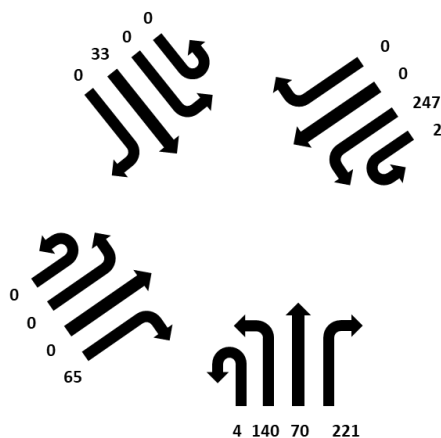
## 4.4 Cálculo de los niveles de servicio

Ya determinadas las demandas en cada brazo de ambas rotondas se procede a aplicar la metodología descrita en el Manual de Capacidad (*Highway Capacity Manual 2010*), esta vez utilizando el capítulo 21 “Rotondas”.

Por todo lo considerado previamente se entiende que el análisis de Nivel de Servicio de la Rotonda 1 (rotonda sur) es prioritario para establecer una valoración del funcionamiento de la movilidad en el nuevo Plan de Sectorización. No obstante, se ha decidido analizar también la Rotonda 2 (rotonda norte) para disponer de más detalle, así como el tramo de la carretera M-220 entre la Rotonda 1 y la intersección con la M-229 para poder analizar su Nivel de Servicio en situación futura. En cuanto al tramo entre la conexión de la M-220 con la A-3 y la Rotonda 1, se entiende que la Rotonda 1 es el punto más restrictivo y que su funcionamiento determinará el del tramo dada su corta longitud (inferior al medio kilómetro).

### 4.4.1 Rotonda 1

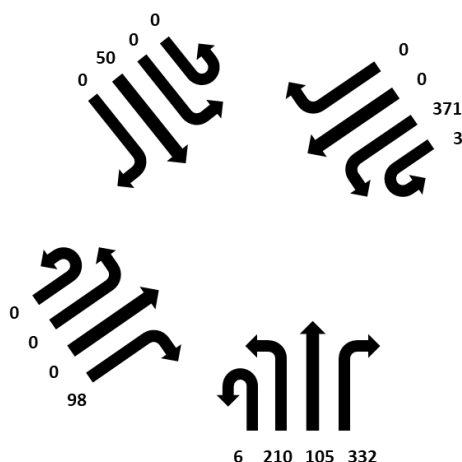
La Rotonda 1 recibe un flujo de entrada de Sur a Norte de 435 veh/h, el mayor flujo de entrada en la rotonda, además de recibir un flujo de salida de 249 veh/h de Norte a Sur por el brazo este.



**Figura 19. Esquema de flujos de la Rotonda 1**

Aplicando la metodología del Manual de Capacidad:

1. Se mayoran los flujos de demanda aplicando el Factor de Hora Punta y el factor de corrección por Vehículos Pesados:



**Figura 20. Esquema de flujos ajustados de la Rotonda 1**

2. Obtención de la demanda entrante y flujo circulante en cada brazo:

Entrante:

- i.  $v_{e,NB} = 653 \text{ veh/h}$
- ii.  $v_{e,SB} = 50 \text{ veh/h}$
- iii.  $v_{e,EB} = 98 \text{ veh/h}$
- iv.  $v_{e,OB} = 374 \text{ veh/h}$

Circulante:

- i.  $v_{c,NB} = 3 \text{ veh/h}$
- ii.  $v_{c,SB} = 590 \text{ veh/h}$
- iii.  $v_{c,EB} = 429 \text{ veh/h}$
- iv.  $v_{c,OB} = 321 \text{ veh/h}$

3. Obtención de la capacidad de cada brazo (para carretera con un carril direccional y rotonda de dos carriles internos, según HCM2010):

A partir de la demanda circulante ajustada, se obtiene la capacidad de cada brazo gracias a la siguiente fórmula:

$$C_{e,pce} = 1,130e^{(-0.7 \times 10^{-3})v_{c,pce}}$$

**Figura 21. Capacidad de cada brazo. Fuente: HCM2010**

Las capacidades resultan:

- i.  $C_{e,NB} = 1128 \text{ veh/h}$
- ii.  $C_{e,SB} = 748 \text{ veh/h}$
- iii.  $C_{e,EB} = 837 \text{ veh/h}$
- iv.  $C_{e,OB} = 903 \text{ veh/h}$

Sin embargo, el propio Manual indica que, una vez calculadas las capacidades, hay que “desaplicar” el factor de ajuste por vehículos pesados para obtener tanto el flujo de demanda como la capacidad real de cada brazo de la rotonda. Así, se obtiene:

- i.  $v_{e,NB} = 483 \text{ veh/h}$
- ii.  $v_{e,SB} = 37 \text{ veh/h}$
- iii.  $v_{e,EB} = 72 \text{ veh/h}$
- iv.  $v_{e,OB} = 277 \text{ veh/h}$
- v.  $C_{e,NB} = 835 \text{ veh/h}$
- vi.  $C_{e,SB} = 554 \text{ veh/h}$
- vii.  $C_{e,EB} = 620 \text{ veh/h}$
- viii.  $C_{e,OB} = 669 \text{ veh/h}$

4. Ratio entre demanda y capacidad:

Se obtienen al dividir la demanda entre la capacidad:

$$x_i = \frac{v_i}{C_i}$$

**Figura 22. Ratio demanda-capacidad de cada brazo. Fuente: HCM2010**

Resultando:

- i.  $x_{NB} = 0.58$
- ii.  $x_{SB} = 0.07$
- iii.  $x_{EB} = 0.12$
- iv.  $x_{OB} = 0.41$

5. Cálculo del tiempo de espera en cada brazo:

Aplicando, nuevamente, la expresión del Manual:

$$d = \frac{3,600}{c} + 900T \left[ x - 1 + \sqrt{(x - 1)^2 + \frac{\left(\frac{3,600}{c}\right)x}{450T}} \right] + 5 \times \min[x, 1]$$

where

- $d$  = average control delay (s/veh),
- $x$  = volume-to-capacity ratio of the subject lane,
- $c$  = capacity of the subject lane (veh/h), and
- $T$  = time period (h) ( $T = 0.25$  h for a 15-min analysis).

**Figura 23. Tiempo de espera en cada brazo. Fuente: HCM2010**

Se obtienen para cada brazo los siguientes tiempos de espera:

- i.  $d_N = 13.1 \text{ s/veh}$
- ii.  $d_S = 7.3 \text{ s/veh}$
- iii.  $d_E = 7.2 \text{ s/veh}$
- iv.  $d_O = 11.2 \text{ s/veh}$

6. Determinación del Nivel de Servicio en cada brazo:

Una vez obtenidos los tiempos de espera, el Manual determina el Nivel de Servicio en función a la siguiente clasificación:

Control Delay (s/veh)	LOS by Volume-to-Capacity Ratio <sup>a</sup>	
	v/c ≤ 1.0	v/c > 1.0
0-10	A	F
>10-15	B	F
>15-25	C	F
>25-35	D	F
>35-50	E	F
>50	F	F

**Tabla 10. Clasificación de niveles de servicio en rotonda según el tiempo de espera. Fuente: HCM2010**

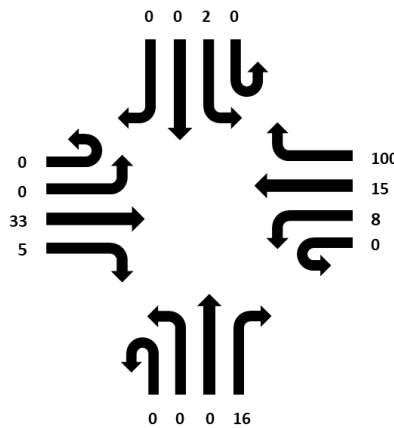
De este modo, los brazos sur (N) y este (O) (brazos de las conexiones de la carretera M-220 con la nueva glorieta proyectada) presentan **nivel de servicio B** y los brazos norte (S) y oeste (E) (brazos de las conexiones de los viales del nuevo sector con la nueva glorieta proyectada) presentan **nivel de servicio A**.

El nivel de servicio A representa que la vía posee una alta calidad de servicio, que no hay demoras y que el tráfico fluye libremente con poca o ninguna restricción de velocidad o maniobra.

Se recuerda que el nivel de servicio B sigue representando que no hay demoras y que el tráfico es estable y fluye libremente. Establece que la capacidad de maniobra podría encontrarse tan solo levemente restringida, pero insiste en que, al igual que en el nivel A, no habría demoras.

### 4.4.2 Rotonda 2

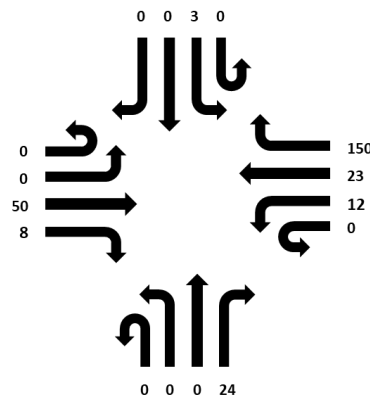
La Rotonda 2 recibe un flujo de entrada de Este a Oeste de 123 veh/h mientras que el flujo de salida apenas supera los 50 veh/h.



**Figura 24. Esquema de flujos de la Rotonda 2**

Aplicando la metodología del Manual de Capacidad de nuevo:

1. Se mayoran los flujos de demanda aplicando el Factor de Hora Punta y el factor de corrección por Vehículos Pesados:



**Figura 25. Esquema de flujos ajustados de la Rotonda 2**

2. Obtención de la demanda entrante y flujo circulante en cada brazo:

Entrante:

- i.  $v_{e,NB} = 24 \text{ veh/h}$
- ii.  $v_{e,SB} = 3 \text{ veh/h}$
- iii.  $v_{e,EB} = 58 \text{ veh/h}$
- iv.  $v_{e,OB} = 185 \text{ veh/h}$

Circulante:

- i.  $v_{c,NB} = 53 \text{ veh/h}$
- ii.  $v_{c,SB} = 34 \text{ veh/h}$
- iii.  $v_{c,EB} = 15 \text{ veh/h}$
- iv.  $v_{c,OB} = 0 \text{ veh/h}$

3. Obtención de la capacidad de cada brazo (para carretera con un carril direccional y rotonda de dos carriles internos, según HCM2010):

Las capacidades resultan:

- i.  $C_{e,NB} = 1089 \text{ veh/h}$
- ii.  $C_{e,SB} = 1103 \text{ veh/h}$
- iii.  $C_{e,EB} = 1118 \text{ veh/h}$
- iv.  $C_{e,OB} = 1130 \text{ veh/h}$

Sin embargo, el propio Manual indica que, una vez calculadas las capacidades, hay que “desaplicar” el factor de ajuste por vehículos pesados para obtener tanto el flujo de demanda como la capacidad real de cada brazo de la rotonda. Así, se obtiene:

- i.  $v_{e,NB} = 18 \text{ veh/h}$
- ii.  $v_{e,SB} = 2 \text{ veh/h}$
- iii.  $v_{e,EB} = 42 \text{ veh/h}$
- iv.  $v_{e,OB} = 137 \text{ veh/h}$
- v.  $C_{e,NB} = 807 \text{ veh/h}$
- vi.  $C_{e,SB} = 817 \text{ veh/h}$
- vii.  $C_{e,EB} = 828 \text{ veh/h}$
- viii.  $C_{e,OB} = 837 \text{ veh/h}$

4. Ratio entre demanda y capacidad:

Se obtiene:

- i.  $x_{NB} = 0.02$
- ii.  $x_{SB} = 0.003$
- iii.  $x_{EB} = 0.05$
- iv.  $x_{OB} = 0.16$

5. Cálculo del tiempo de espera en cada brazo:

Aplicando la expresión del Manual, nuevamente, se obtiene:

- i.  $d_N = 4.7 \text{ s/veh}$
- ii.  $d_S = 4.4 \text{ s/veh}$
- iii.  $d_E = 4.8 \text{ s/veh}$

$$\text{iv. } d_o = 6.0 \text{ s/veh}$$

#### 6. Determinación del Nivel de Servicio en cada brazo:

En la rotonda 2 todos los brazos presentan un **nivel de servicio A**.

### 4.4.3 M-220 en situación futura

Como se ha indicado previamente, se ha decidido analizar en situación futura el tramo de la M-220 existente entre la Glorieta proyectada 1 (la de acceso al nuevo sector) y la intersección con la M-229. De este modo, se podrá comparar el Nivel de Servicio obtenido con la situación actual.

Se aplicará la misma metodología que en el apartado 3.2.3. Las características del tramo de la carretera M-220 a estudiar son:

- Carriles de 3 m.
- Arcenes de 0,5 m.
- 8 accesos en el tramo a estudiar
- Terreno llano
- 35% vehículos pesados
- Prohibición de adelantamiento en aproximadamente el 40% del tramo
- IMD horaria: 472 veh/h (223 veh/h en sentido Sur – Norte y 249 en sentido Norte – Sur)
- Reparto por sentidos 50-50 (se aproxima para mayor simplicidad de cálculo)

Se recuerda que el análisis en este tipo de vías surge en función del porcentaje de tiempo que un vehículo pasa siguiendo al de delante. Así, para llegar a calcular el porcentaje de tiempo siguiendo al coche de delante es necesario calcular previamente otros parámetros.

#### 1) Estimar la Velocidad de Flujo Libre

La Velocidad de Flujo Libre viene determinada por la siguiente fórmula:

$$FFS = BFFS - f_{LS} - f_A$$

**Figura 26. Velocidad de flujo libre. Fuente: HCM2010**

donde:

- FFS (siglas en inglés) es la Velocidad de Flujo Libre
- BFFS es la Velocidad de diseño de la carretera, es decir, la delimitada en el tramo: 70 km/h
- $f_{LS}$  representa el ajuste por el ancho de carriles y arcenes (extraído del Manual de Capacidad)
- $f_A$  representa el ajuste por la densidad de accesos en el tramo (extraído del Manual de Capacidad)

Con todo, se llega a una Velocidad de Flujo Libre de 53 km/h.

#### 2) Ajustar la demanda para calcular el Porcentaje de Tiempo Pasado Siguiendo

El Manual de Capacidad ajusta la demanda, en este caso 472 veh/h, respecto a dos conceptos que introduce el Manual (el factor de ajuste por vehículos pesados y el factor de hora punta, FHP). Así pues, utiliza la siguiente fórmula:

$$v_{i,PTSF} = \frac{V_i}{PHF \times f_{g,PTSF} \times f_{HV,PTSF}}$$

**Figura 27. Demanda ajustada de vehículos. Fuente: HCM2010**

donde:

- $v_{i,PTSF}$  es el flujo de vehículos ajustado, se calcula por sentido, pero en este caso al ser un reparto 50-50 coincidirá

- $V_i$  es el volumen de demanda: 472 veh/h (se tomará valor de 236 veh/h por sentido, muy aproximado a los valores a estudiar)
- PHF es el Factor de Hora Punta, este factor homogeneiza el periodo de 15 minutos más crítico a lo largo de toda la hora punta. En este tipo de carreteras el valor estándar es 0,90
- $f_{g,PTSF}$  representa el ajuste por tipo de terreno (extraído del Manual de Capacidad)
- $f_{HV,PTSF}$  representa el ajuste por el % de vehículos pesados que circulan por la carretera (se calcula según fórmula del Manual de Capacidad, con parámetros según tablas del mismo)

Resulta, finalmente, un flujo por sentido de 271 veh/h.

3) Estimación del Porcentaje de Tiempo Pasado Siguiendo (Nivel de Servicio)

Una vez obtenido el flujo ajustado de vehículos/hora por carril se puede calcular el Porcentaje de Tiempo Pasado Siguiendo al vehículo de delante (PTSF, por sus siglas en inglés).

$$PTSF_d = BPTSF_d + f_{np,PTSF} \left( \frac{v_{d,PTSF}}{v_{d,PTSF} + v_{o,PTSF}} \right)$$

**Figura 28. Porcentaje de Tiempo Pasado Siguiendo al vehículo de delante. Fuente: HCM2010**

donde:

- $PTSF_d$  es el Porcentaje de Tiempo Pasado Siguiendo al vehículo de delante
- $BPTSF_d$  es el Porcentaje de Tiempo Pasado Siguiendo Base, representa el porcentaje ideal que obtendría el tramo si las condiciones fueran ideales (extraído del Manual de Capacidad)
- $f_{np,PTSF}$  representa el ajuste por las zonas de no adelantamiento en el tramo (extraído del Manual de Capacidad)
- $v_{d,PTSF} = v_{o,PTSF}$  son los flujos ajustados calculados en el apartado previo (271 veh/h); se recuerda que en este caso los flujos por sentido coinciden al ser flujos equitativos

Aplicando la fórmula se obtiene un PTSF de 54,74 % lo que, en base a la tabla del Manual de Capacidad proporciona un **Nivel de Servicio B**.

NIVEL DE SERVICIO	PTS
A	$PTS \leq 40$
B	$40 \geq PTS \geq 55$
C	$55 \geq PTS \geq 70$
D	$70 \geq PTS \geq 85$
E	$85 \geq PTS$

**Tabla 11. Clasificación de los niveles de servicio en carretera según PTSF. Fuente: HCM2010**

4) Cálculo de la Capacidad de la vía

Al igual que en la situación actual, se procede a calcular la capacidad de la vía. Se recuerda que, bajo condiciones ideales, la capacidad de una carretera de dos carriles (en una sola dirección) es de 1700 veh/h. Sin embargo, al igual que en el cálculo del Nivel de Servicio, al no estar en esas condiciones hay que introducir factores de ajuste para determinar la capacidad de la vía. Esto se consigue con la siguiente fórmula extraída del Manual de Capacidad:

$$C_{dPTSF} = 1,700 f_{g,PTSF} f_{HV,PTSF}$$

**Figura 29. Capacidad de la vía. Fuente: HCM2010**

donde:

- $C_{dPTSF}$  es la capacidad de la vía, a calcular
- $f_{g,PTSF}$  representa el ajuste por tipo de terreno (extraído del Manual de Capacidad)
- $f_{HV,PTSF}$  representa el ajuste por el % de vehículos pesados que circulan por la carretera (se calcula según fórmula del Manual de Capacidad, con parámetros según tablas del mismo)

Realizando el cálculo se obtiene una capacidad de 1642 veh/h por carril. Recordando que el flujo obtenido es de 271 veh/h por carril se puede deducir que **no habría problema de capacidad** en este tramo de la M-220 en la situación futura.

## 5. Conclusiones y recomendaciones

### 5.1 Conclusiones

Gracias al presente estudio de movilidad se puede concluir lo siguiente respecto a la propuesta de Plan de Sectorización:

- La carretera M-220 es la principal vía de acceso y salida del nuevo sector.
- La carretera M-220 ha sido analizada en la situación actual y presenta un nivel de servicio B, confirmando que funciona adecuadamente.
- Calculada la generación de tráfico por la actividad del nuevo sector y yendo al caso más desfavorable en hora punta, se han evaluado las dos glorietas propuestas por el sector y ambas presentan buenos niveles de servicio. De 8 brazos (4 por glorieta) 6 presentan nivel A y 2 brazos presentan nivel B, estableciendo así que no habrá demoras en las glorietas.
- Se ha realizado el análisis de la carretera M-220 en la situación futura. Para el primer tramo, comprendido entre la conexión de la M-220 con la autovía A-3 y la Glorieta 1, se considera más representativo analizar la Glorieta 1 (punto más restrictivo), que funciona adecuadamente como se ha indicado en el punto anterior.
- El segundo tramo (de la Glorieta 1 a la intersección con la M-229) también ha sido analizado y sigue presentando un nivel de servicio B, por lo que se puede confirmar que la introducción del nuevo sector no afecta al nivel de servicio actual de dicha carretera.
- Además, la no variación del nivel de servicio en el tramo estudiado, así como el mantenimiento de una IMD similar en el entorno a la intersección existente en "T" que da acceso a la Glorieta 2, indican que la carretera M-220 tendrá un comportamiento similar al actual y que el desarrollo del nuevo sector no impacta en su correcto funcionamiento.

### 5.2 Recomendaciones

Como se ha visto, la generación de viajes prevista por el Sector es perfectamente asumible por las carreteras colindantes. No obstante, en aras de fomentar una movilidad más sostenible, se plantean las siguientes recomendaciones para tratar de reducir el uso del vehículo privado por parte de los trabajadores del sector.

#### 5.2.1 Potenciar el uso del transporte público

Para evitar que se reproduzca un reparto modal similar al contemplado en ámbitos parejos y para potenciar el uso del transporte público al ámbito, se proponen diversas actuaciones que van dirigidas al fortalecimiento del sistema de transporte público, tratando de establecerse como una alternativa real de accesibilidad al entorno de trabajo.

**Modificación de líneas:** varias de las líneas de autobuses interurbanos que circulan en la cercanía del ámbito podrían ser modificadas para ofrecer servicio al ámbito.

**Servicio a la demanda:** los movimientos al sector tienen una tendencia clara en cuanto a la distribución horaria de los mismos, produciéndose picos diferenciados en las horas de entrada y salida a la jornada laboral y con horas valle entre ambos picos de escasa actividad. De esta manera, se propone la implantación de un servicio a la demanda en el que el usuario notifique a las rutas cercanas al polígono su intención y necesidad de utilizar el servicio. Seguidamente, las rutas ya existentes, con las posibles modificaciones previstas, tomarán las

desviaciones previstas hasta llegar a la nueva parada designada. Así, se conseguirá en las horas valle una mejor utilización del transporte público, desviándose únicamente en los casos necesarios y por tanto, aumentando su velocidad comercial.

**Acondicionar las conexiones peatonales:** desde las zonas de actividad a las paradas de autobús más próximas.

## 5.2.2 Potenciar el uso de la bicicleta

El uso combinado de la bicicleta con el transporte público podría ser una opción factible para el acceso al nuevo desarrollo.

- Implantación de itinerarios seguros en la conexión con Arganda del Rey y con el metro.

## 5.2.3 Promoción de otras posibles iniciativas de movilidad sostenible al trabajo

- Transporte discrecional: financiar un transporte discrecional a los empleados, como lanzaderas o rutas de empresa.
- Información sobre modos alternativos al coche y campañas de concienciación.
- Cheque de transporte público: “consistente en ofrecer al trabajador parte de su remuneración en especie libre de impuestos para el pago de transporte público”.
- Promoción del uso de vehículos híbridos y /o eléctricos, disponiendo de puntos de carga en el sector o bonificando al empleado que acuda en un vehículo eléctrico o híbrido.
- Medidas relacionadas con la reducción del número de viajes: como jornadas concentradas o eliminar necesidad de desplazamiento debido al trabajo.
- Incentivos económicos para usuarios de carsharing y vehículos de alta ocupación (VAO).
- Gestión del aparcamiento: cobro por uso o asegurar las plazas mejor ubicadas para los usos más racionales como carsharing o VAO.

