UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos

Análisis funcional y propuesta de mejora del nudo entre las autovías A-7 y A-3 entre los PP.KK. 335+000 y 336+850 (Provincia de Valencia).

Trabajo Fin de Máster

Máster Universitario en Transporte, Territorio y Urbanismo

AUTOR/A: Buitrago Pinzón, Luis Gabriel

Tutor/a: Ferrer Pérez, Vicente Melchor

CURSO ACADÉMICO: 2025/2026

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos

Análisis funcional y propuesta de mejora del nudo entre las autovías A-7 y A-3 entre los PP.KK. 335+000 y 336+850 (Provincia de Valencia).

Trabajo Fin de Máster

Máster Universitario en Transporte, Territorio y Urbanismo

AUTOR/A: Buitrago Pinzón, Luis Gabriel

Tutor/a: Ferrer Pérez, Vicente Melchor

CURSO ACADÉMICO: 2025/2026

UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA

CAMINOS upv

ANÁLISIS FUNCIONAL Y PROPUESTA DE MEJORA DEL NUDO ENTRE LAS AUTOVÍAS A-7 Y A-3 ENTRE LOS PP.KK. 335+000 Y 336+850 (PROVINCIA DE VALENCIA)

ÍNDICE GENERAL

1. OBJETO 13
2. LOCALIZACIÓN 13
2.1. DESCRIPCIÓN 13
2.2. ENTORNO 14
3. ANTECEDENTES 16
3.1. HISTORIA AUTOVÍA A-7 16
3.2. HISTORIA AUTOVÍA A-3 17
3.3. CLASIFICACIÓN DE LAS CARRETERAS 18
3.4. ACTUACIONES ANTERIORES 19
4. GEOLOGÍA Y GEOTECNIA 21
5. SITUACIÓN ACTUAL 23
5.1. VÍAS COLECTORAS-DISTRIBUIDORAS 23
5.1.1. VÍA COLECTORA-DISTRIBUIDORA VALENCIA-MADRID (A-3) 23
5.1.2. VÍA COLECTORA-DISTRIBUIDORA MADRID–VALENCIA (A-3) 24
5.1.3. VÍA COLECTORA-DISTRIBUIDORA BARCELONA–ALICANTE (A-7) 26
5.2. RAMALES DEL ENLACE 26
5.2.1. RAMAL DIRECTO VALENCIA-BARCELONA 27
5.2.2. RAMAL EN LAZO VALENCIA-ALICANTE 28
5.2.3. RAMAL DIRECTO ALICANTE-VALENCIA 29
5.2.4. RAMAL EN LAZO ALICANTE-MADRID 30
5.2.5. RAMAL EN CIRCULO MADRID-BARCELONA 30
5.2.6. RAMAL DIRECTO MADRID-ALICANTE 31
5.2.7. RAMAL DIRECTO BARCELONA-MADRID 32
5.2.8. RAMAL EN LAZO BARCELONA-VALENCIA 32
5.3. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL 33
6. ANÁLISIS DE TRÁFICO 33
6.1. INTRODUCCIÓN 34
6.2. TRAMOS DE ESTUDIO 35
6.2.1. DESCRIPCIÓN 36
6.2.2. CARACTERÍSTICAS BÁSICAS 37

6.2.3. SEGMENTOS 38
6.3. ANÁLISIS DE TRÁFICO 40
6.3.1. BASES DE DATOS 41
6.3.1.1. TRONCOS DE AUTOVÍA A-3 Y A-7 41
6.3.1.2. RAMALES 42
6.3.1.3. CV-374 Y VÍAS DE SERVICIO A POLÍGONOS INDUSTRIALES 43
6.3.2. ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA 43
6.3.2.1. TRONCOS DE AUTOVÍA 43
6.3.2.2. RAMALES DEL ENLACE 47
6.3.4. METODOLOGÍA 52
6.3.4.1. TRONCOS DE AUTOVÍA A-7 56
6.3.4.2. TRONCOS DE AUTOVÍA A-3 60
6.3.4.3. RAMALES 63
6.4. MODELO 63
6.4.1. GEOMETRÍA 64
6.4.2. GEOGRAFÍA 65
6.4.3. ACCIDENTALIDAD 65
6.4.4. ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD DE FREEVAL 2015E 66
6.5. RESULTADOS OBTENIDOS DE FREEVAL 67
6.5.1. NIVELES DE SERVICIO 68
6.5.2. VELOCIDAD DE CIRCULACIÓN 70
6.5.3. DEMANDA VS CAPACIDAD 73
6.5.4. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE FREEVAL 76
6.6. ANÁLISIS COMPLEMENTARIO DE RAMALES 77
6.6.1. METODOLOGÍA 77
6.6.1.1. DEFINICIÓN DE DATOS INICIALES Y CONVERSIÓN DEL VOLUMEN DE DEMANDA 79
6.6.1.2. ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA EN LOS CARRILES 1 Y 2 DEL TRONCO DE LA AUTOVÍA INMEDIATAMENTE AGUAS ARRIBA DE LA ZONA DE INFLUENCIA DEL RAMAL 80
6.6.1.3. ESTIMACIÓN DE LA CAPACIDAD 82
6.6.1.4. ESTIMACIÓN DE LA DENSIDAD Y NIVEL DE SERVICIO 83
6.6.2. PROCEDIMIENTO 83
6.6.2.1. CALZADA A-7 ASCENDENTE 84
6.6.2.2. CALZADA A-7 DESCENDENTE 88
6.6.2.3. CALZADA A-3 ASCENDENTE 91

6.6.2.4. CALZADA A-3 DESCENDENTE 93
6.6.3. COMPROBACIÓN DE CAPACIDAD 94
6.6.4. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE METODOLOGÍA COMPLEMENTARIA DEL HCM 96
6.7. ANÁLISIS DE RESULTADOS 99
7. ANALISIS DE LA ACCIDENTALIDAD 100
7.1. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS Y VARIABLES DE ACCIDENTALIDAD 101
7.2. CALZADA A-7 ASCENDENTE 102
7.3. CALZADA A-7 DESCENDENTE 107
7.4. CALZADA A-3 ASCENDENTE 112
7.5. CALZADA A-3 DESCENDENTE 117
7.6. ÍNDICES DE ACCIDENTALIDAD 122
7.7. ANÁLISIS DE RESULTADOS 123
8. DIAGNOSTICO INTEGRADO 124
9. PROYECCIÓN DE LA DEMANDA Y EVALUACION DEL FUNCIONAMIENTO FUTURO 126
9.1. HIPÓTESIS DE CRECIMIENTO 128
9.2. EVALUACIÓN DE FUNCIONAMIENTO DEL ENLACE 129
10. PROPUESTAS DE MEJORA 136
10.1. ALTERNATIVA 1 140
10.1.1. TRAZADO GEOMÉTRICO 140
10.1.2. CONDICIONANTES TERRITORIALES, URBANÍSTICOS Y FUNCIONALES 142
10.1.3. ANÁLISIS DE TRAFICO 143
10.1.4. EVALUACIÓN ECONÓMICA 147
10.1.4.1. MOVIMIENTO DE TIERRAS 148
10.1.4.2. ESTRUCTURAS 148
10.1.4.3. FIRMES 149
10.1.4.4. RESUMEN DE EVALUACIÓN ECONÓMICA 150
10.2. ALTERNATIVA 2 150
10.2.1. TRAZADO GEOMÉTRICO 151
10.2.2. CONDICIONANTES TERRITORIALES, URBANÍSTICOS Y FUNCIONALES 152
10.2.3. ANÁLISIS DE TRAFICO 154
10.2.4. EVALUACIÓN ECONÓMICA 156
10.2.4.1. MOVIMIENTO DE TIERRAS 156
10.2.4.2. ESTRUCTURAS 157

10.2.4.3. FIRMES 157
10.2.4.4. RESUMEN DE EVALUACIÓN ECONÓMICA 158
10.3. ALTERNATIVA 3 158
10.3.1. TRAZADO GEOMÉTRICO 159
10.3.2. CONDICIONANTES TERRITORIALES, URBANÍSTICOS Y FUNCIONALES 160
10.3.3. ANÁLISIS DE TRAFICO 161
10.3.4. EVALUACIÓN ECONÓMICA 164
10.3.4.1. MOVIMIENTO DE TIERRAS 164
10.3.4.2. ESTRUCTURAS 165
10.3.4.3. FIRMES 166
10.3.4.4. RESUMEN DE EVALUACIÓN ECONÓMICA 166
11. ANÁLISIS MULTICRITERIO 167
11.1. CRITERIOS PROPUESTOS 167
11.1.1. IMPACTO AMBIENTAL 168
11.1.2. VALORACIÓN ECONÓMICA 168
11.1.3. AFECCIONES TERRITORIALES 168
11.1.4. CAPACIDAD 169
11.2. EVALUACIÓN DE CRITERIOS 169
11.2.1. CRITERIO AMBIENTAL 169
11.2.2. CRITERIO ECONÓMICO 170
11.2.3. CRITERIO DE AFECCIONES TERRITORIALES 171
11.2.4. CRITERIO DE CAPACIDAD 171
11.3. ALTERNATIVA ADOPTADA 174
12. ANÁLISIS DE COHERENCIA CON ACTUACIONES EN FASE DE LICITACIÓN 176
12.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO 176
12.2. PROBLEMÁTICA FUNCIONAL ABORDADA POR EL PROYECTO 177
12.3. EVALUACIÓN DE MEJORA 177
12.4. RELACIÓN CON LAS ALTERNATIVAS PROPUESTAS 179
13. CONCLUSIONES 179
14. BIBLIOGRAFIA 182

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Localización del enlace de estudio (Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Instituto Geográfico Nacional y Google Earth) 14
Figura 2 Zonificación del entorno inmediato del enlace de estudio (Fuente Instituto Cartográfico Valenciano, Visor GVA) 15
Figura 3 Tipología de enlace CV-374 y A-3. A) Esquema de tipología de enlace en trompa. B) Imagen satelital del enlace (Fuente Guía de nudos viarios y Google Earth) 16
Figura 4 Esquema de enlace en trébol modificado (Fuente Guía de nudos viarios OC32/2012) 19
Figura 5 Configuración del enlace de estudio en el año 2006 (Fuente Google Earth) 20
Figura 6 Configuración del enlace de estudio en el año 2014 (Fuente Google Earth) 21
Figura 7 Mapa geológico de la zona de estudio (Fuente MAGNA 50, Instituto Geológico de España). 22
Figura 8 Leyenda de mapa geológico de la zona de estudio (Fuente MAGNA 50, Instituto Geológico de España). 22
Figura 9 Trazado de vía colectora-Distribuidora dirección Valencia-Madrid (Fuente Elaboración propia a partir de datos de Google Earth) 24
Figura 10 Trazado de vía colectora-Distribuidora dirección Madrid-Valencia (Fuente Elaboración propia a partir de datos de Google Earth) 25
Figura 11 Trazado de vía colectora-Distribuidora dirección Barcelona-Alicante (Fuente Elaboración propia a partir de datos de Google Earth) 26
Figura 12Trazado de ramal directo Valencia-Barcelona (Fuente Elaboración propia a partir de datos de Google Earth) 28
Figura 13 Trazado de ramal en lazo Valencia-Alicante (Fuente Elaboración propia a partir de datos de Google Earth) 29
Figura 14 Trazado de ramal en directo Alicante-Valencia y el ramal en lazo Alicante-Madrid (Fuente Elaboración propia a partir de datos de Google Earth) 30
Figura 15 Trazado de ramal en circulo Madrid-Barcelona y el ramal directo Madrid-Alicante (Fuente Elaboración propia a partir de datos de Google Earth) 31
Figura 16 Trazado de ramal directo Barcelona-Madrid y el ramal en lazo Barcelona-Valencia (Fuente Elaboración propia a partir de datos de Google Earth) 32
Figura 17 Tramos de autovía analizados (Fuente Elaboración propia a partir de datos de Google Earth) 35
Figura 18 Tramos de análisis (Fuente Elaboración propia) 36
Figura 19 Características de sección transversal en troncos de autovía, todas las distancias están en metros (Fuente Elaboración propia) 37
Figura 20 Características de sección transversal en ramales, todas las distancias están en metros (Fuente Elaboración propia) 38
Figura 21 Tipos de tramos de autovía, ramales de entrada y salida (Fuente Elaboración propia) 39
Figura 22 Tipos de tramos de autovía, tramo de trenzado (Fuente Elaboración propia) 39
Figura 23 Segmentos para cada calzada de las autovías A-7 y A-3 (Fuente Elaboración propia) 40
Figura 24 Resumen de estaciones de aforo (Fuente Elaboración propia a partir de datos del mapa de tráfico de 2023 y 2024) 42
Figura 25 Mapa de localización de estaciones de aforo (Fuente Elaboración propia a partir de datos del mapa de tráfico de 2023, 2024 y Google Earth) 42
Figura 26 Intensidad media total en cada estación de estudio para el año 2024 (Fuente Elaboración propia con datos del Mapa de tráfico 2024 y Google Earth) 44
Figura 27 Comparativa de variación mensual en los datos de IMD originales y ajustados de la estación V-311-1 en los años 2023 y 2024 (Fuente Elaboración propia a partir de datos del Mapa de tráfico 2023 y 2024) 45
Figura 28 Comparativa de variación mensual en los datos de IMD de la estación V-337-2 en los años 2023 y 2024 (Fuente Elaboración propia a partir de datos del Mapa de tráfico 2023 y 2024) 45

Figura 29 Comparativa de variación mensual en los datos de IMD de la estación V-213-2 en los años 2023 y 2024 (Fuente Elaboración propia a partir de datos del Mapa de tráfico 2023 y 2024) 45
Figura 30 Comparativa de variación mensual en los datos de IMD originales y ajustados de la estación V-312-2 en los años 2023 y 2024 (Fuente Elaboración propia a partir de datos del Mapa de tráfico 2023 y 2024).....46
Figura 31 Intensidad media total corregida en cada estación de estudio para el año 2024 (Fuente Elaboración propia con datos del Mapa de tráfico 2023, 2024 y Google Earth) 47
Figura 32 Ramales y calzada de referencia usada para extrapolar los datos a las 24 horas del día (Fuente Elaboración propia) 47
Figura 33 Coeficientes para la estación V-337-2 (Fuente Informe Detalles, Coeficientes y Congestión. Estación V-337-2, Mapa de tráfico 2024) 48
Figura 34 Ajuste de vehículos aforados para el Ramal Valencia-Barcelona (Fuente Elaboración propia) 48
Figura 35 Ajuste de vehículos aforados para el mes de octubre en los ocho ramales de estudio (Fuente Elaboración propia) 49
Figura 36 Coeficientes horarios, Intensidades horarias medias en las 24 horas del día medio 2024, estación V-337-2, Calzada 1 (Fuente Mapa de tráfico 2024).....50
Figura 37 Distribución de tráfico horaria para el ramal Valencia-Barcelona (Fuente Elaboración propia) 50
Figura 38 Distribución de tráfico horaria para el ramal Valencia-Alicante (Fuente Elaboración propia) 51
Figura 39 Distribución de tráfico horaria para el ramal Alicante-Madrid (Fuente Elaboración propia) 51
Figura 40 Distribución de tráfico horaria para el ramal Alicante-Valencia (Fuente Elaboración propia) 51
Figura 41 Distribución de tráfico horaria para el ramal Madrid-Barcelona (Fuente Elaboración propia) 51
Figura 42 Distribución de tráfico horaria para el ramal Madrid-Alicante (Fuente Elaboración propia) 51
Figura 43 Distribución de tráfico horaria para el ramal Barcelona-Madrid (Fuente Elaboración propia) 52
Figura 44 Distribución de tráfico horaria para el ramal Barcelona-Valencia (Fuente Elaboración propia) 52
Figura 45 Factor de vehículos ligeros equivalentes por tipo de terreno (Fuente Highway Capacity Manual) 54
Figura 46 Curvas velocidad-capacidad en tramos básicos de autovías (Fuente Highway Capacity Manual) 55
Figura 47 Rangos de densidad para cada nivel de servicio (Fuente Highway Capacity Manual) 56
Figura 48 Intensidad del día medio autovía A-7 (Fuente Elaboración propia a partir de datos del mapa de tráfico de 2023 y 2024).....56
Figura 49 Porcentajes horarios de intensidades medias en las 24 horas del día medio en la calzada 1 de la estación V-312-0 (Fuente Mapa de tráfico 2024) 57
Figura 50 Distribución horaria de vehículos para en dirección Alicante-Barcelona (Fuente Elaboración propia con datos procedentes del Mapa de tráfico 2024).....57
Figura 51 Distribución horaria del tráfico en sentido Alicante-Barcelona (Fuente Elaboración propia a partir de datos procedentes del Mapa de tráfico 2024) 57
Figura 52 Distribución horaria de vehículos para en dirección Barcelona-Alicante (Fuente Elaboración propia con datos procedentes del Mapa de tráfico 2024).....58
Figura 53 Distribución horaria del tráfico en sentido Barcelona-Alicante (Fuente Elaboración propia a partir de datos procedentes del Mapa de tráfico 2024) 58
Figura 54 Factor para la determinación de la velocidad de flujo libre (FFS) en autovía A-7 (Fuente Elaboración propia) 59
Figura 55 Factor de hora punta para cada calzada de la autovía A-7 (Fuente Mapa de Tráfico 2024) ..59

Figura 56 Distribución del tráfico en intervalos de 15 minutos en dirección Barcelona-Alicante (Fuente Elaboración propia con datos procedentes del Mapa de tráfico 2024) 60
Figura 57 Distribución del tráfico en intervalos de 15 minutos en dirección Alicante-Barcelona (Fuente Elaboración propia con datos procedentes del Mapa de tráfico 2024) 60
Figura 58 Intensidad media diaria autovía A-3 (Fuente Elaboración propia a partir de datos del mapa de tráfico de 2024) 61
Figura 59 Distribución horaria y en intervalos de 15 minutos de vehículos para en dirección Madrid-Valencia (Fuente Elaboración propia con datos procedentes del Mapa de tráfico 2024) 61
Figura 60 Distribución horaria del tráfico en sentido Madrid-Valencia (Fuente Elaboración propia a partir de datos procedentes del Mapa de tráfico 2024) 61
Figura 61 Distribución horaria y en intervalos de 15 minutos de vehículos para en dirección Valencia-Madrid (Fuente Elaboración propia con datos procedentes del Mapa de tráfico 2024) 62
Figura 62 Distribución horaria del tráfico en sentido Valencia-Madrid (Fuente Elaboración propia a partir de datos procedentes del Mapa de tráfico 2024) 62
Figura 63 Factor para la determinación de la velocidad de flujo libre (FFS) en autovía A-3 (Fuente Elaboración propia) 63
Figura 64 Temperaturas máximas, mínimas y días de lluvia mensuales en promedio para Los Ángeles, CA y Valencia, España (Fuente Elaboración propia a partir de datos de National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA [12]) 65
Figura 65 Siniestros con víctimas en la zona de estudio, año 2024 (Fuente Elaboración propia a partir de fichero de microdatos de accidentes con víctimas de la dirección General de tráfico DGT [13]) 66
Figura 66 Frecuencia de accidentes en la zona de estudio, año 2024 (Fuente Elaboración propia a partir de fichero de microdatos de accidentes con víctimas de la dirección General de tráfico DGT[13]) 66
Figura 67 Esquema de la autovía A-7, calzada Barcelona-Alicante niveles de servicio (Fuente Elaboración propia a través del Software Freeval) 68
Figura 68 Esquema de la autovía A-7, calzada Alicante-Barcelona niveles de servicio (Fuente Elaboración propia a través del Software Freeval) 69
Figura 69 Esquema de la autovía A-3, calzada Madrid-Valencia niveles de servicio (Fuente Elaboración propia a través del Software Freeval) 69
Figura 70 Esquema de la autovía A-3, calzada Valencia-Madrid niveles de servicio (Fuente Elaboración propia a través del Software Freeval) 70
Figura 71 Variación de la velocidad en la Calzada Barcelona-Alicante, autovía A-7 (Fuente Elaboración propia) 71
Figura 72 Variación de la velocidad en la Calzada Alicante-Barcelona, autovía A-7 (Fuente Elaboración propia) 71
Figura 73 Variación de la velocidad en la Calzada Madrid-Valencia, autovía A-3 (Fuente Elaboración propia) 72
Figura 74 Variación de la velocidad en la Calzada Valencia-Madrid, autovía A-3 (Fuente Elaboración propia) 72
Figura 75 Variación V/C en cada segmento de la calzada Barcelona-Alicante, A-7 (Fuente Elaboración propia) 73
Figura 76 Variación V/C en cada segmento de la calzada Alicante-Barcelona, A-7 (Fuente Elaboración propia) 74
Figura 77 Variación V/C en cada segmento de la calzada Madrid-Valencia, A-3 (Fuente Elaboración propia) 75
Figura 78 Variación V/C en cada segmento de la calzada Valencia-Madrid, A-3 (Fuente Elaboración propia) 75
Figura 79 Zona de influencia de un ramal de entrada y salida (Fuente HCM Ed. 6) 78
Figura 80 Niveles de servicio para ramales, según la densidad (Fuente HCM Ed. 6) 79
Figura 81 Capacidad en zona de unión ramal-autovía (Fuente HCM Ed. 6) 82

Figura 82 Intensidad horaria en tronco de autovía A-7 dirección ascendente del PK y de los ramales en el ramal de salida, valores en vehículos ligeros equivalente por hora (Fuente Elaboración propia) 84
Figura 83 Aforos para el año 2024 de la CV-370 en el punto kilométrico 2.80 y 3.80 (Fuente Libro de aforos de la Diputación de Valencia 2024) 85
Figura 84 Puntos kilométricos de la carretera autonómica CV-370 en su paso superior con la autovía A-7 (Fuente Visor de la Generalitat Valenciana [16]) 86
Figura 85 Resultados del cálculo de longitud equivalente para el ramal de entrada de la CV-370 aguas arriba y el trafico en los carriles 1 y 2 de la ramal de salida analizada (Fuente Elaboración propia). 86
Figura 86 Resultados del cálculo de densidad y nivel de servicio para el ramal de salida de la calzada de la autovía A-7 dirección ascendente del PK (Fuente Elaboración propia). 87
Figura 87 Intensidad horaria en tronco de autovía A-7 dirección ascendente del PK y de los ramales en el ramal de entrada, valores en vehículos ligeros equivalente por hora (Fuente Elaboración propia) 87
Figura 88 Distribución de tráfico para ramal de salida entre la autovía A-7 y la CV-36 (Fuente Elaboración propia) 88
Figura 89 Longitudes equivalentes para ramales adyacentes y resultados de la estimación de volumen de tráfico en los carriles 1 y 2 (Fuente Elaboración propia) 88
Figura 90 Resultados del cálculo de densidad y nivel de servicio para el ramal de entrada de la calzada de la autovía A-7 dirección ascendente del PK (Fuente Elaboración propia). 88
Figura 91 Intensidad horaria en tronco de autovía A-7 dirección descendente del PK y en el ramal de salida, valores en vehículos ligeros equivalente por hora (Fuente Elaboración propia) 89
Figura 92 Resultados del cálculo de longitud equivalente para el ramal de entrada de la CV-36 aguas arriba y el tráfico en los carriles 1 y 2 del ramal de salida analizada (Fuente Elaboración propia). 89
Figura 93 Resultados del cálculo de densidad y nivel de servicio para el ramal de salida de la calzada de la autovía A-7 dirección descendente del PK (Fuente Elaboración propia). 89
Figura 94 Intensidad horaria en tronco de autovía A-7 dirección descendente del PK y en el ramal de entrada, valores en vehículos ligeros equivalente por hora (Fuente Elaboración propia) 90
Figura 95 Longitudes equivalentes para ramales adyacentes y resultados de la estimación de volumen de tráfico en los carriles 1 y 2 (Fuente Elaboración propia) 90
Figura 96 Resultados del cálculo de densidad y nivel de servicio para el ramal de entrada de la calzada de la autovía A-7 dirección descendente del PK (Fuente Elaboración propia) 91
Figura 97 Intensidad horaria en tronco de autovía A-3 dirección Ascendente del PK y en el ramal de salida, valores en vehículos ligeros equivalente por hora (Fuente Elaboración propia) 91
Figura 98 Resultados del cálculo de densidad y nivel de servicio para el ramal de salida de la calzada de la autovía A-3 dirección ascendente del PK (Fuente Elaboración propia). 91
Figura 99 Intensidad horaria en tronco de autovía A-3 dirección Ascendente del PK y en el ramal de entrada, valores en vehículos ligeros equivalente por hora (Fuente Elaboración propia) 92
Figura 100 Longitudes equivalentes para ramales adyacentes y resultados de la estimación de volumen de tráfico en los carriles 1 y 2 (Fuente Elaboración propia) 92
Figura 101 Resultados del cálculo de densidad y nivel de servicio para el ramal de entrada de la calzada de la autovía A-3 dirección ascendente del PK (Fuente Elaboración propia). 92
Figura 102 Intensidad horaria en tronco de autovía A-3 dirección descendente del PK y en el ramal de salida, valores en vehículos ligeros equivalente por hora (Fuente Elaboración propia) 93
Figura 103 resultados de la estimación de volumen de tráfico en los carriles 1 y 2 (Fuente Elaboración propia) 93
Figura 104 Resultados del cálculo de densidad y nivel de servicio para el ramal de salida de la calzada de la autovía A-3 dirección descendente del PK (Fuente Elaboración propia) 93
Figura 105 Intensidad horaria en tronco de autovía A-3 dirección descendente del PK y en el ramal de entrada, valores en vehículos ligeros equivalente por hora (Fuente Elaboración propia) 94

Figura 106 Longitudes equivalentes para ramales adyacentes y resultados de la estimación de volumen de tráfico en los carriles 1 y 2 (Fuente Elaboración propia) 94
Figura 107 Resultados del cálculo de densidad y nivel de servicio para el ramal de entrada de la calzada de la autovía A-3 dirección descendente del PK (Fuente Elaboración propia) 94
Figura 108 capacidades teóricas por ramal según la velocidad específica del elemento y la tipología, adicionalmente se presenta la demanda horaria junto a una escala monocromática para cada ramal (Fuente Elaboración propia a partir de datos de la Guia de Nudos Viarios). 95
Figura 109 Demanda en autovía A-7 sentido ascendente de PK en vehículos ligeros equivalentes por hora (Fuente Elaboración propia). [1] Demanda en tronco de autovía aguas arriba de ramal de salida. [2] Demanda en zona de influencia de ramal de salida. [3] Demanda en zona de influencia de ramal de entrada. 95
Figura 110 Demanda en autovía A-7 sentido descendente de PK en vehículos ligeros equivalentes por hora (Fuente Elaboración propia). [1] Demanda en tronco de autovía aguas arriba de ramal de salida. [2] Demanda en zona de influencia de ramal de salida. [3] Demanda en zona de influencia de ramal de entrada. 96
Figura 111 Demanda en autovía A-3 sentido ascendente de PK en vehículos ligeros equivalentes por hora (Fuente Elaboración propia). [1] Demanda en tronco de autovía aguas arriba de ramal de salida. [2] Demanda en zona de influencia de ramal de salida. [3] Demanda en zona de influencia de ramal de entrada. 96
Figura 112 Demanda en autovía A-3 sentido descendente de PK en vehículos ligeros equivalentes por hora (Fuente Elaboración propia). [1] Demanda en tronco de autovía aguas arriba de ramal de salida. [2] Demanda en zona de influencia de ramal de salida. [3] Demanda en zona de influencia de ramal de entrada. 96
Figura 113 Resumen de análisis de ramales de entrada y salida calzada de autovía A-7 sentido ascendente del PK (Fuente Elaboración propia). 97
Figura 114 Resumen de análisis de ramales de entrada y salida calzada de autovía A-7 sentido descendente del PK (Fuente Elaboración propia). 97
Figura 115 Resumen de análisis de ramales de entrada y salida calzada de autovía A-3 sentido ascendente del PK (Fuente Elaboración propia). 97
Figura 116 Resumen de análisis de ramales de entrada y salida calzada de autovía A-3 sentido descendente del PK (Fuente Elaboración propia). 97
Figura 117 Localización de zonas de congestión (Fuente Elaboración propia) 100
Figura 118 Clasificación de variables (Fuente Elaboración propia) 102
Figura 119 Evolución de accidentalidad, calzada A-7 ascendente (Fuente Elaboración propia) 102
Figura 120 Accidentalidad mensual, calzada A-7 ascendente (Fuente Elaboración propia) 103
Figura 121 Accidentalidad horaria, calzada A-7 ascendente (Fuente Elaboración propia) 104
Figura 122 Localización de accidentes, calzada A-7 ascendente (Fuente Elaboración propia) 104
Figura 123 Tipos de accidentes, calzada A-7 ascendente (Fuente Elaboración propia) 105
Figura 124 Condición del firme, calzada A-7 ascendente (Fuente Elaboración propia) 106
Figura 125 Condición de iluminación, calzada A-7 ascendente (Fuente Elaboración propia) 106
Figura 126 Condiciones meteorológicas, calzada A-7 ascendente (Fuente Elaboración propia) 107
Figura 127 Evolución de accidentalidad, calzada A-7 descendente (Fuente Elaboración propia) 107
Figura 128 Accidentalidad mensual, calzada A-7 descendente (Fuente Elaboración propia) 108
Figura 129 Accidentalidad horaria, calzada A-7 descendente (Fuente Elaboración propia) 109
Figura 130 Localización de accidentes, calzada A-7 descendente (Fuente Elaboración propia) 109
Figura 131 Tipos de accidente, calzada A-7 descendente (Fuente Elaboración propia) 110
Figura 132 Condición del firme, calzada A-7 descendente (Fuente Elaboración propia) 111
Figura 133 Condición de iluminación, calzada A-7 descendente (Fuente Elaboración propia) 111
Figura 134 Condiciones meteorológicas, calzada A-7 descendente (Fuente Elaboración propia) 112
Figura 135 Evolución de accidentalidad, calzada A-3 ascendente (Fuente Elaboración propia) 113
Figura 136 Accidentalidad mensual, calzada A-3 ascendente (Fuente Elaboración propia) 113
Figura 137 Accidentalidad horaria, calzada A-3 ascendente (Fuente Elaboración propia) 114
Figura 138 Localización de accidentes, calzada A-3 ascendente (Fuente Elaboración propia) 115

Figura 139 Tipos de accidentes, calzada A-3 ascendente (Fuente Elaboración propia)..... 116
Figura 140 Condición del firme, calzada A-3 ascendente (Fuente Elaboración propia) 116
Figura 141 Condición de iluminación, calzada A-3 ascendente (Fuente Elaboración propia) 117
Figura 142 Condiciones meteorológicas, calzada A-3 ascendente (Fuente Elaboración propia).... 117
Figura 143 Evolución de accidentalidad, calzada A-3 descendente (Fuente Elaboración propia) ... 118
Figura 144 Accidentalidad mensual, calzada A-3 descendente (Fuente Elaboración propia)..... 118
Figura 145 Accidentalidad horaria, calzada A-3 descendente (Fuente Elaboración propia)..... 119
Figura 146 Localización de accidentes, calzada A-3 descendente (Fuente Elaboración propia) 119
Figura 147 Tipos de accidentes, calzada A-3 descendente (Fuente Elaboración propia)..... 120
Figura 148 Condición del firme, calzada A-3 descendente (Fuente Elaboración propia)..... 121
Figura 149 Condición de iluminación, calzada A-3 descendente (Fuente Elaboración propia)..... 121
Figura 150 Condiciones meteorológicas, calzada A-3 descendente (Fuente Elaboración propia) .. 122
Figura 151 Datos de accidentalidad en los tramos analizados (Fuente Elaboración propia a partir de fichero de microdatos de la Dirección General de tráfico)..... 123
Figura 152 Índices de accidentalidad (Fuente Elaboración propia) 123
Figura 153 Evolución del tráfico desde el año 2014 al 2024, estación de aforo V-311-1 (Fuente Elaboración propia) 126
Figura 154 Evolución del tráfico desde el año 2014 al 2024, estación de aforo V-312-2 (Fuente Elaboración propia) 127
Figura 155 Evolución del tráfico desde el año 2014 al 2024, estación de aforo V-213-2 (Fuente Elaboración propia) 127
Figura 156 Evolución del tráfico desde el año 2013 al 2024, estación de aforo V-337-2 (Fuente Elaboración propia) 128
Figura 157 Intensidades medias diarias a 5, 10 y 20 años para el escenario 1, crecimiento del 1.44%, y del escenario 2, crecimiento del 4.0% (Fuente Elaboración propia)..... 129
Figura 158 Resultados de análisis de Freeval con crecimiento del 1.44% para la calzada de la autovía A-7 sentido Barcelona-Alicante (Fuente Elaboración propia) 129
Figura 159 Resultados de análisis de Freeval con crecimiento del 4.0% para la calzada de la autovía A-7 sentido Barcelona-Alicante (Fuente Elaboración propia) 130
Figura 160 Resultados de análisis de Freeval con crecimiento 1.44% para la calzada de la autovía A-7 sentido Alicante-Barcelona (Fuente Elaboración propia)..... 130
Figura 161 Resultados de análisis de Freeval con crecimiento 4.0% para la calzada de la autovía A-7 sentido Alicante-Barcelona (Fuente Elaboración propia)..... 131
Figura 162 Resultados de análisis de Freeval con crecimiento 1.44% para la calzada de la autovía A-3 sentido Madrid-Alicante (Fuente Elaboración propia)..... 131
Figura 163 Resultados de análisis de Freeval con crecimiento 4.0% para la calzada de la autovía A-3 sentido Madrid-Alicante (Fuente Elaboración propia)..... 132
Figura 164 Resultados de análisis de Freeval con crecimiento 1.44% para la calzada de la autovía A-3 sentido Valencia-Madrid (Fuente Elaboración propia) 132
Figura 165 Resultados de análisis de Freeval con crecimiento 4.0% para la calzada de la autovía A-3 sentido Valencia-Madrid (Fuente Elaboración propia) 133
Figura 166 Niveles de servicio de ramales de entrada y salida para la calzada de la autovía A-7 sentido ascendente del PK para los escenarios de crecimiento 1 y 2 en los años 2029, 2034 y 2044 (Fuente Elaboración propia) 134
Figura 167 Niveles de servicio de ramales de entrada y salida para la calzada de la autovía A-7 sentido descendente del PK para los escenarios de crecimiento 1 y 2 en los años 2029, 2034 y 2044 (Fuente Elaboración propia) 134
Figura 168 Niveles de servicio de ramales de entrada y salida para la calzada de la autovía A-3 sentido ascendente del PK para los escenarios de crecimiento 1 y 2 en los años 2029, 2034 y 2044 (Fuente Elaboración propia) 135
Figura 169 Niveles de servicio de ramales de entrada y salida para la calzada de la autovía A-3 sentido descendente del PK para los escenarios de crecimiento 1 y 2 en los años 2029, 2034 y 2044 (Fuente Elaboración propia) 135

Figura 170 Relación velocidad de proyecto - Radio mínimo - Peralte máximo (Fuente Norma 3.1-IC TRAZADO) 137
Figura 171 Parámetros mínimos de los acuerdos verticales para disponer de visibilidad de parada (Fuente Norma 3.1-IC TRAZADO) 138
Figura 172 Carriles de cambio de velocidad (Fuente Norma 3.1-IC TRAZADO) 139
Figura 173 Longitudes de carriles de cambio de velocidad (Fuente norma 3.1-IC TRAZADO) 139
Figura 174 Detalles de sección transversal de alternativa 1, todas las medidas están en metros (Fuente Elaboración propia) 141
Figura 175 Trazado en planta de alternativa 1 (Fuente Elaboración propia) 141
Figura 176 Desarrollo del trazado de la alternativa 1 sobre la clasificación del suelo (Fuente Elaboración propia) 143
Figura 177 IMD en cada calzada para las autovías en el año horizonte 2048 (Fuente Elaboración propia) 144
Figura 178 IMD en cada movimiento del enlace en el año horizonte 2048 (Fuente Elaboración propia) 144
Figura 179 Niveles de servicio en la alternativa 1, sentido A-7 hacia la A-3 con ramales de 1 carril (Fuente Elaboración propia) 145
Figura 180 Niveles de servicio en la alternativa 1, sentido A-7 hacia la A-3 con ramales de 2 carril (Fuente Elaboración propia) 145
Figura 181 Niveles de servicio en la alternativa 1, sentido A-3 hacia la A-7 con ramales de 1 carril (Fuente Elaboración propia) 146
Figura 182 Niveles de servicio en la alternativa 1, sentido A-3 hacia la A-7 con ramales de 2 carril (Fuente Elaboración propia) 146
Figura 183 Costos unitarios para las diferentes unidades de obra consideradas en el análisis (Fuente Instituto Valenciano de la Edificación, IVE [18]) 147
Figura 184 Cantidades y costo del movimiento de tierras-Alternativa 1 (Fuente Elaboración propia) 148
Figura 185 Cantidades y costo de estructuras-Alternativa 1 (Fuente Elaboración propia) 149
Figura 186 Cantidades y costo de firmes-Alternativa 1 (Fuente Elaboración propia) 149
Figura 187 Resumen de evaluación económica-Alternativa 1 (Fuente Elaboración propia) 150
Figura 188 Trazado en planta de alternativa 2 (Fuente Elaboración propia) 152
Figura 189 Desarrollo del trazado de la alternativa 2 sobre la clasificación del suelo (Fuente Elaboración propia) 154
Figura 190 Niveles de servicio en la alternativa 2, sentido A-7 hacia la A-3 con ramales de 1 carril (Fuente Elaboración propia) 155
Figura 191 Niveles de servicio en la alternativa 2, sentido A-3 hacia la A-7 con ramales de 1 carril (Fuente Elaboración propia) 156
Figura 192 Cantidades y costo del movimiento de tierras-Alternativa 2 (Fuente Elaboración propia) 157
Figura 193 Cantidades y costo de estructuras-Alternativa 2 (Fuente Elaboración propia) 157
Figura 194 Cantidades y costo de firmes-Alternativa 2 (Fuente Elaboración propia) 158
Figura 195 Resumen de evaluación económica-Alternativa 2 (Fuente Elaboración propia) 158
Figura 196 Configuración geométrica de ramal semidirecto (Fuente Guia de nudos viarios) 159
Figura 197 Trazado en planta de alternativa 3 (Fuente Elaboración propia) 160
Figura 198 Desarrollo del trazado de la alternativa 3 sobre la clasificación del suelo (Fuente Elaboración propia) 160
Figura 199 Niveles de servicio en la alternativa 3, sentido A-7 hacia la A-3 con ramales de 1 carril (Fuente Elaboración propia) 162
Figura 200 Niveles de servicio en la alternativa 3, sentido A-7 hacia la A-3 con ramales de 2 carril (Fuente Elaboración propia) 162
Figura 201 Niveles de servicio en la alternativa 3, sentido A-3 hacia la A-7 con ramales de 1 carril (Fuente Elaboración propia) 163

Figura 202 Niveles de servicio en la alternativa 3, sentido A-3 hacia la A-7 con ramales de 2 carril (Fuente Elaboración propia) 164
Figura 203 Cantidades y costos del movimiento de tierras-Alternativa 3 (Fuente Elaboración propia) 165
Figura 204 Cantidades y costos de estructuras-Alternativa 3 (Fuente Elaboración propia) 165
Figura 205 Cantidades y costos de firmes-Alternativa 3 (Fuente Elaboración propia) 166
Figura 206 Resumen de evaluación económica-Alternativa 3 (Fuente Elaboración propia) 166
Figura 207 Coeficientes de ponderación para cada criterio (Fuente Elaboración propia) 167
Figura 208 Evaluación de criterio ambiental (Fuente Elaboración propia) 170
Figura 209 Evaluación de criterio económico (Fuente Elaboración propia) 170
Figura 210 Evaluación de criterio de afecciones territoriales (Fuente Elaboración propia) 171
Figura 211 Evaluación del criterio de capacidad para la alternativa 0 (Fuente Elaboración propia) 172
Figura 212 Evaluación del criterio de capacidad para la alternativa 1 (Fuente Elaboración propia) 172
Figura 213 Evaluación del criterio de capacidad para la alternativa 2 (Fuente Elaboración propia) 173
Figura 214 Evaluación del criterio de capacidad para la alternativa 3 (Fuente Elaboración propia) 173
Figura 215 Localización de problema inducido por la alternativa 3 en el tronco de la autovía A.7 sentido Alicante-Barcelona (Fuente Elaboración propia) 174
Figura 216 Evaluación de criterio de capacidad en todas las alternativas (Fuente Elaboración propia) 174
Figura 217 Análisis multicriterio de alternativas (Fuente Elaboración propia) 175
Figura 218 Zona de actuación proyecto constructivo Prolongación de carril y ampliación de la plataforma de la A-3 a la A-7 (by-pass), PP.KK. 337 al 340, ramal de salida de la A-3, en margen derecha (Fuente Proyecto 33-V-7500 [21]) 177
Figura 219 Sección 3, Planta general sobre cartografía, Nº de plano 2.5.1, hoja 4 de 7 (Fuente Proyecto 33-V-7500 [21]) 178
Figura 220 Señalización vertical en tramo de actuación en mayo del 2025 (Fuente Google Earth) . 178

1. OBJETO

El objeto del presente Trabajo de Fin de Máster es realizar un análisis funcional integral de un enlace entre dos autovías de alta capacidad, evaluando su comportamiento operativo actual y estudiando diferentes propuestas de mejora. El análisis se desarrolla teniendo en cuenta las limitaciones existentes de carácter urbanístico, orográfico y funcional, así como las actuaciones de mejora previamente ejecutadas en el enlace. Se presta especial atención a la interacción entre los distintos elementos que lo componen y a su relación con los enlaces y accesos adyacentes.

El ámbito de estudio corresponde al enlace entre las autovías A-7 y A-3, situado en la provincia de Valencia, que constituye un nodo estratégico de la red viaria y soporta elevados volúmenes de tráfico tanto en los troncos principales como en los ramales de conexión. El trabajo aborda de forma diferenciada el análisis del tráfico en los troncos de autovía y los ramales de entrada y salida de cada calzada, incorporando además un análisis detallado de la accidentalidad, con el fin de identificar patrones espaciales y operativos relevantes para la seguridad vial.

Asimismo, el estudio incluye la proyección de la demanda bajo distintos escenarios temporales y la evaluación del funcionamiento futuro del enlace, lo que permite fundamentar el planteamiento y comparación de alternativas de actuación. Estas alternativas se valoran mediante un análisis multicriterio, integrando criterios funcionales, de seguridad y de viabilidad. Dado el alcance del presente Trabajo de Fin de Máster, no se consideran cálculos de carácter estructural, estudios de seguridad y salud ni evaluaciones de impacto ambiental, centrando el análisis en la funcionalidad y operación del enlace.

2. LOCALIZACIÓN

2.1. Descripción

El presente estudio se centra en el enlace entre las autovías A-7 y A-3, ubicado específicamente entre los puntos kilométricos 335+000 y 336+850 de la A-7, y los 337+500 y 341+000 de la A-3. El nudo objeto de análisis se localiza en la Comunidad Valenciana, dentro de la provincia de Valencia, concretamente en la comarca del Camp de Túria. No obstante, a escasos metros del enlace se encuentran también los límites comarcales de la Hoya de Buñol y la Huerta Sur, lo que refuerza su carácter estratégico en la conectividad regional. En la Figura 1 se localiza el enlace de estudio en la comunidad valenciana y posteriormente en la provincia de Valencia, en imágenes obtenidas a partir de cartografía del Instituto Geográfico Nacional (IGN) [1].

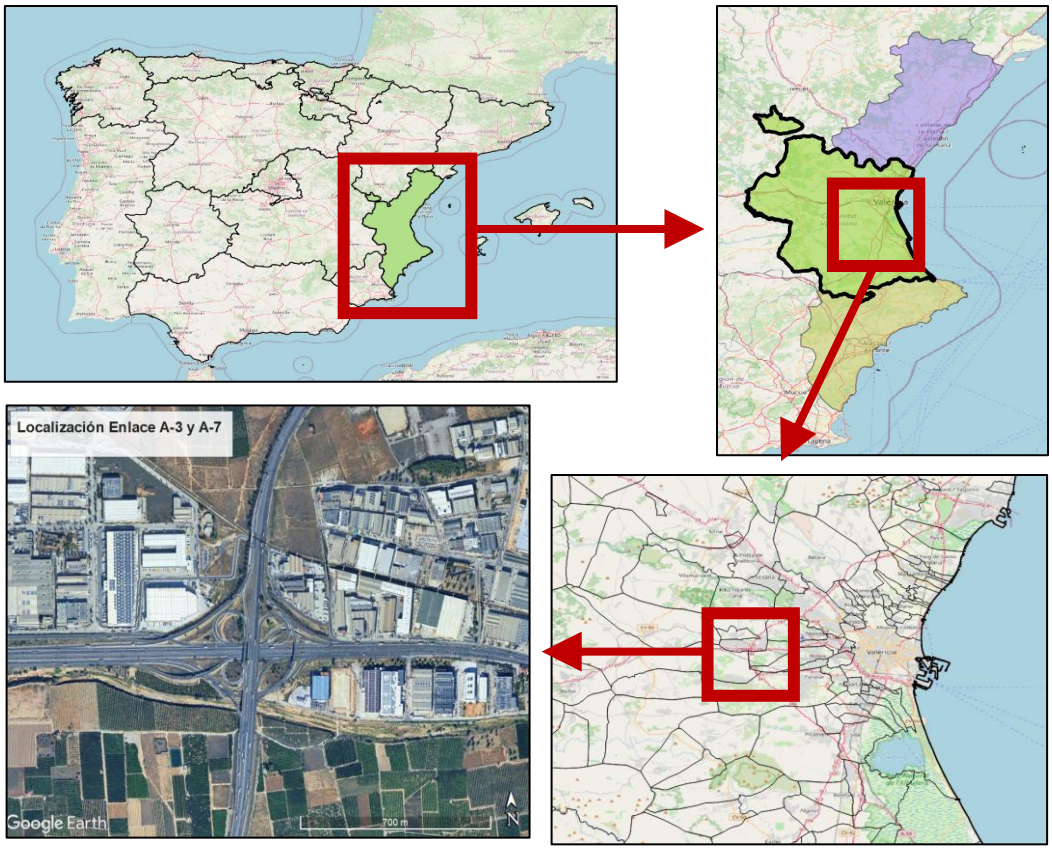

Figura 1 Localización del enlace de estudio (Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Instituto Geográfico Nacional y Google Earth)

Administrativamente, el enlace se localiza dentro del término municipal de Riba-roja de Túria, municipio que cuenta con una población de 24,230 habitantes según datos del propio ayuntamiento. No obstante, la relevancia funcional del enlace trasciende el ámbito estrictamente municipal, ya que el elevado volumen de tráfico que soporta le confiere una importancia de escala supramunicipal y metropolitana.

2.2. Entorno

En cuanto al entorno inmediato del enlace, el costado noreste corresponde al citado municipio de Riba-roja de Túria. Este sector se encuentra clasificado como suelo urbano, y zonificado como zona urbanizada industrial, según el planeamiento urbanístico vigente [2].

Cabe destacar que en este sector transcurre una vía ferroviaria en superficie de la línea Valencia–Cuenca–Madrid, perteneciente a la red convencional de Adif, de ancho ibérico y con uso mixto (viajeros y mercancías). Esta infraestructura cruza por debajo de la autovía A-7 a la altura del PK 335+700, mediante una estructura existente.

En el costado sureste, el suelo se encuentra clasificado como suelo urbanizable, y se halla zonificado como zona de nuevo desarrollo industrial en ejecución de su plan parcial. No obstante, cabe señalar que este sector ya se encuentra urbanizado y consolidado. En este ámbito destaca la presencia del Barranco del Poyo, clasificado como suelo no urbanizable protegido, el cual atraviesa el enlace y cruza por debajo de la autovía A-7 mediante una obra de paso.

Por su parte, el costado suroeste está conformado por la confluencia del Barranco del Poyo, también en este tramo clasificado como suelo no urbanizable protegido, y áreas colindantes de suelo no urbanizable común, destinadas principalmente a usos rurales y agropecuarios.

Finalmente, en el costado noroeste se observa una combinación de suelo urbanizado y suelo urbanizable, zonificado como zona de nuevo desarrollo industrial, igualmente en ejecución de su planeamiento. Al igual que en el costado noreste, este ámbito ya presenta un grado elevado de urbanización. En esta área vuelve a aparecer la línea ferroviaria Valencia–Cuenca–Madrid, ya mencionada previamente, que delimita parcialmente el borde del nudo y tiene incidencia directa sobre su configuración, así como los importantes centros logísticos de distribución que se encuentran los demás cuadrantes. En la Figura 2 se presenta la zonificación del entorno inmediato del enlace junto a la infraestructura viaria y férrea.

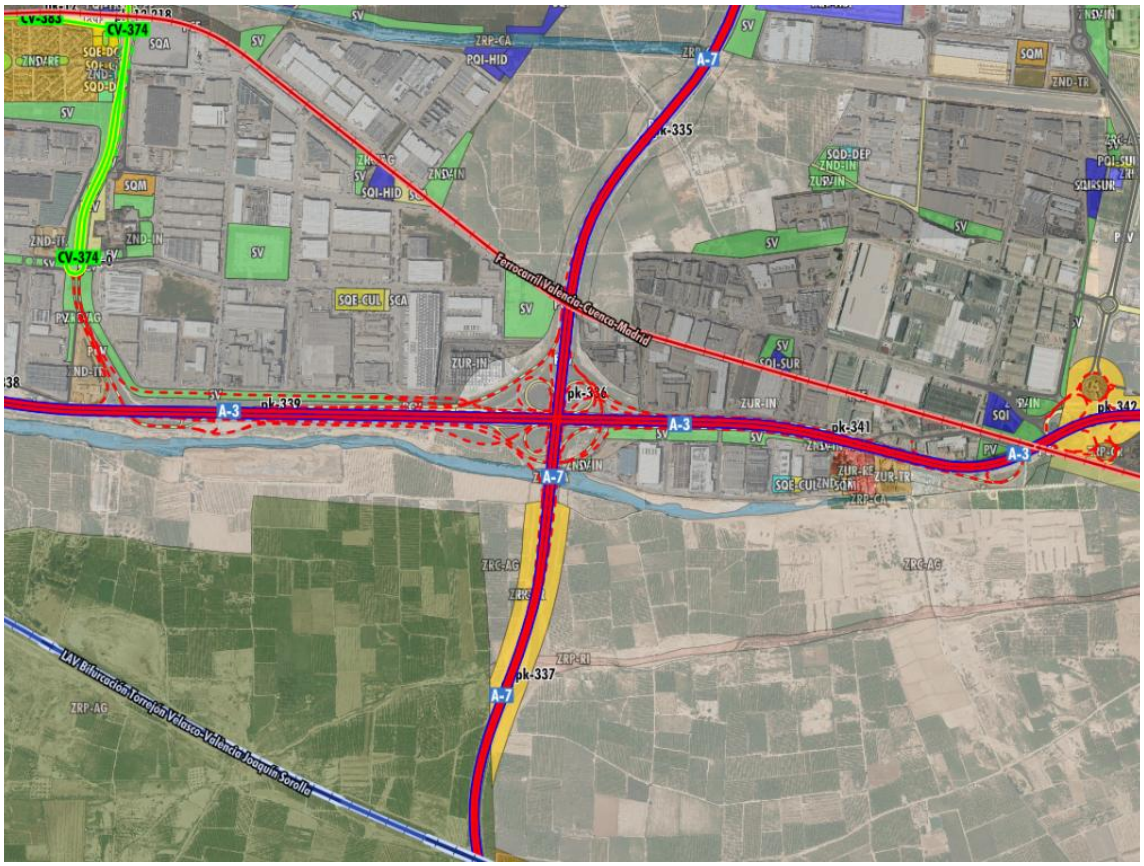

Figura 2 Zonificación del entorno inmediato del enlace de estudio (Fuente Instituto Cartográfico Valenciano, Visor GVA)

En el PK 338+600 de la autovía A-3, a aproximadamente 1.5 km del enlace objeto de estudio, se localiza un enlace en trompa que conecta la A-3 con la vía autonómica CV-374. Este tipo de enlace combina un ramal semidirecto para uno de los giros a la izquierda con un ramal en lazo para el otro, y está diseñado para priorizar el tráfico de la vía principal. Concretamente, se trata de un enlace en trompa tipo B: el giro a la izquierda desde la vía secundaria hacia la principal se resuelve mediante un ramal semidirecto, mientras que el giro a la izquierda desde la vía principal se materializa mediante un ramal en lazo, caracterizado por su reducida velocidad específica. En la Figura 3A se muestra el esquema de este tipo de enlace según la Guía de Nudos Viarios

y en la Figura 3B se presenta la imagen satelital del enlace real, cuya configuración resulta análoga al esquema.

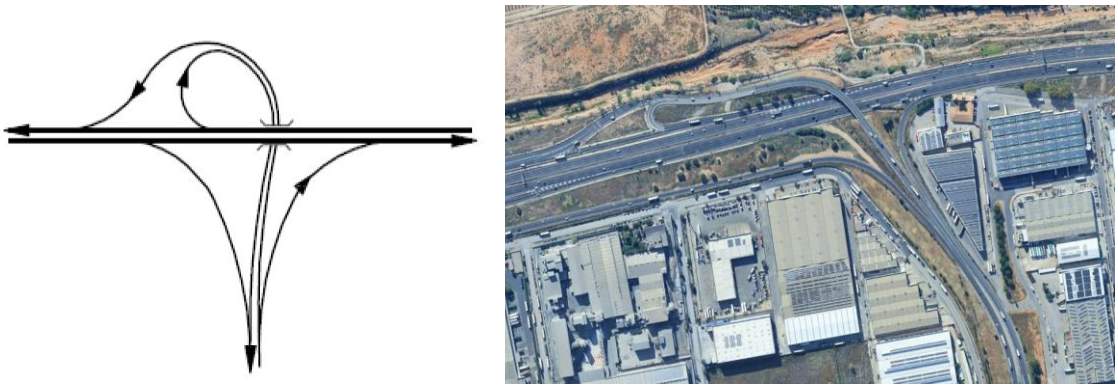

Figura 3 Tipología de enlace CV-374 y A-3. A) Esquema de tipología de enlace en trompa. B) Imagen satelital del enlace (Fuente Guía de nudos viarios y Google Earth)

3. ANTECEDENTES

El presente apartado tiene por objeto contextualizar el enlace de estudio desde el punto de vista histórico y funcional, a través de la evolución de las dos infraestructuras principales que confluyen en él: las autovías A-7 y A-3. La comprensión de su origen, desarrollo y transformación resulta fundamental para interpretar tanto la configuración geométrica actual del enlace como las decisiones adoptadas en fases anteriores de planificación y explotación. Asimismo, este análisis permite entender la evolución de la demanda de tráfico y el papel estratégico que el enlace desempeña dentro de la red viaria de ámbito regional y nacional.

3.1. Historia autovía A-7

El origen de la actual autovía A-7, en su tramo Tarragona–Valencia–Alicante, se enmarca en el desarrollo de la Autopista del Mediterráneo, un eje viario estratégico de más de 1.300 km que conecta la frontera con Francia, en La Junquera (Girona), con Algeciras (Cádiz), siguiendo el litoral mediterráneo. El tramo comprendido entre Tarragona y Alicante, con una longitud aproximada de 373 km, incluye 27 enlaces y 9 áreas de servicio, y fue ejecutado de manera progresiva entre las décadas de 1970 y 1980 [3].

Durante los años sesenta, el crecimiento industrial, demográfico y turístico del arco mediterráneo puso de manifiesto la necesidad de dotar a esta franja territorial de una infraestructura viaria de gran capacidad. Con el objetivo de acelerar su desarrollo, se optó por un modelo concesional con financiación privada, siguiendo experiencias previas implantadas en otros países europeos [3]. En este contexto, el tramo Tarragona–Valencia fue adjudicado mediante el Decreto 2052/1971, con una duración inicial de 27 años, y el tramo Valencia–Alicante fue incorporado a la concesión un año más tarde mediante el Decreto 3477/1972, también por un periodo de 27 años. No obstante, el enlace objeto de estudio no se encuentra incluido en ninguno de estos decretos, al formar parte del By-pass de Valencia, infraestructura ejecutada con posterioridad, inaugurada en 1990 en el tramo comprendido entre Puzol y la confluencia con la A-3, y en 1992 en el tramo entre la A-3 y Silla/Picassent.

Los primeros años de explotación estuvieron marcados por importantes dificultades económicas, derivadas tanto del contexto macroeconómico como de sobrecostes asociados a obras adicionales y problemas de trazado en determinados sectores, especialmente entre Xeresa y Ondara. Estas circunstancias motivaron una ampliación del plazo concesional hasta el 1 de octubre de 2004, aprobada mediante el Decreto 2715/1982. A partir de mediados de la década de 1980 se produjo una recuperación progresiva del tráfico y de los ingresos, lo que dio lugar a una reestructuración de la concesión en 1986, con una revisión de tarifas y la fijación de una nueva fecha de finalización en el 31 de diciembre de 2006 [3].

Posteriormente, el Real Decreto 1674/1997 introdujo una reducción tarifaria del 30 % para vehículos ligeros y del 40 % para vehículos pesados, condicionada a la realización de inversiones obligatorias en materia de seguridad y accesibilidad. Como compensación, el plazo concesional fue ampliado nuevamente hasta el 31 de diciembre de 2019. Finalizada la concesión de AUMAR, el 1 de enero de 2020 el tramo Tarragona–Alicante pasó a integrarse en la red de autovías libres de peaje, lo que supuso la eliminación de peajes en más de 300 km y un incremento significativo de la demanda de tráfico, acompañado de actuaciones posteriores del Ministerio de Transportes orientadas a la mejora de enlaces y de la funcionalidad de la vía.

En el entorno del enlace objeto de estudio, situado administrativamente en el término municipal de Riba-roja de Túria, la A-7 desempeña un papel estructurante dentro de la red viaria metropolitana de Valencia. En 2024, último año con datos completos disponibles, el tramo Tarragona–Valencia registró una intensidad media diaria de 31,519 vehículos, con un porcentaje de tráfico pesado del 24.36 %, mientras que en el tramo Valencia–Alicante la IMD alcanzó los 19.025 vehículos, con un 6.06 % de vehículos pesados, lo que pone de manifiesto la elevada carga funcional de esta infraestructura.

3.2. Historia Autovía A-3

La autovía A-3, históricamente conocida como Autovía del Este, constituye uno de los principales ejes radiales del sistema viario español, conectando Madrid con Valencia. Su trazado se corresponde, en gran medida, con el desdoblamiento y posterior sustitución de la antigua carretera nacional N-III, una de las principales vías de comunicación entre el centro peninsular y el litoral mediterráneo [4].

El primer antecedente directo de la A-3 se remonta a diciembre de 1964, con la inauguración del tramo comprendido entre la plaza del Conde de Casal, en Madrid, y el kilómetro 11, correspondiente al actual enlace con la M-45. Este tramo, concebido como autovía de primera generación, supuso el inicio del proceso de transformación de la N-III en una vía de alta capacidad. Posteriormente, a mediados de la década de 1980, la N-III llegaba ya desdoblada hasta el entorno de Santa Eugenia, a la altura del kilómetro 10, aunque con características geométricas propias de las primeras autovías españolas [4].

El proceso de desdoblamiento se intensificó a lo largo de la década de 1990. En 1993 se puso en servicio el tramo entre Madrid y Honrubia, mientras que a comienzos de esa misma década se completó el desdoblamiento entre Buñol y Valencia. La apertura progresiva de distintos tramos permitió que la autovía quedara completamente finalizada en 1998, configurándose como una infraestructura continua de alta capacidad entre Madrid y Valencia.

En el ámbito del enlace analizado, la A-3 presenta una elevada relevancia funcional, tanto por su papel como corredor radial de largo recorrido como por su integración en el área metropolitana de Valencia. Además de canalizar tráficos interurbanos, la autovía sirve de acceso a importantes áreas industriales y logísticas situadas en su entorno inmediato, lo que se traduce en una presencia significativa de vehículos pesados y en una fuerte interacción entre el tráfico de paso y el tráfico de carácter local y metropolitano.

3.3. Clasificación de las carreteras

Conforme al apartado 2.1 de la norma 3.1-IC de la Instrucción de Carreteras, las vías se pueden clasificar en autopistas, autovías, carreteras multicarril y carreteras convencionales, en función de sus características esenciales.

Se considera autovía aquella carretera que, para cada sentido de circulación, dispone como mínimo de una calzada con dos carriles; tiene calzadas separadas entre sí; presenta cruces a distinto nivel con cualquier otra vía de comunicación o servidumbre de paso; cuenta con acceso limitado; y no permite accesos directos desde las propiedades colindantes. Bajo estos criterios, tanto la A-3 como la A-7, en los tramos objeto de estudio, se pueden clasificar como autovías. Asimismo, ambas cumplen con otros criterios clasificatorios adicionales que se detallan a continuación.

Desde el punto de vista de la configuración de las calzadas, la normativa diferencia entre carreteras de calzadas separadas y carreteras de calzada única. Las primeras disponen de una calzada diferenciada para cada sentido de circulación, con separación física entre ellas, y pueden incluir más de una calzada por sentido. Las segundas cuentan con una única calzada para ambos sentidos, generalmente sin separación física, aunque en casos excepcionales pueden destinarse a un solo sentido. En los tramos analizados de la A-3 y la A-7 se observa que ambas vías presentan calzadas separadas para cada sentido, con separación física, por lo que se ajustan a la definición de carretera de calzadas separadas.

En cuanto al control de accesos, la normativa distingue entre carreteras sin accesos directos, con accesos directos limitados y con accesos directos plenos. Las primeras se caracterizan por permitir la entrada y salida únicamente a través de nudos; las segundas admiten conexiones mediante nudos o vías de servicio con conexiones específicas; y las últimas no presentan restricciones en cuanto a accesos. A partir de la observación de los tramos en estudio, puede clasificarse la A-7 como una carretera sin accesos directos, mientras que la A-3 presenta accesos directos limitados, al contar con vías de servicio que permiten ciertas conexiones controladas.

La normativa también contempla una clasificación en función del relieve del terreno atravesado por la carretera, considerando categorías como llano, ondulado, accidentado y muy accidentado. Esta clasificación se determina a partir de la inclinación media absoluta de la línea de máxima pendiente dentro de la franja del terreno natural interceptada por la explanación. Dado que en los tramos analizados no se identifican zonas con taludes significativos, se puede considerar que el relieve predominante es llano.

En cuanto al entorno urbanístico, la clasificación distingue entre carreteras urbanas, periurbanas e interurbanas, en función del tipo de suelo que atraviesan. Esta categorización se basa en la relación de la vía con los núcleos urbanos y las

características del suelo adyacente. En el caso del nudo objeto de estudio, los tramos discurren en parte por suelo urbano y en parte por suelo rural, por lo que, atendiendo a los criterios establecidos por la normativa, se consideran como carreteras interurbanas. Esta clasificación, junto con las anteriores, permite contextualizar funcionalmente la infraestructura viaria analizada y servirá de base para las evaluaciones posteriores del trazado, la demanda de tráfico y las propuestas de mejora [5].

3.4. Actuaciones anteriores

En el año 2006, el enlace objeto de estudio presentaba la configuración de un trébol modificado. De acuerdo con la Guía de Nudos Viarios, en su apartado 5.7.3.3. (ver Figura 4), este tipo de enlace se define como aquel en el que alguno de los giros a izquierda se resuelve mediante un ramal de mayor capacidad que el ramal en lazo. Se trata de un enlace complejo, característico de zonas urbanas y, sobre todo, periurbanas, diseñado para soportar tráficos muy intensos, que requiere la ejecución de numerosas obras de paso y el empleo de vías colectoras-distribuidoras. En este caso, se configuraba como un trébol modificado con un único giro a izquierda predominante, resuelto mediante un ramal en círculo. Esta tipología se caracteriza por ocupar el mismo espacio que un trébol completo, incorporar dos obras de paso adicionales, atravesar cuatro corrientes de tráfico, disponer de curvas con radios superiores a 200 metros y ofrecer una capacidad comprendida entre 1500 y 2000 vehículos ligeros equivalentes por hora [6].

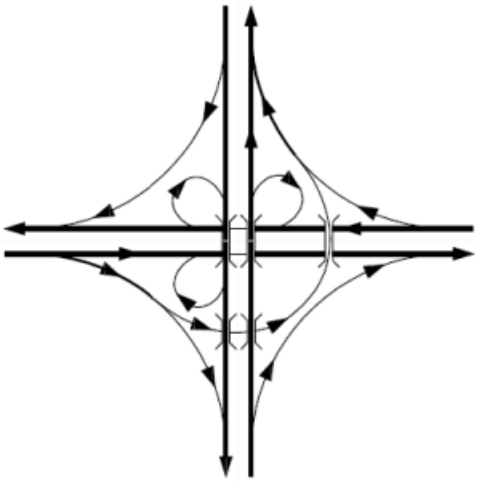

Figura 4 Esquema de enlace en trébol modificado (Fuente Guía de nudos viarios OC32/2012)

En cuanto a su funcionamiento, los giros procedentes de Barcelona se resolvían mediante una vía colectora-distribuidora de dos carriles. El giro a la derecha se realizaba por un ramal directo de un carril hacia otra vía colectora paralela a la A-3, mientras que el giro a izquierda se efectuaba a través de un ramal en lazo de un carril que desembocaba en otra vía colectora. Desde Madrid, el enlace disponía igualmente de una vía colectora de dos carriles; el giro a la derecha se ejecutaba por un ramal directo de un único carril con conexión directa al tronco de la autovía, y el giro a izquierda se resolvía mediante un ramal en círculo de un carril que conectaba con el ramal directo procedente de Valencia en dirección a Barcelona.

Los movimientos desde Alicante se realizaban mediante un ramal directo hacia la vía colectora paralela a la A-3 para el giro a la derecha, y un ramal en lazo hacia la otra vía

colectora de la A-3 para el giro a izquierda, ambos de un único carril. Finalmente, los giros procedentes de Valencia se gestionaban mediante una vía colectora de dos carriles; el giro a la derecha se realizaba por un ramal directo de un carril que, a mitad de su recorrido, recibía el flujo procedente del ramal en círculo correspondiente al giro a izquierda desde Madrid, manteniendo desde ese punto dos carriles hasta la incorporación al tronco de la A-7. El giro a izquierda se ejecutaba por un ramal en lazo que desembocaba en la vía colectora de la A-7, desde donde se producía rápidamente la incorporación al tronco principal de la autovía, en la Figura 5 se presenta la configuración del enlace con imágenes satelitales de Google Earth del mes de junio del 2006.

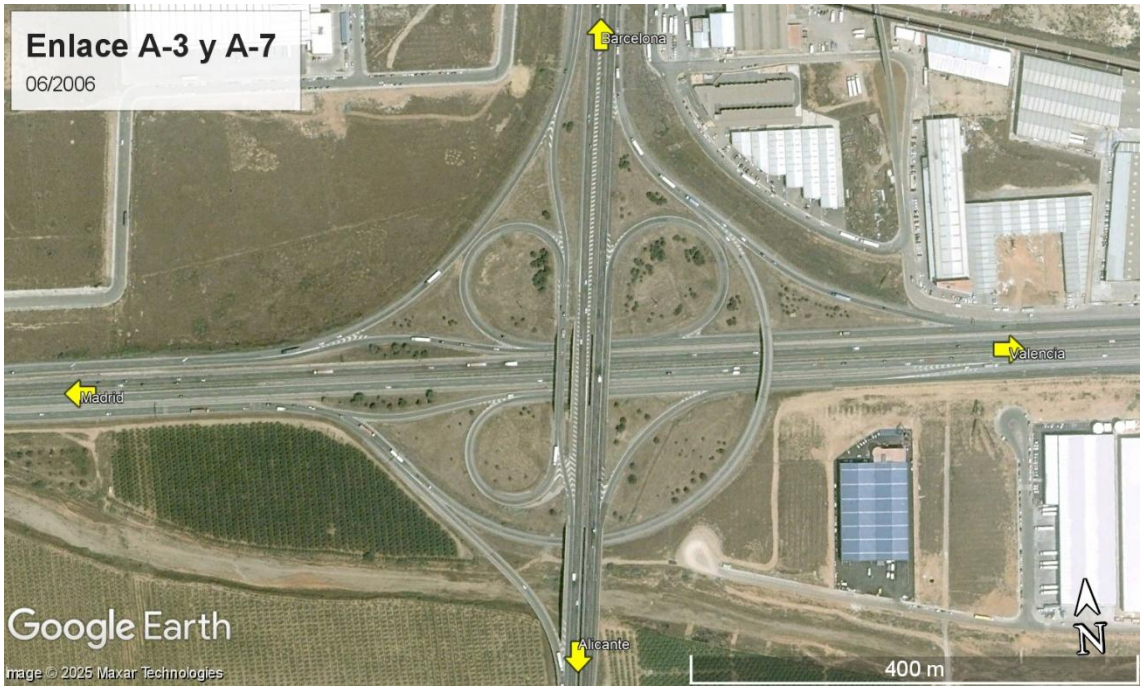

Figura 5 Configuración del enlace de estudio en el año 2006 (Fuente Google Earth)

Respecto al volumen de tráfico, hasta el año 2006 se alcanzaban valores máximos que mostraban una tendencia creciente, tal como se analizará en el apartado 9.0 Proyección de la demanda, correspondiente al análisis de tráfico. Adicionalmente, se identificaban puntos de conflicto tanto en el propio enlace como en los diferentes movimientos, lo que motivó la ejecución de una serie de actuaciones entre los años 2010 y 2014. En la Figura 6 se muestra la configuración resultante en el año 2014, derivada de estas intervenciones.

En el cuadrante 1 se amplió el radio del ramal directo procedente de Barcelona en dirección a Madrid, así como el radio del lazo correspondiente al movimiento desde Valencia hacia Alicante. Se creó además una vía de servicio para dar acceso al polígono industrial, conectada a la vía colectora paralela a la A-3, y se amplió el tronco principal de las autovías de dos a tres carriles. También se independizaron los flujos del giro a izquierda procedente de Alicante respecto al giro a izquierda procedente de Valencia.

En el cuadrante 2 se efectuó la separación de los tráficos en la vía colectora de la A-3 para el giro a izquierda desde Valencia, actuación que requirió la construcción de dos obras de paso adicionales. De forma provisional, se redujo el radio del ramal en lazo correspondiente al giro a izquierda desde Alicante, restituyéndose posteriormente su

geometría original una vez finalizadas las obras. Asimismo, el tronco principal se amplió de dos a tres carriles.

En el cuadrante 3 se ejecutaron las obras de ampliación del tronco principal y se prolongó el carril de salida de la autovía, que pasó a disponer de dos carriles para segregar los movimientos de giro a izquierda y derecha procedentes de Alicante. Al ramal en círculo correspondiente al giro a izquierda desde Madrid se le incorporó una bifurcación adicional para permitir el acceso a la vía de servicio del polígono industrial.

En el cuadrante 4 se llevó a cabo la ampliación del tronco principal de dos a tres carriles y se prolongó la vía colectora paralela a la A-7 para abarcar la entrada del movimiento a derecha procedente de Madrid junto con su carril de incorporación al tronco principal. Igualmente, se segregaron los flujos del giro a derecha desde Madrid y del ramal circular correspondiente al giro a izquierda. El tráfico procedente de la CV-374 con destino a Valencia se separó de estos dos movimientos mediante la ejecución de una obra de paso.

De manera general, ver Figura 6, las actuaciones ejecutadas se orientaron a incrementar el número de carriles en los troncos de las autovías, pasando de dos a tres, a independizar los movimientos de giro a derecha y a izquierda en cada sentido y a prolongar los carriles de incorporación, con el objetivo de aumentar la capacidad operativa de cada movimiento y mejorar la funcionalidad del enlace.

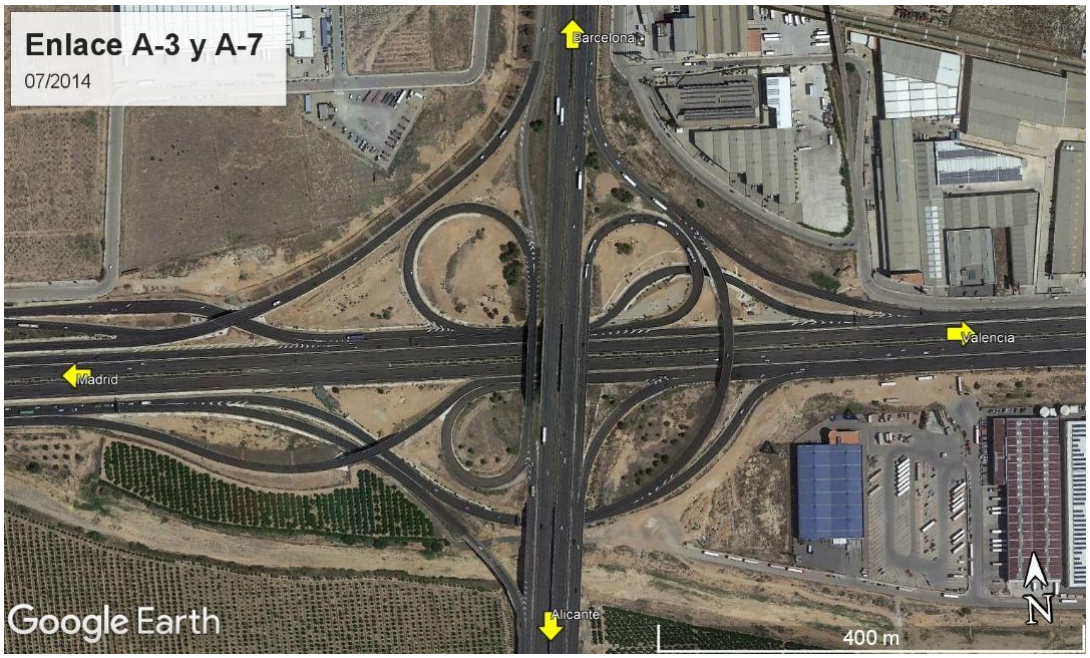

Figura 6 Configuración del enlace de estudio en el año 2014 (Fuente Google Earth)

4. GEOLOGÍA Y GEOTECNIA

El objetivo de este apartado es describir las características geotécnicas del terreno sobre el cual se emplaza el enlace, ya que esta información resulta determinante en la elección de los tipos de estructura más adecuados, en la definición de los procedimientos constructivos y en la conformación de terraplenes y desmontes. La caracterización del área de estudio se ha realizado a partir del Mapa Geológico Nacional (MAGNA), elaborado por el Instituto Geológico y Minero de España, en el que se

representan la naturaleza de los materiales aflorantes en la superficie terrestre, su distribución espacial y las relaciones geométricas entre las diferentes unidades cartográficas [7].

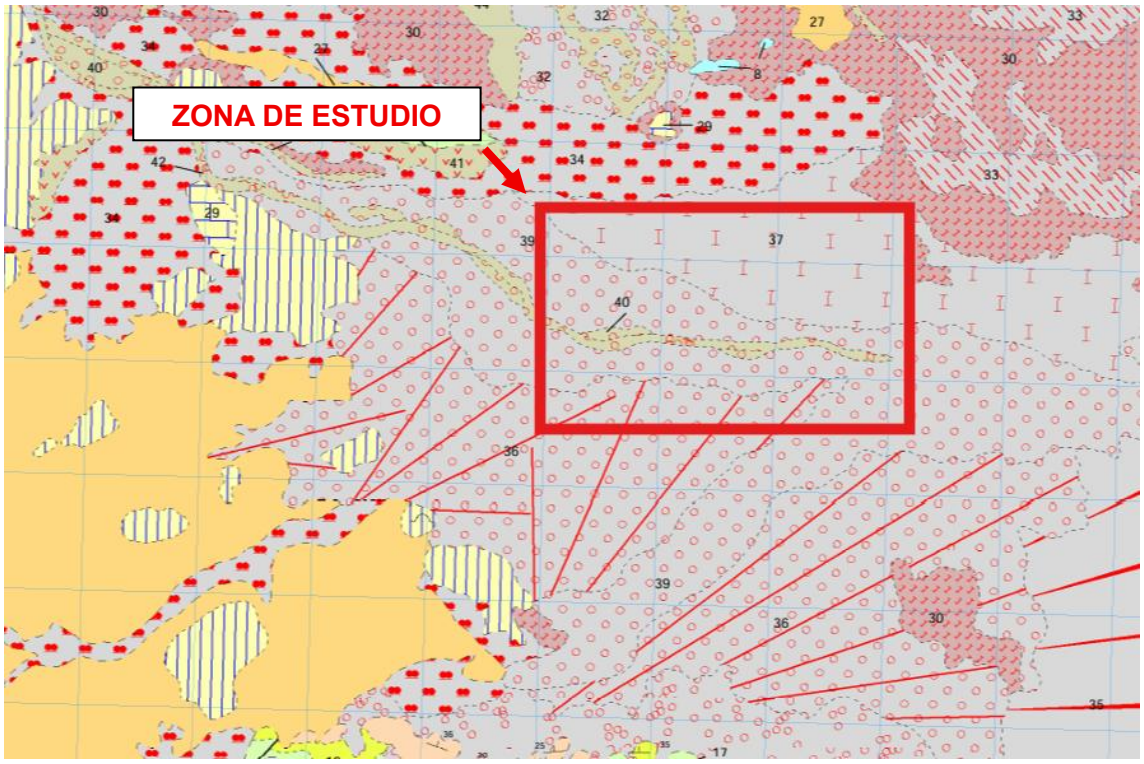

Figura 7 Mapa geológico de la zona de estudio (Fuente MAGNA 50, Instituto Geológico de España).

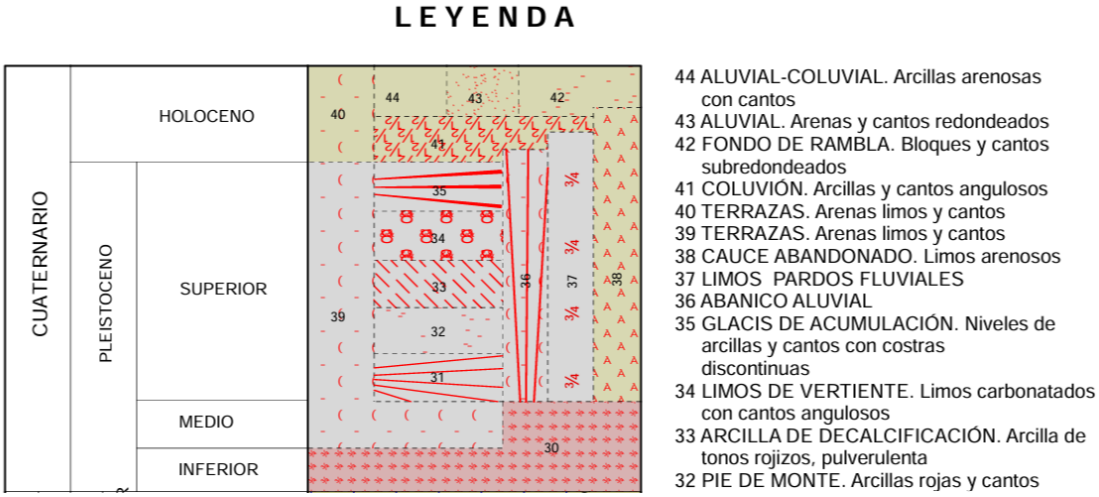

Figura 8 Leyenda de mapa geológico de la zona de estudio (Fuente MAGNA 50, Instituto Geológico de España).

La información correspondiente al ámbito analizado se encuentra recogida en la hoja 721 (28-28) “Cheste”. En la Figura 7 se representa el trazado de las autovías A-3 y A-7 junto con su enlace y el contexto geológico de la zona. En este sector se identifican principalmente cantos, gravas y bloques poligénicos con matriz arenosa-arcillosa, acompañados de rocas y encostramientos calcáreos propios de abanicos aluviales, que aparecen tanto en depósitos del Pleistoceno medio como del Pleistoceno superior.

Asimismo, se localizan gravas, cantos y bloques con matriz arenosa correspondientes a formaciones de terrazas, también datadas en el Pleistoceno superior [7]. Para una visión más detallada, en el Anexo 1 se incluye el mapa geológico completo de la zona de estudio.

5. SITUACIÓN ACTUAL

El presente apartado expone la situación actual del enlace objeto de estudio, describiendo su configuración geométrica y funcional a partir de la información obtenida mediante imágenes satelitales de la herramienta Google Earth y la observación directa del entorno. Se analizan las características principales de las vías colectoras-distribuidoras, los ramales y las conexiones asociadas, con el objetivo de comprender la estructura de los movimientos y la integración del conjunto dentro de la red viaria existente. Para el análisis geométrico de los elementos se empleó el software Autodesk Civil 3D, con el cual se determinaron de forma aproximada las alineaciones en planta, permitiendo identificar las características principales del trazado y su correspondencia con la normativa vigente. Adicionalmente, se estimaron capacidades teóricas orientativas en función de la tipología de los ramales y las velocidades de proyecto, con el fin de disponer de una referencia inicial para los análisis funcionales que se desarrollarán en los capítulos posteriores.

El estado de alineaciones se elaboró mediante la generación de ejes aproximados a partir de polilíneas extraídas de las imágenes base, subdividiendo el enlace en tramos diferenciados para facilitar su análisis individual. La información tabulada correspondiente a las alineaciones obtenidas se incluye en el Anexo 2, donde se presenta el detalle completo de los parámetros geométricos calculados.

5.1. Vías colectoras-Distribuidoras

El enlace cuenta con tres vías colectoras-distribuidoras, que surgen como solución a la problemática generada por conexiones sucesivas al tronco de una vía principal. Estas conexiones producen perturbaciones que, en situaciones de tráfico intenso, deterioran el nivel de servicio. Según la Guía de Nudos Viarios, una vía colectora-distribuidora se define como una vía aproximadamente paralela al tronco, separada físicamente de él y conectada mediante una salida o bifurcación inicial y una entrada o confluencia final. De este modo, las perturbaciones se concentran en la vía colectora-distribuidora, protegiendo al tronco principal. Además, estas vías mejoran la seguridad al facilitar la transición de velocidades entre el tronco y los ramales, y simplifican la señalización y las decisiones de conducción [6].

5.1.1. Vía colectora-distribuidora Valencia-Madrid (A-3)

Esta vía inicia en el PK 340+800 y finaliza en el PK 338+900, con una longitud total de 1.9 km. Está señalizada como la salida 340, con una velocidad en el tronco de la autovía de 100 km/h que se reduce a 80 km/h en el carril de desaceleración, y posteriormente a 60 km/h una vez dentro de la vía colectora. En el PK 340+700 se produce una confluencia con la vía de servicio del polígono industrial, a partir de la cual la vía colectora presenta dos carriles de 3.5 m con arcenes de 1.0 m a la derecha y 2.5 m a la izquierda, delimitados por barreras tipo New Jersey. Esta configuración se mantiene durante 410 m, tras los cuales se ubica a la derecha la salida hacia el ramal Valencia–Barcelona y, 50 m más adelante, la bifurcación del carril derecho hacia el ramal

Valencia–Alicante. La vía continúa con un único carril de 3.5 m durante 275 m hasta la confluencia con el ramal Alicante–Madrid, momento a partir del cual recupera dos carriles con arcenes reducidos durante aproximadamente 215 m. A continuación, se presenta la bifurcación del carril derecho hacia la vía de servicio del polígono industrial Loriguilla–Riba-roja. Es importante señalar que el tráfico procedente de la vía colectora no puede incorporarse directamente a dicha vía de servicio, ya que solo se permite el acceso desde el tráfico proveniente de Alicante. Después de esta bifurcación, la vía se mantiene con un solo carril y 500 m más adelante se incorpora, por la derecha, el tráfico del ramal Barcelona–Madrid, continuando otros 500 m hasta la conexión final con el tronco de la autovía. Las distancias entre conexiones, medidas desde la nariz de cada una, cumplen los mínimos establecidos en el apartado 4.15 de la Guía de Nudos Viarios. En la Figura 9 se observa el trazado completo de la vía colectora-distribuidora Valencia–Madrid.

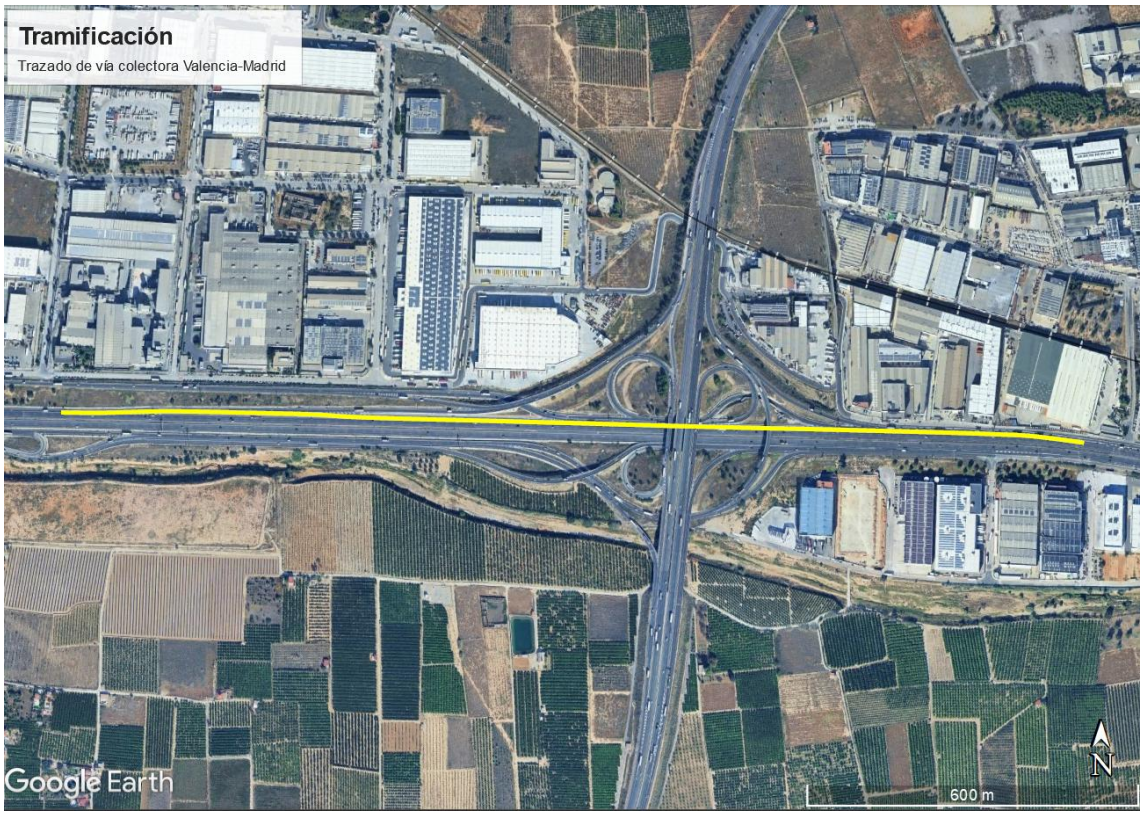

Figura 9 Trazado de vía colectora-Distribuidora dirección Valencia-Madrid (Fuente Elaboración propia a partir de datos de Google Earth)

5.1.2. Vía colectora-distribuidora Madrid–Valencia (A-3)

Esta vía inicia en el enlace de la A-3 con la CV-424, donde se dispone un carril auxiliar que se extiende desde el PK 337+000 hasta el PK 338+200, punto en el que comienza formalmente la vía colectora. La distancia entre la entrada y la salida cumple con los mínimos establecidos en el apartado 4.11.2.1 de la Guía de Nudos Viarios, referente a conexiones tipo salida y entrada. No obstante, la presencia del carril auxiliar contribuye a una transición más amplia y facilita la señalización de orientación. La velocidad señalizada en el carril auxiliar es de 90 km/h, reduciéndose a 60 km/h al inicio de la vía colectora, identificada como salida 338. Al inicio presenta una sección de un carril de 3.5 m, con arcén izquierdo de 1.0 m y derecho de 2,5 m. En el PK 338+760 se desarrolla

el carril de desaceleración correspondiente a la salida hacia el polígono industrial Loriguilla–Riba-roja y la CV-374, con velocidad señalizada de 40 km/h, clasificándose como una salida tipo 1-D. Aproximadamente 220 m más adelante se encuentra la confluencia del carril proveniente del polígono industrial y de la CV-374, manteniendo una sección de dos carriles de 3.5 m, con arcén de 1.0m a la izquierda y de 2.5m a la derecha. Sin embargo, esta distancia entre narices no cumple el mínimo recomendado para vías colectoras, lo cual se justifica por la limitación física que impone el cauce del Barranco del Poyo, que discurre paralelo a la vía y restringe su trazado. La configuración de dos carriles se mantiene durante unos 700 m, con velocidad señalizada de 80 km/h. Posteriormente, se produce una divergencia: el carril izquierdo corresponde al ramal Madrid–Barcelona, que además da acceso al polígono industrial, mientras que el carril derecho conforma el ramal Madrid–Alicante.

El enlace de la CV-374 no se incorpora directamente al tronco de la autovía, sino que mantiene un trazado paralelo tanto al tronco como a la vía colectora descrita, conformando un carril de 4.0 m con arcén derecho de 2.5 m y arcén izquierdo de 1.0 m. Este tramo incluye una obra de paso superior sobre los ramales Madrid–Barcelona y Madrid–Alicante, continuando posteriormente en paralelo al tronco. En este punto, recibe el tráfico proveniente del ramal Barcelona–Valencia, conformando una sección de dos carriles de 4.0 m cada uno. A una distancia de 180 m de esta confluencia se incorpora el ramal Alicante–Valencia, dando lugar a una sección de tres carriles. Más adelante, el carril derecho da acceso al polígono industrial, el carril central a la vía de servicio y el carril izquierdo se incorpora al tronco principal de la autovía. En la Figura 10 se muestra el trazado descrito de la vía colectora-distribuidora Madrid–Valencia.

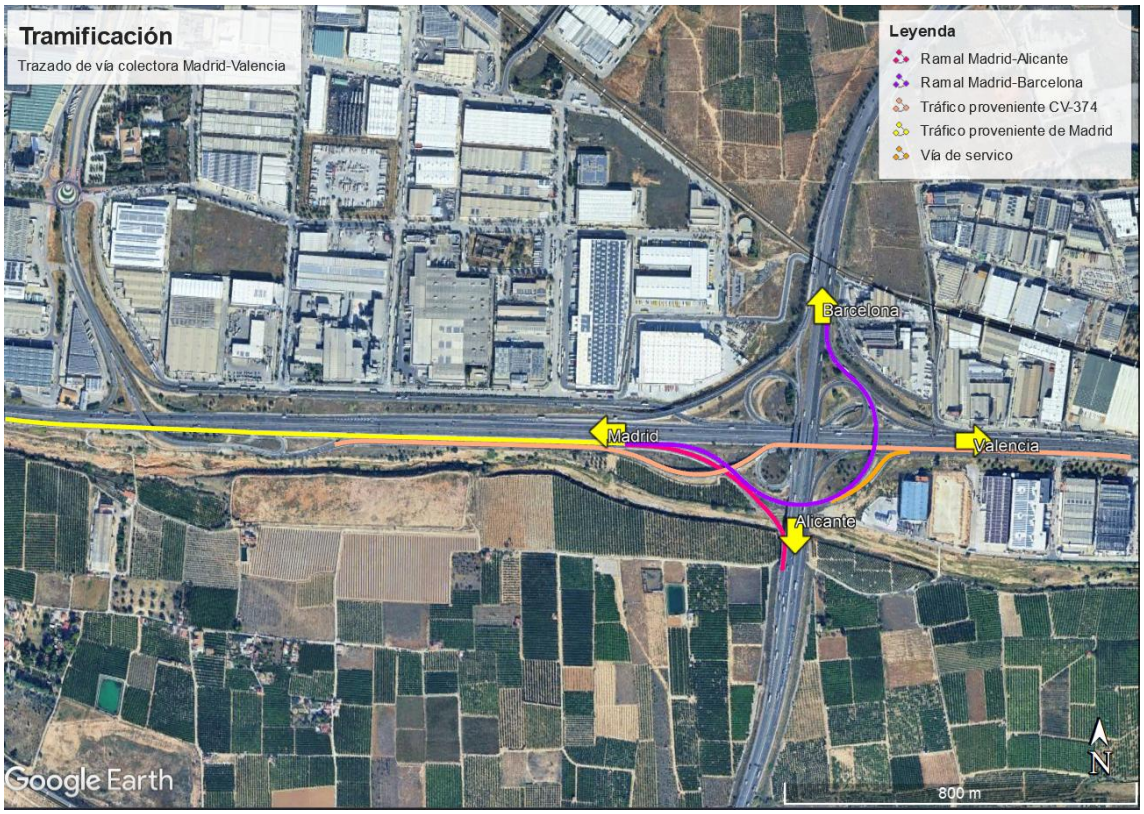

Figura 10 Trazado de vía colectora-Distribuidora dirección Madrid-Valencia (Fuente Elaboración propia a partir de datos de Google Earth)

5.1.3. Vía colectora-distribuidora Barcelona–Alicante (A-7)

Esta vía inicia en la salida 336, a la altura del PK 334+900 de la autovía A-7, mediante un carril de desaceleración de 3,5 m de ancho y arcén derecho de 2.5 m, con velocidad señalizada de 80 km/h al ingreso. Aproximadamente 180 m después se habilita un segundo carril de iguales dimensiones, manteniéndose esta sección durante 600 m. En este punto, el carril derecho corresponde al ramal Barcelona–Madrid, mientras que el carril izquierdo continúa como vía colectora. La velocidad se reduce a 60 km/h antes del inicio del ramal mencionado. Posteriormente, la vía continúa con un único carril de 4.0 m durante unos 290 m, describiendo una alineación en curva hacia la derecha y luego hacia la izquierda. Antes de la incorporación del ramal Valencia–Alicante, la velocidad se reduce nuevamente a 40 km/h. En los siguientes 130 m se presenta un tramo de trenzado entre el tráfico que se incorpora desde el ramal Valencia–Alicante y el que se desvía hacia el ramal Barcelona–Valencia. Una vez superado este punto, la vía mantiene un solo carril durante 250 m hasta la incorporación, por la derecha, del ramal Madrid–Alicante mediante un carril de aceleración. A una distancia de aproximadamente 325 m desde la nariz de dicha incorporación, se localiza la unión con el tronco de la autovía en el PK 336+680, completando así la función distribuidora del tramo. En la Figura 11 se observa el trazado completo de la vía colectora-distribuidora Barcelona–Alicante.

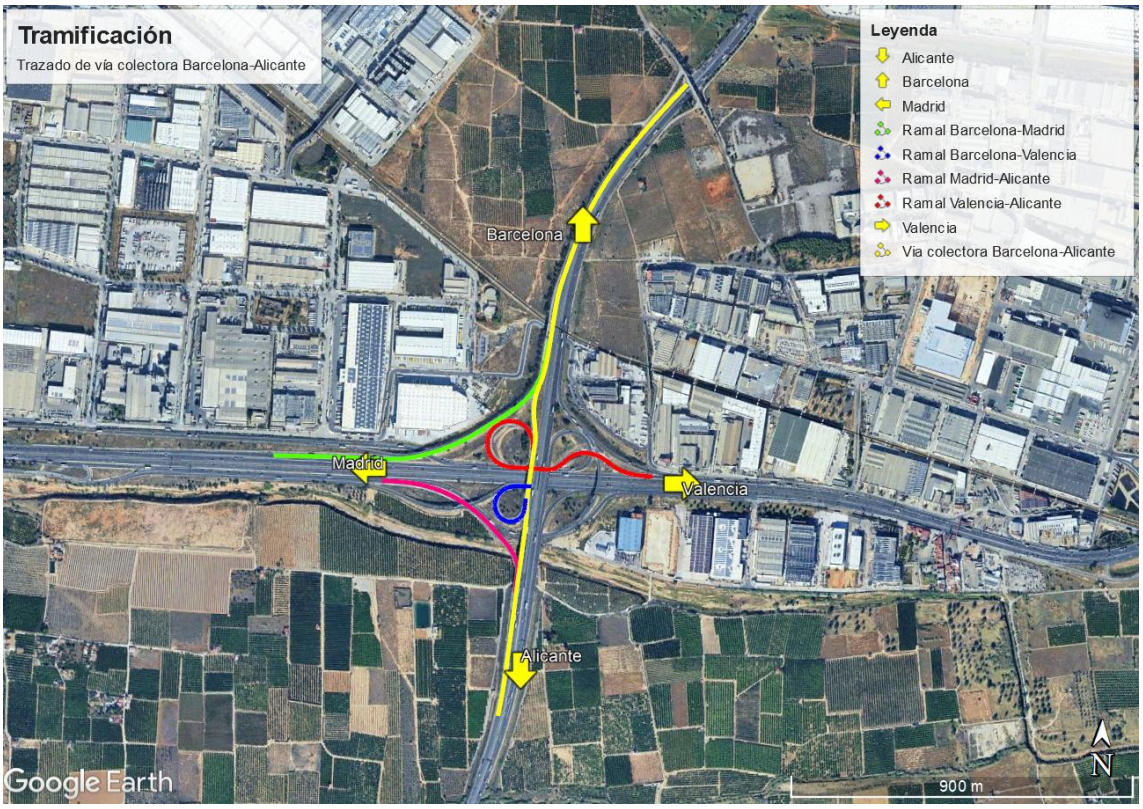

Figura 11 Trazado de vía colectora-Distribuidora dirección Barcelona-Alicante (Fuente Elaboración propia a partir de datos de Google Earth)

5.2. Ramales del enlace

Una vez descritas las vías colectoras-distribuidoras, se procede al análisis de los ramales que conforman el enlace. Según la Norma 3.1-IC, un ramal se define como una vía de cierta longitud que conecta dos carreteras para permitir el paso de una a otra

dentro de un nudo viario. Estos elementos constituyen la transición entre las autovías principales y las vías colectoras, y su trazado condiciona la seguridad, la fluidez y la capacidad del conjunto del enlace. En este análisis se consideran tanto la velocidad específica de cada elemento del trazado (Ve), entendida como aquella que puede alcanzarse en condiciones de seguridad y comodidad sin restricciones externas, como la velocidad máxima permitida, establecida mediante señalización o por la normativa vigente. Para cada ramal se detallan sus características geométricas, velocidades de proyecto y señalizadas, así como su capacidad teórica, ilustradas mediante figuras que muestran su configuración actual.

5.2.1. Ramal directo Valencia-Barcelona

Se inicia en la vía colectora Valencia–Madrid, siendo la primera salida de dicha vía y correspondiendo a una salida tipo 1-D. Presenta una sección transversal compuesta por un carril de 4.0 m de ancho, con arcenes de 1.0 m a la izquierda y 2.5 m a la derecha, delimitado mediante barrera tipo New Jersey en el costado izquierdo y bionda metálica en el derecho. La longitud total del ramal, medida desde la nariz de salida hasta la nariz del carril de aceleración, es de aproximadamente 420 m. El trazado se compone de una sección recta inicial de 35 m, seguida de una curva a la derecha con un radio aproximado de 220 m, una segunda recta de 76 m y otra curva a derecha con un radio de 90 m, finalizando en una sección recta previa a su incorporación. En la segunda recta, a 250 m de la primera nariz, se produce la confluencia con el ramal Madrid–Barcelona, momento a partir del cual la sección pasa a disponer de dos carriles con la configuración de 1.0m de arcén izquierdo, carril izquierdo de 4.0 m, carril derecho de 3.5m y arcén derecho de 2.5m. En la parte final, cuando discurre paralelo al tronco, el carril derecho pasa a funcionar como carril de aceleración con una longitud de 120 m.

En cuanto a la velocidad, el primer tramo curvo mantiene la señalización de la vía colectora de origen (60 km/h), aunque el radio del elemento permite determinar una velocidad especifica de 70 km/h. En el tramo recto intermedio, donde se señaliza 50 km/h, el radio de la curva siguiente justifica esa velocidad de proyecto. Según la tabla 4.6-M de la Guía de Nudos Viarios, la capacidad teórica de un ramal de un solo carril con velocidad de proyecto de 50 km/h es de 1,900 vehículos ligeros equivalentes por hora (veh.lig.eq/h)[6]. No obstante, atendiendo a la tabla 6.2-A, y considerando que se trata de un ramal directo que entra y sale por la derecha, ocupa un solo cuadrante y no cruza trayectorias de paso, su capacidad aproximada se estima en 2,500 veh.lig.eq./h. En la Figura 12 se muestra el trazado del ramal y los movimientos asociados que influyen en su funcionamiento

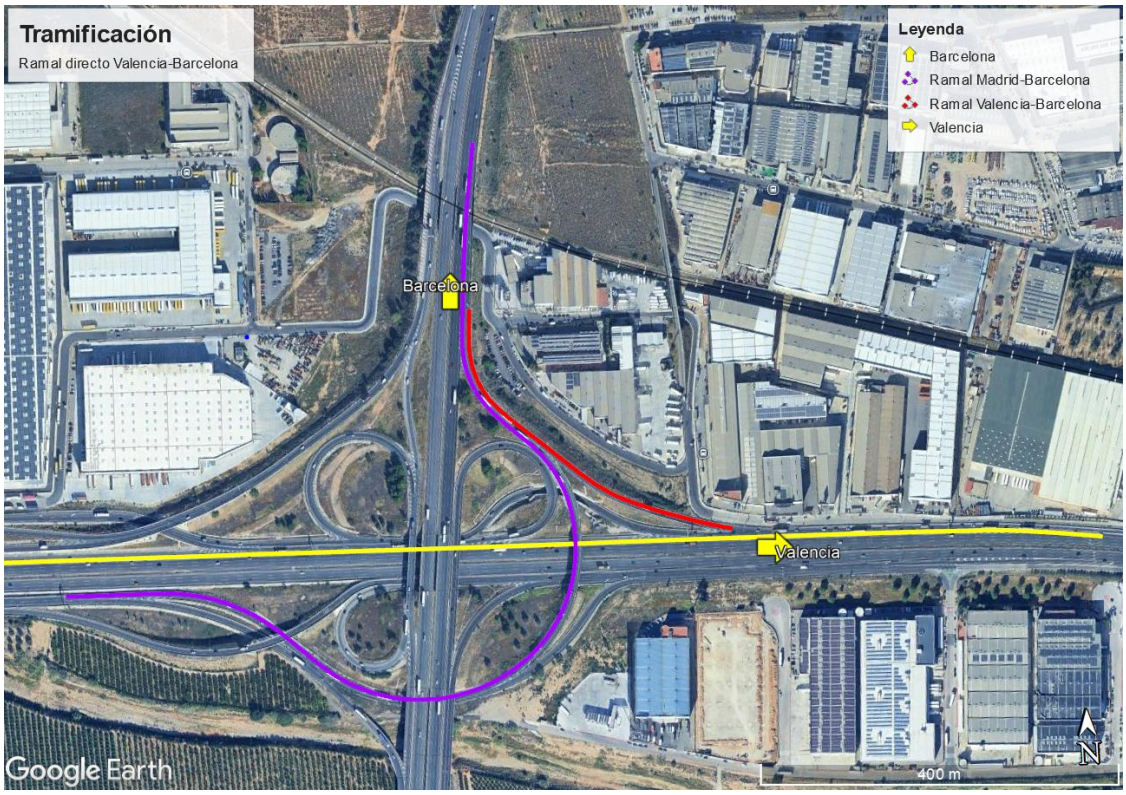

Figura 12Trazado de ramal directo Valencia-Barcelona (Fuente Elaboración propia a partir de datos de Google Earth)

5.2.2. Ramal en lazo Valencia-Alicante

se inicia en la vía colectora Valencia-Madrid, a una distancia de 32 metros después de la salida hacia el ramal Valencia-Barcelona. Se configura como una bifurcación de la vía colectora, disponiendo de un carril único de 4.0 metros de ancho cuyo tráfico es completamente independiente del de los demás ramales. Su trazado describe tres curvas consecutivas a derecha, izquierda y nuevamente derecha, con radios de 75, 55 y 61 metros respectivamente, desarrolladas en un tramo de apenas 400 metros, con el objetivo de adaptarse a las estructuras de los ramales a un nivel superior (Alicante-Madrid y Madrid-Barcelona). A continuación, se presenta un tramo recto de 100 metros, con arcenes muy reducidos debido a la proximidad de los estribos de las estructuras. Seguidamente, se dispone una salida a la derecha tipo 1-D que conduce al ramal, mientras el carril principal continúa hacia la vía de servicio del polígono industrial y la CV-374.

El ramal adopta una configuración en lazo, caracterizada por su desarrollo angular del orden de 300 gon, la ausencia de inflexiones y la inexistencia de cruces con otras trayectorias. Se compone de una curva circular de radio aproximado de 55 metros que finaliza incorporándose a la vía colectora Barcelona-Alicante. En cuanto a la velocidad, desde la bifurcación se encuentra señalizado a 40 km/h, valor que coincide con la velocidad específica del elemento tanto de las tres curvas previas como del propio ramal, conforme a lo indicado en la norma 3.1-IC, dadas sus condiciones geométricas y de seguridad. En lo referente a la capacidad, considerando la velocidad de proyecto, se estima en torno a 1900 vehículos ligeros equivalentes por hora, mientras que, bajo el criterio de la tipología de ramal, la capacidad se sitúa entre 1000 y 1500 veh.lig.eq/h. En la Figura 13 se muestra el trazado completo del ramal Valencia-Alicante.

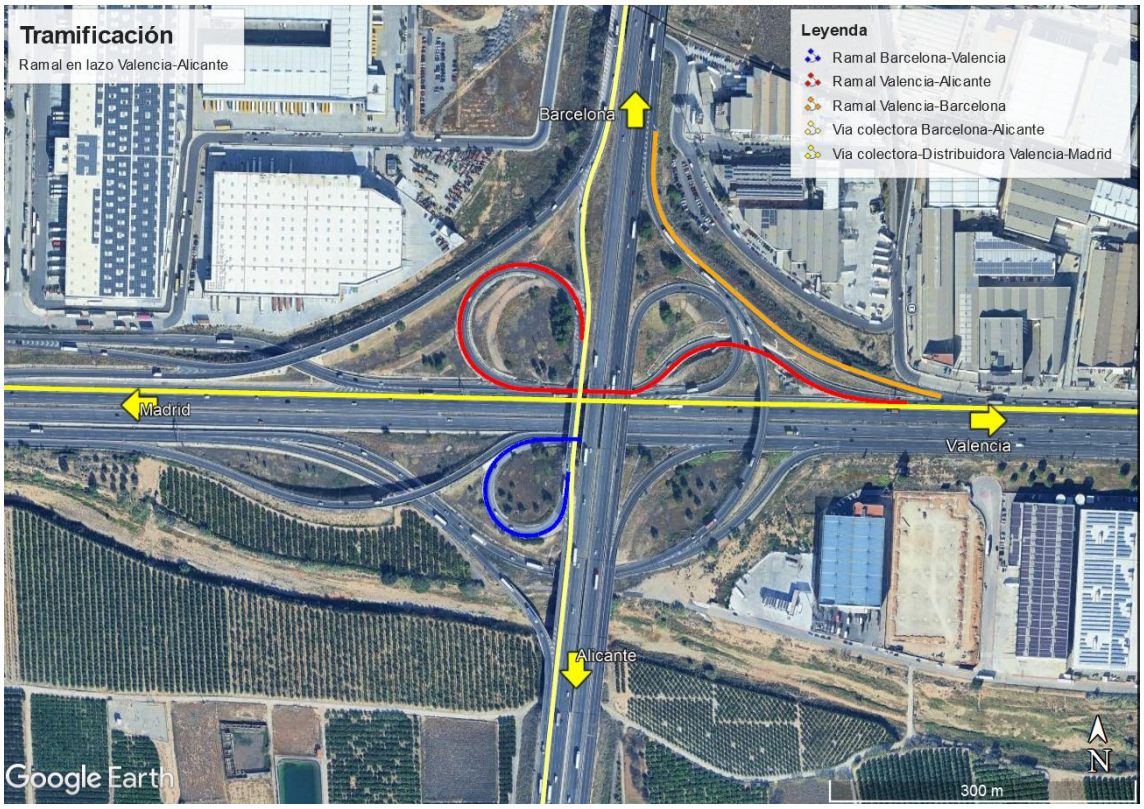

Figura 13 Trazado de ramal en lazo Valencia-Alicante (Fuente Elaboración propia a partir de datos de Google Earth)

5.2.3. Ramal directo Alicante-Valencia

Este ramal corresponde a la salida 336 de la A-7 y se clasifica como una salida tipo 2S. La primera de ellas es una salida tipo 1-N con un carril de desaceleración de 120 m, de 3.5 m de ancho y arcenes de 1.0 m a la izquierda y 2.5 m a la derecha. Esta sección se mantiene durante 200 m, tras lo cual se inicia una segunda salida tipo 1-N que da lugar al propio ramal, con un carril de desaceleración de 235 m y ancho de 3.5 m. El ramal es de tipo directo y está conformado por una curva a derecha de radio aproximado de 130 m, con un carril de anchura variable entre 4.0 m y 5.5 m. Posteriormente, cuenta con un carril de aceleración de 80 m para incorporarse a la vía colectora Madrid-Valencia. En cuanto a la velocidad, se señaliza inicialmente a 60 km/h en la primera salida y posteriormente a 40 km/h antes del ramal, junto a una señalización vertical de “ceda el paso” ubicado a 150 m. La velocidad específica del elemento, según su radio de curvatura, corresponde a 60 km/h; sin embargo, la longitud reducida del carril de aceleración justifica la reducción de velocidad a 40 km/h. Respecto a su capacidad, bajo el criterio de la velocidad específica del elemento, se estima en 2,000 veh.lig.eq/h, mientras que según la tipología de ramal la capacidad aproximada es de 2,500 veh.lig.eq./h. En la Figura 14 se muestra el trazado del ramal.

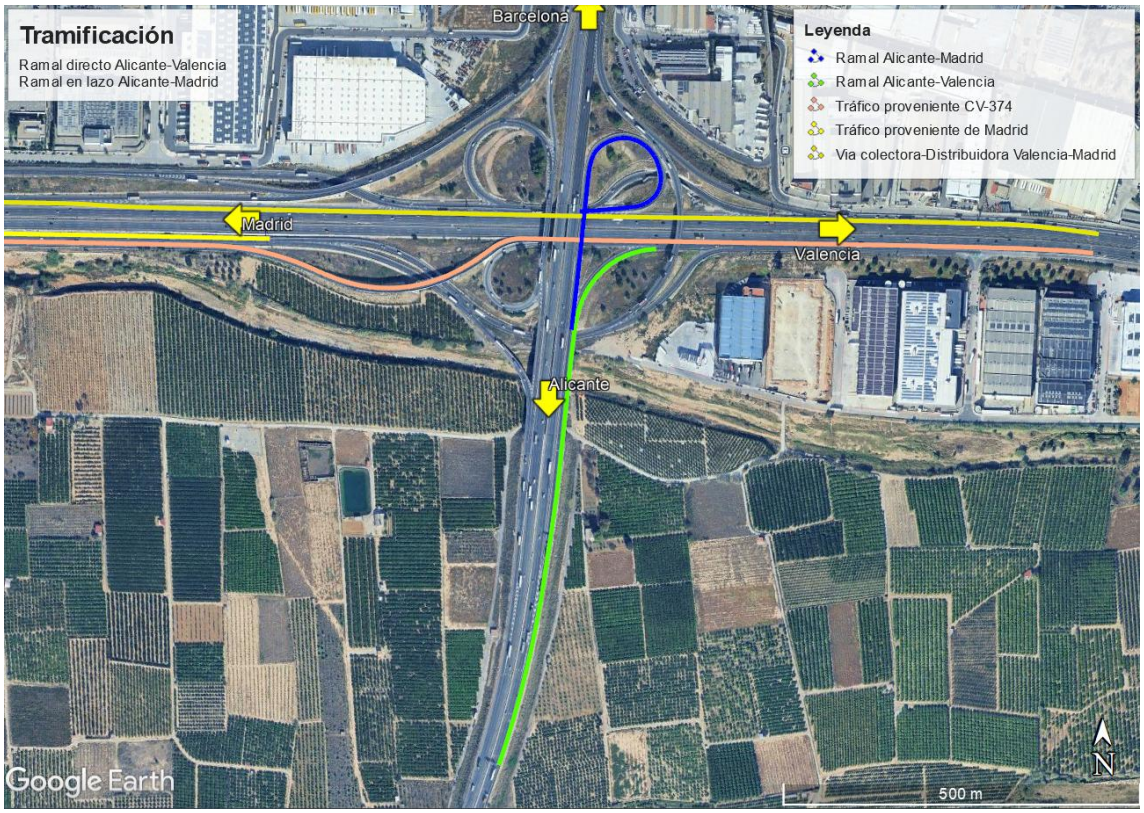

Figura 14 Trazado de ramal en directo Alicante-Valencia y el ramal en lazo Alicante-Madrid (Fuente Elaboración propia a partir de datos de Google Earth)

5.2.4. Ramal en lazo Alicante-Madrid

Este ramal, también señalizado como la salida 336 de la A-7, se desarrolla a continuación del ramal Alicante-Valencia, como se muestra en la Figura 14. Mantiene un carril de 4.0 m de ancho en un tramo recto de 220 m antes de iniciar una curva a derecha que configura un ramal en lazo, con un radio aproximado de 50 m y un ancho variable que alcanza los 5.0 m. El ramal finaliza en una confluencia con la vía colectora Valencia-Madrid. En cuanto a la velocidad, se señaliza a 60 km/h en el tramo recto y a 40 km/h antes de la curva, valor que coincide con la velocidad específica del elemento. Respecto a su capacidad, bajo el criterio de la velocidad específica del elemento, se estima en 19,00 veh.lig.eq/h, mientras que, según la tipología de ramal, su capacidad se sitúa entre 1,000 y 1,500 veh.lig.eq/h.

5.2.5. Ramal en circulo Madrid-Barcelona

Este ramal se inicia en la vía colectora de la A-3 en sentido Madrid-Valencia, con un carril de 3.5 m que se amplía posteriormente a 4.0 m, con arcenes de 2.5 m a la derecha y 1.0 m a la izquierda. Se trata de un ramal en círculo cuyo trazado comienza con una curva a derecha de radio aproximado de 200 m, seguida de una curva a izquierda de 180 m y un desarrollo angular aproximado de 200 gon. A continuación, se produce la confluencia con el ramal Valencia-Barcelona, incorporándose por el costado izquierdo. Posteriormente, comparte trazado con este ramal mediante una curva a derecha de radio 90 m y continúa paralelo a la autovía hasta el carril de aceleración. La longitud total del ramal es de 1,020 m, incluyendo una salida tipo 1-D a la vía de servicio del polígono industrial situada a 420 m del inicio, durante el desarrollo de la curva principal.

En cuanto a la velocidad, se señaliza a 60 km/h desde el inicio del ramal y a lo largo de la curva principal, reduciéndose a 50 km/h en la confluencia, valores que coinciden con la velocidad específica del elemento según la geometría de las curvas. Respecto a su capacidad, considerando la velocidad específica del elemento, se estima en 1900 veh. Lig.eq/h, mientras que, bajo el criterio de tipología de ramal, la capacidad se sitúa entre 1000 y 1500 veh.lig.eq/h. Según la sección 4.5.2.1.3 de la guía, los ramales en círculo tienen una capacidad entre 1,500 y 2,000 veh.lig.eq/h cuando sus radios de curva superan los 200 m, condición que no se cumple en este caso. En la Figura 15 se muestra el trazado completo del ramal.

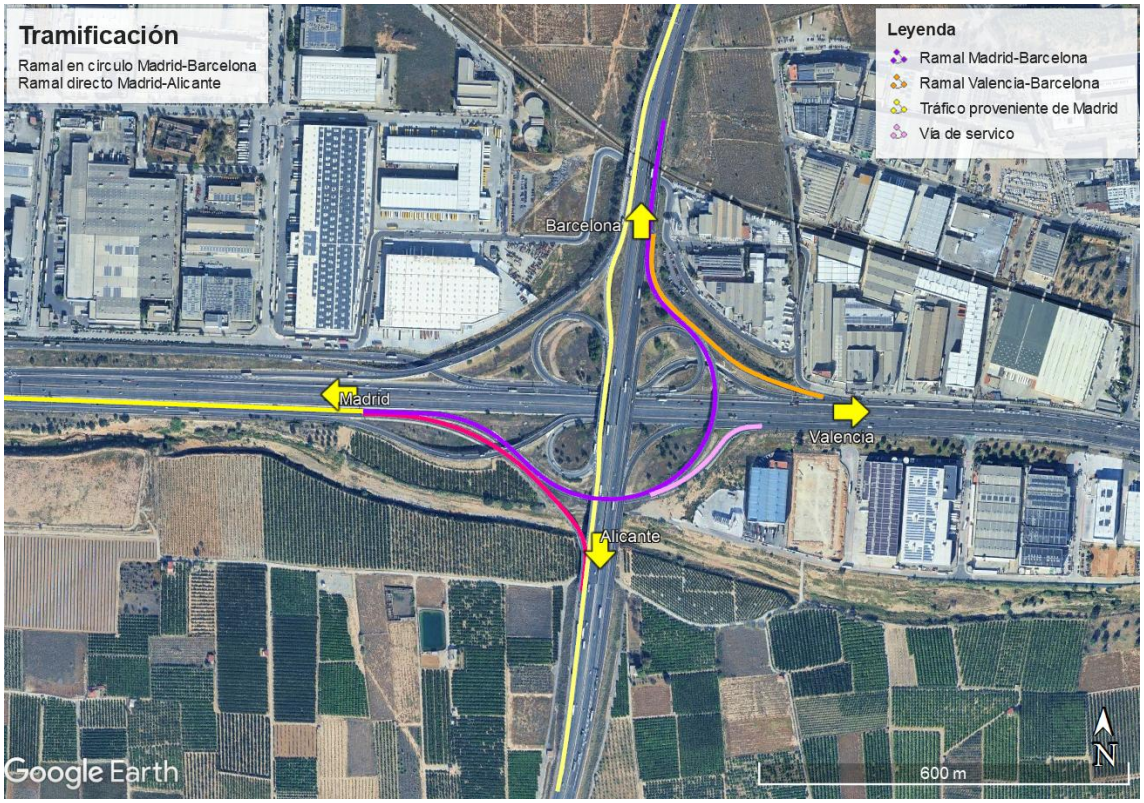

Figura 15 Trazado de ramal en circulo Madrid-Barcelona y el ramal directo Madrid-Alicante (Fuente Elaboración propia a partir de datos de Google Earth)

5.2.6. Ramal directo Madrid-Alicante

Este ramal inicia en la vía colectora de la A-3 en sentido Madrid-Valencia, con señalización de velocidad de 60 km/h. Su carril presenta un ancho inicial de 3.5 m y se amplía posteriormente a 4.0 m. El trazado del ramal incluye dos curvas a derecha separadas por un tramo recto de 50 m. La primera curva presenta un radio superior a 300 m, compatible con una velocidad específica del elemento de 80 km/h, mientras que la segunda curva tiene un radio reducido de aproximadamente 85 m, por lo que la velocidad señalizada se disminuye a 50 km/h, coincidiendo con la velocidad específica del elemento de esa sección. Finalmente, el ramal se incorpora a la vía colectora Barcelona-Alicante mediante un carril de aceleración. En cuanto a la capacidad, considerando la velocidad específica del elemento, se estima en 2,000 veh.lig.eq/h, mientras que bajo el criterio de tipología de ramal la capacidad aproximada es de 2500 veh.lig.eq/h. En la Figura 15 se muestra el trazado completo del ramal.

5.2.7. Ramal directo Barcelona-Madrid

Este ramal se inicia desde la vía colectora Barcelona-Alicante mediante una salida tipo 1-N y señalizando velocidad de 60km/h, con un único carril de 4.0 m de ancho, arcenes de 2.5 m a la derecha y 1.0 m a la izquierda. Su trazado incluye dos curvas a derecha separadas por un tramo recto de 100 m. La primera curva presenta un radio aproximado de 185 m, con señalización de velocidad que coincide con la velocidad específica del elemento. La segunda curva tiene un radio superior a 450 m, correspondiente a una velocidad específica del elemento de 100 km/h, aunque se señaliza 80 km/h al inicio del tramo recto. El ramal se incorpora finalmente a la vía colectora Valencia-Madrid mediante un carril de aceleración. Cabe destacar que al finalizar el tramo recto se encuentra una salida a derecha tipo 1-D hacia la vía de servicio del polígono industrial. En cuanto a la capacidad, considerando la velocidad específica del elemento, se estima en 2,000 veh.lig.eq/h, mientras que, bajo el criterio de tipología de ramal, la capacidad aproximada es de 2,500 veh.lig.eq/h. En la Figura 16 se muestra el trazado del ramal

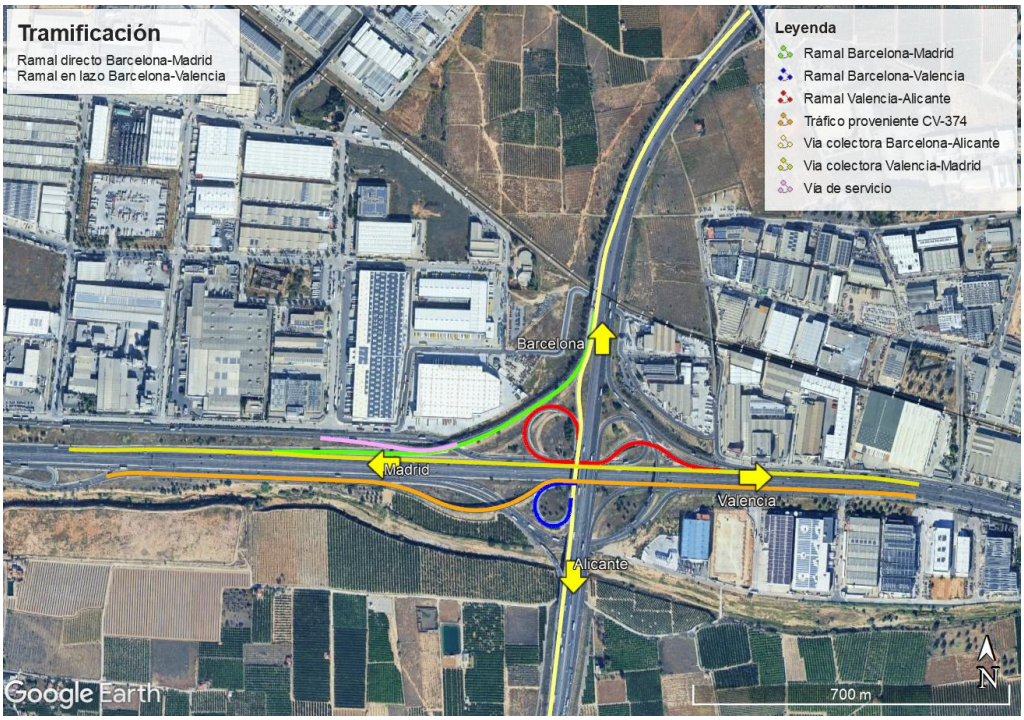

Figura 16 Trazado de ramal directo Barcelona-Madrid y el ramal en lazo Barcelona-Valencia (Fuente Elaboración propia a partir de datos de Google Earth)

5.2.8. Ramal en lazo Barcelona-Valencia

Este ramal inicia en un tramo de trenzado de la vía colectora Barcelona-Alicante, inmediatamente después de la incorporación del ramal Valencia-Alicante, como se muestra en la Figura 16. Al inicio de su trazado, la velocidad señalizada es de 30 km/h, debido a que el radio de curvatura es inferior a 40 m, coincidiendo con la velocidad específica del elemento. Al finalizar su recorrido, el ramal se incorpora al tráfico proveniente de la CV-374, manteniendo dos carriles, donde posteriormente se integra el tráfico del ramal Alicante-Valencia y de la vía de servicio que se desprende del ramal Madrid-Barcelona. En cuanto a su capacidad, considerando la velocidad específica del elemento, se estima en 1,800 veh.lig.eq/h, mientras que, bajo el criterio de tipología de ramal, la capacidad se sitúa entre 1,000 y 1,500 veh.lig.eq/h.

5.3. Análisis de la situación actual

A partir de la descripción detallada de las vías colectoras-distribuidoras y los ramales que conforman el enlace, se realiza un análisis general de su configuración geométrica y del modo en que cada elemento contribuye al funcionamiento global del nudo. El objetivo es valorar la coherencia del diseño, la adecuación de las soluciones aplicadas y las posibles limitaciones físicas existentes en el entorno.

En primer lugar, la implantación de vías colectoras-distribuidoras constituye un aspecto positivo dentro de la configuración del enlace, al resolver la problemática derivada de las conexiones sucesivas al tronco de las autovías. Estas infraestructuras permiten canalizar los movimientos de entrada y salida, reduciendo las perturbaciones en el flujo principal y mejorando la seguridad y legibilidad de los recorridos. Según la Guía de Nudos Viarios, estas vías se definen como trazados paralelos al tronco, separados físicamente de él y conectados mediante una bifurcación inicial y una confluencia final, lo cual se cumple en el caso analizado.

La vía colectora Valencia–Madrid recoge los movimientos de giro hacia Barcelona y Alicante, además de integrar el tráfico procedente de ambos sentidos y ofrecer accesos a los polígonos industriales de los cuadrantes 1 y 2. La vía colectora Madrid–Valencia presenta la configuración más compleja, ya que canaliza también los flujos provenientes del enlace próximo con la V-374, separa los diferentes movimientos hacia Alicante y Barcelona y facilita el acceso al polígono del cuadrante 3. Por su parte, la vía colectora Barcelona–Alicante cumple una función más simple, sirviendo los movimientos de giro hacia Madrid y Valencia, además de recibir los tráficos de los ramales Valencia–Alicante y Madrid–Alicante. En conjunto, estas vías colectoras cumplen adecuadamente su función de ordenación del tráfico, reduciendo interferencias en los troncos principales y garantizando la conexión con las áreas industriales adyacentes.

Respecto a los ramales, el enlace cuenta con ocho en total, de los cuales tres son en lazo, con velocidad específica reducida, cuatro son directos y uno es un ramal en círculo. Desde el punto de vista geométrico, las soluciones adoptadas resultan coherentes con las limitaciones espaciales existentes y con la jerarquía de los movimientos que el enlace debe resolver. Se cumple la normativa en cuanto a distancias mínimas entre entradas y salidas, y las velocidades específicas son acordes con las señalizadas.

De manera general, puede considerarse que el enlace presenta un diseño coherente con las necesidades funcionales y las limitaciones existentes. La incorporación de vías colectoras permite una distribución más ordenada de los flujos, la eliminación de ciertos tramos en trenzado y la reubicación de algunos movimientos de retorno fuera del enlace. Asimismo, se aprecia una clara priorización de los movimientos Barcelona–Madrid y Madrid–Barcelona. En conjunto, la configuración geométrica logra un equilibrio adecuado entre la funcionalidad del enlace y las restricciones impuestas por el entorno físico.

6. ANÁLISIS DE TRÁFICO

El análisis de tráfico constituye la base para comprender el funcionamiento actual del enlace y su comportamiento esperado en los próximos años. Este estudio se desarrolla siguiendo la metodología establecida en el Highway Capacity Manual 2016 y se apoya en los criterios operativos definidos por la Guía de Nudos Viarios, que proporcionan el marco conceptual para la evaluación de la capacidad y del nivel de servicio de cada

elemento del nudo. En este contexto, el nivel de servicio se concibe como el parámetro que permite identificar tanto el límite de eficacia del enlace como su grado de eficiencia operativa desde la perspectiva del usuario, considerando los diferentes escenarios presentes y futuros [6].

El objetivo fundamental de este análisis es evaluar la capacidad y niveles de servicio en los diferentes elementos del enlace. Dado que la actuación sobre un nudo viario suele presentar elevada complejidad técnica y un coste considerable, la Guía de Nudos Viarios establece que dicho horizonte no debe ser inferior a treinta años, garantizando así la planificación adecuada de cualquier medida de mejora.

En la actualidad, las variables que permiten evaluar los niveles de servicio de los distintos componentes de un nudo viario se estructuran en función de su naturaleza operativa. En los tramos básicos de vías de alta capacidad, así como en las zonas de divergencia y convergencia, la variable determinante es la densidad, por su capacidad para reflejar la relación entre flujo y ocupación del espacio. En los elementos asociados a la circulación discontinua, como los cruces o las glorietas, la variable fundamental es la demora, por su relación directa con la calidad percibida por el usuario. En los trenzados, en cambio, el indicador principal es la velocidad, dada su sensibilidad a las interferencias entre movimientos de entrelazado [6].

Con base en estas métricas, la Guía de Nudos Viarios distingue los niveles de servicio admisibles en el año horizonte. Se considera aceptable un nivel de servicio C, caracterizado por condiciones de circulación relativamente cómodas: detenciones de muy corta duración, velocidades medias próximas a cincuenta kilómetros por hora y una probabilidad de colapso general inferior al diez por ciento. Para las horas punta, puede tolerarse un nivel de servicio D, en el cual algunos elementos del nudo pueden presentar comportamientos inestables y probabilidades de colapso superiores al cincuenta por ciento [6]. No obstante, este nivel sólo se considera admisible cuando tales condiciones resultan inevitables, están claramente localizadas y acotadas temporalmente, y existe una recuperación de las condiciones de circulación una vez superado el periodo punta.

6.1. Introducción

El análisis de tráfico del enlace objeto de estudio resulta necesario debido a la elevada relevancia funcional de las infraestructuras que en él confluyen y al incremento progresivo de la demanda registrado en los últimos años. El enlace conecta dos ejes viarios de carácter estratégico a escala nacional y regional, como son las autovías A-7 y A-3, y desempeña además un papel clave como acceso a diversos polígonos industriales y áreas logísticas situadas en su entorno inmediato. Esta doble función, como corredor de largo recorrido y como infraestructura de servicio a actividades económicas intensivas en transporte, conlleva una presencia significativa de tráfico pesado y una interacción compleja entre flujos de distinta naturaleza, lo que justifica un análisis detallado de su funcionamiento operativo.

El estudio se centra en la evaluación del comportamiento del enlace en un día medio, entendido como aquel que representa las condiciones habituales de explotación de la infraestructura. Este enfoque permite caracterizar de manera representativa la operativa cotidiana del enlace y establecer una base sólida para la comparación con escenarios futuros de crecimiento de la demanda. El análisis del día medio resulta especialmente adecuado en infraestructuras de alta capacidad, donde los problemas de funcionamiento no suelen manifestarse de forma aislada, sino como consecuencia de

una acumulación progresiva de demandas elevadas a lo largo de amplios periodos del día.

Los datos de tráfico empleados en el análisis proceden fundamentalmente de estaciones de aforo permanentes y campañas de aforo específicas. No obstante, resulta imprescindible realizar una revisión crítica de la información disponible, con el fin de detectar posibles valores anómalos, inconsistencias o discontinuidades en las series de datos. Este proceso de validación adquiere especial relevancia en el caso del año 2024, dado que durante los meses de noviembre y diciembre la movilidad se vio alterada como consecuencia de los episodios asociados a la DANA, lo que pudo afectar de manera puntual a las intensidades registradas. Por este motivo, los datos han sido ajustados y contrastados para garantizar que el análisis se apoya en valores representativos del funcionamiento real del enlace en condiciones normales de explotación.

6.2. Tramos de estudio

En este apartado se establecen los tramos considerados en el análisis de tráfico. La sectorización se ha realizado a partir de los movimientos descritos en el apartado 5 Situación actual, la configuración geométrica del enlace y la posición de sus elementos funcionales. La división en tramos persigue asegurar que las condiciones de circulación dentro de cada segmento puedan considerarse homogéneas en términos de volumen, composición del tráfico y características geométricas, permitiendo así una aplicación coherente de la metodología analítica. La Figura 17 presenta la delimitación de los tramos definidos en los troncos de las autovías que intervienen en el enlace objeto de estudio.

Figura 17 Tramos de autovía analizados (Fuente Elaboración propia a partir de datos de Google Earth)

6.2.1. Descripción

El área de estudio se estructura en dos tipologías principales, los troncos de las autovías y los ramales que configuran el enlace. En primer lugar, se han definido los tramos correspondientes a los troncos principales de las autovías A-3 y A-7, diferenciando en cada caso ambas calzadas en función del sentido del kilometraje (ascendente y descendente). En la A-7 se identifican los tramos situados al norte y al sur del enlace, mientras que en la A-3 se distinguen los tramos comprendidos al este y al oeste del mismo. Asimismo, se han incorporado los ocho ramales funcionales del enlace necesarios para representar de manera adecuada la interacción entre estos y los troncos principales dentro del análisis de tráfico.

Tipo	Denominación	PK inicial	PK final	Longitud
Tronco	A-7 Norte Ascendente	331+200	334+900	3700
Tronco	A-7 Norte Descendente	334+900	331+200	3700
Tronco	A-3 Oeste Ascendente	337+100	338+350	1250
Tronco	A-3 Oeste Descendente	338+350	337+100	1250
Tronco	A-7 Sur Ascendente	336+700	338+750	2050
Tronco	A-7 Sur Descendente	338+750	336+700	2050
Tronco	A-3 Este Ascendente	341+000	341+550	550
Tronco	A-3 Este Descendente	341+550	341+000	550
Ramal	Valencia-Barcelona	-	-	420
Ramal	Valencia-Alicante	-	-	700
Ramal	Barcelona-Madrid	-	-	875
Ramal	Barcelona-Valencia	-	-	275
Ramal	Madrid-Alicante	-	-	515
Ramal	Madrid-Barcelona	-	-	1023
Ramal	Alicante-Valencia	-	-	670
Ramal	Alicante-Madrid	-	-	515

Figura 18 Tramos de análisis (Fuente Elaboración propia)

El tronco norte de la autovía A-7 se extiende entre los PK 331+200 y 334+900, quedando delimitado por el enlace objeto de estudio y el enlace con la carretera CV-370. La selección de este tramo obedece a la necesidad de caracterizar un segmento con condiciones de tráfico estables, libre de accesos intermedios, que permita describir con precisión el comportamiento del flujo antes de verse afectado por la influencia del enlace.

El tronco sur de la A-7 se ha definido entre los PK 336+700 y 338+750, en el sector comprendido entre el enlace analizado y el enlace con la CV-36. De forma análoga, en la autovía A-3 el tramo oeste se sitúa entre los PK 337+100 y 338+350, limitado por los enlaces de las carreteras CV-424 y CV-374. En esta zona, el análisis de tráfico no puede basarse exclusivamente en los movimientos generados por los ramales Madrid-Barcelona y Madrid-Alicante, ya que ambos comparten la vía colectora que conecta con el enlace de la CV-374, condicionando así la representatividad del flujo.

Finalmente, el tramo este de la A-3 se ha delimitado entre los PK 341+000 y 341+550, comprendido entre el enlace objeto de estudio y los accesos a los polígonos industriales próximos. La elección de este sector responde a la necesidad de incorporar los efectos de los movimientos de entrada y salida de vehículos pesados, cuya presencia influye de

manera significativa en la composición del tráfico y, en consecuencia, en la evaluación de la capacidad.

6.2.2. Características básicas

En este apartado se describen las características básicas de la sección transversal correspondientes a los tramos definidos en el punto anterior. La información se presenta diferenciando las autovías A-7, A-3 y los ramales del enlace, con el fin de reflejar las particularidades geométricas de cada calzada. Para cada infraestructura se indican los anchos de carril y de arcenes, tanto interiores como exteriores, dado que estos parámetros constituyen elementos esenciales en la evaluación de la capacidad y del nivel de servicio. La Figura 19 recoge la información relativa a las autovías, expresada en metros.

Sección transversal A-7										
Calzada sentido Ascendente del PPKK					Mediana	Calzada sentido Descendente del PPKK				
Arcén exterior	Carril 1	Carril 2	Carril 3	Arcén interior		Arcén interior	Carril 3	Carril 2	Carril 1	Arcén exterior
2.5	3.5	3.5	3.5	1.0	3.0	1.0	3.5	3.5	3.5	2.5

Sección transversal A-3										
Calzada sentido Ascendente del PPKK					Mediana	Calzada sentido Descendente del PPKK				
Arcén exterior	Carril 1	Carril 2	Carril 3	Arcén interior		Arcén interior	Carril 3	Carril 2	Carril 1	Arcén exterior
2.5	3.5	3.5	3.5	1.0	3.0	1.0	3.5	3.5	3.5	2.5

Figura 19 Características de sección transversal en troncos de autovía, todas las distancias están en metros (Fuente Elaboración propia)

En lo que respecta a los ocho ramales que configuran el enlace, la información se presenta en la Figura 20, donde se especifican los anchos de arcenes derecho e izquierdo según el sentido de circulación, así como el ancho de carril correspondiente a cada uno. A lo largo del trazado, los anchos de los arcenes experimentan variaciones derivadas de condicionantes geométricos en los márgenes, tales como la presencia de pasos superiores u otras estructuras. Por ello, los valores indicados representan anchos promedios característicos. En los ramales Alicante–Valencia y Alicante–Madrid se observa un ensanchamiento puntual del carril en la curva principal, alcanzando valores máximos de 5.5 m y 5.0 m respectivamente.

Origen-Destino	Longitud	Arcén izquierdo	Carril	Arcén derecho
Valencia-Barcelona	420	1.0	4.0	2.5
Valencia-Alicante	700	1.0	4.0	2.5
Barcelona-Madrid	875	1.0	4.0	2.5
Barcelona-Valencia	275	1.0	4.0	2.5
Madrid-Alicante	515	1.0	4.0	2.5
Madrid-Barcelona	1023	1.0	4.0	2.5
Alicante-Valencia	670	1.0	3.5	2.5
Alicante-Madrid	515	1.0	4.0	2.5

Figura 20 Características de sección transversal en ramales, todas las distancias están en metros (Fuente Elaboración propia)

6.2.3. Segmentos

El análisis del tráfico en el enlace se desarrolla siguiendo la metodología establecida en el Highway Capacity Manual (HCM), tal como se detallará en los apartados posteriores. Para estructurar el modelo funcional del enlace, cada calzada se ha subdividido en segmentos representativos que permiten evaluar de manera diferenciada el comportamiento del flujo vehicular. Según la tipología definida por el HCM, los segmentos se clasifican en tres categorías principales.

Los segmentos de convergencia o divergencia corresponden a zonas donde dos o más flujos de tráfico se combinan en uno solo (convergencia) o, de forma inversa, un único flujo se divide en dos o más direcciones (divergencia). Este tipo de segmentos se asocia principalmente a los ramales de entrada (on-ramps) y ramales de salida (off-ramps), que constituyen los elementos de conexión entre los troncos principales y las vías colectoras o ramales del enlace.

Los segmentos de trenzado se caracterizan por la superposición de maniobras de entrada y salida en una misma dirección de circulación, sin dispositivos de control del tráfico más allá de la señalización vertical y horizontal. Se generan cuando un segmento de divergencia se encuentra próximo a uno de convergencia o cuando un carril de aceleración y uno de desaceleración se enlazan mediante un carril auxiliar continuo. Esta configuración provoca interacciones laterales significativas que reducen la eficiencia del flujo y afectan al nivel de servicio.

Los segmentos básicos son aquellos tramos de la autopista que no presentan interferencias derivadas de accesos o salidas, permitiendo caracterizar el flujo en condiciones estables. Constituyen la base para la calibración de los parámetros de capacidad y de velocidad libre.

Respecto a la longitud de influencia, el HCM establece una distancia de referencia de 1,500 pies (457.2 m), medida desde la “nariz” de la convergencia, en dirección aguas abajo para ramales de entrada y aguas arriba para ramales de salida. En la Figura 21 se representa un tramo de la A-3 entre dos enlaces suficientemente separados como para evitar la generación de un segmento de trenzado, identificándose un ramal de entrada, un ramal de salida y un tramo básico intermedio.

Figura 21 Tipos de tramos de autovía, ramales de entrada y salida (Fuente Elaboración propia)

La Figura 22 ilustra un tramo de trenzado localizado dentro del enlace objeto de estudio, entre el ramal de entrada Valencia–Alicante hacia la vía colectora y el ramal de salida del movimiento Barcelona–Valencia. La distancia entre ambos ramales no supera la longitud de influencia establecida por el HCM, produciéndose la superposición de las zonas de entrada y salida. En este caso, ambos ramales se encuentran conectadas mediante un carril auxiliar continuo.

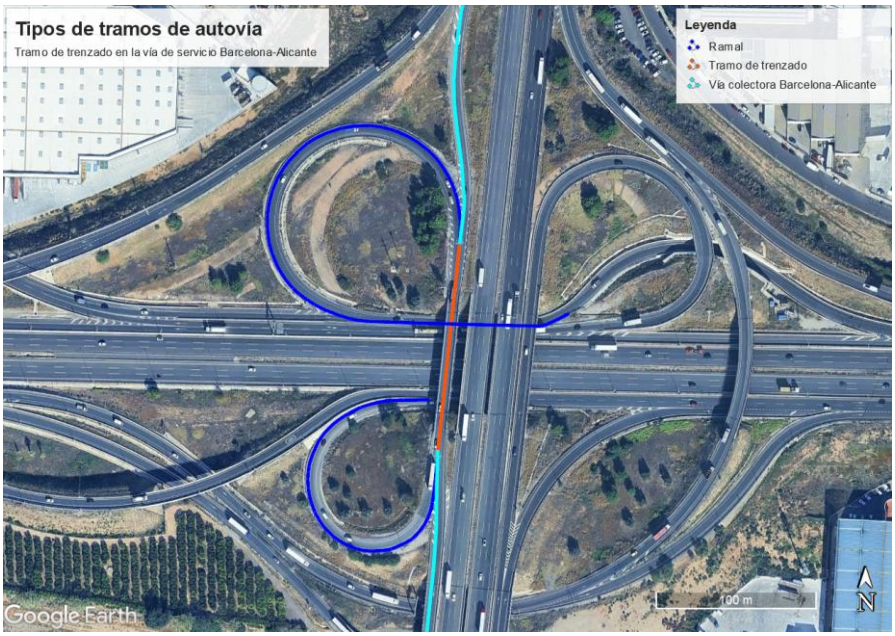

Figura 22 Tipos de tramos de autovía, tramo de trenzado (Fuente Elaboración propia)

La Figura 23 presenta la división final en segmentos para cada calzada, indicando su longitud y tipología conforme a la clasificación anterior. Aunque el HCM adopta 457 m como longitud estándar de influencia, en el enlace de estudio se identifican distancias ligeramente mayores, del orden de 500 m entre accesos consecutivos o longitudes de carriles de aceleración. Esta configuración sugiere condiciones algo más favorables en términos de maniobrabilidad, por lo que se mantendrán dichas longitudes en los tramos específicos.

Autovía A-7 (Sentido Ascendente)					
ID	Tipo de tramo	PK Inicial	PK Final	Longitud [m]	Longitud [ft]
1	Básico	331+200	334+900	3700	12139
2	Off-Ramp	334+900	335+400	500	1640
3	Básico	335+400	336+700	1300	4265
4	On-Ramp	336+700	337+157	457	1500
5	Básico	337+157	338+450	1293	4242

Autovía A-7 (Sentido Descendente)					
ID	Tipo de tramo	PK Inicial	PK Final	Longitud [m]	Longitud [ft]
1	Básico	338+843	337+157	1686	5531
2	Off-Ramp	337+157	336+700	457	1500
3	Básico	336+700	335+575	1125	3691
4	On-Ramp	335+575	335+118	457	1500
5	Básico	335+118	331+157	3961	12995

Autovía A-3 (Sentido Ascendente)					
ID	Tipo de tramo	PK Inicial	PK Final	Longitud [m]	Longitud [ft]
1	Básico	337+537	337+785	248	814
2	Off-Ramp	337+785	338+242	457	1499
3	Básico	338+242	340+810	2568	8425
4	On-Ramp	340+810	341+267	457	1500
5	Básico	341+267	341+550	283	928

Autovía A-3 (Sentido Descendente)					
ID	Tipo de tramo	PK Inicial	PK Final	Longitud [m]	Longitud [ft]
1	Básico	341+550	341+267	283	928
2	Off-Ramp	341+267	340+810	457	1499
3	Básico	340+810	338+835	1975	6480
4	On-Ramp	338+835	338+335	500	1640
5	On-Ramp	338+335	337+878	457	1499
6	Básico	337+878	337+342	536	1759

Figura 23 Segmentos para cada calzada de las autovías A-7 y A-3 (Fuente Elaboración propia)

6.3. Análisis de tráfico

El presente apartado desarrolla el análisis de tráfico del enlace a partir de la caracterización detallada de la demanda y de su distribución espacial y temporal en los distintos elementos que lo componen. Para ello, se integran datos procedentes de estaciones de aforo permanentes, aforos específicos en ramales y vías de servicio, y estimaciones derivadas de la redistribución de flujos en los troncos principales. El

análisis se estructura diferenciando claramente entre troncos de autovía, ramales de entrada y salida y viales complementarios, dada la distinta naturaleza operativa de cada uno de estos elementos y su influencia en el funcionamiento global del nudo. Esta desagregación permite identificar con mayor precisión los puntos críticos del sistema, evaluar la coherencia entre demanda y capacidad y sentar las bases para la aplicación posterior de las metodologías de evaluación operativa, tanto mediante herramientas basadas en el Highway Capacity Manual como a través de análisis complementarios específicos para los ramales del enlace.

6.3.1. Bases de datos

El análisis de tráfico desarrollado en los apartados posteriores se apoya en diversas fuentes de información, seleccionadas en función de las características operativas de cada tipo de vía implicada en el estudio. Para los troncos principales de las autovías A-7 y A-3 se requiere información detallada fuera de las zonas de influencia de los ramales del enlace, por lo que se emplean los datos procedentes de las estaciones de aforo de la Red de Carreteras del Estado incluidos en el Plan de Aforos del Ministerio de Transporte y Movilidad Sostenible correspondiente al año 2023 y 2024 [8].

Según el informe técnico del Plan de Aforos, una estación de aforos es un punto representativo de un tramo que se considera homogéneo y en el que se dispone de una estación fija —permanente, semipermanente, primaria o secundaria, según la duración de la toma de datos— o de una estación móvil (coberturas). Las estaciones fijas incorporan en cada carril una doble espira embebida en el firme conectada a un equipo registrador que detecta el número de vehículos, su velocidad y su longitud, lo que permite clasificarlos en vehículos ligeros (longitud < 6 m) y pesados (longitud > 6 m).

Para obtener la distribución real en los diez tipos de vehículos definidos por el Plan Anual Nacional de Aforos, así como información relativa a mercancías peligrosas o vehículos extranjeros, los aforos automáticos se complementan con aforos manuales que se realizan en la mayor parte de estaciones fijas al menos dos veces al año en días laborables durante períodos de 6 horas. En carreteras con calzadas separadas, los datos se presentan en primer lugar para el total de la carretera (suma de calzadas) y posteriormente para la calzada descendente (PK decreciente en el sentido de circulación) y la ascendente (PK creciente) [8].

6.3.1.1. Troncos de autovía A-3 y A-7

Tal y como se ha definido previamente, el tronco principal está constituido por las autovías A-3 y A-7, ambas pertenecientes a la Red de Carreteras del Estado. En consecuencia, el organismo de referencia es el Ministerio de Transporte y Movilidad Sostenible, que publica anualmente el Mapa de Tráfico. Este documento proporciona información relativa a intensidades medias diarias, distribución horaria, coeficientes de estacionalidad, velocidad de recorrido y datos de capacidad, entre otros parámetros de relevancia para la evaluación de la operación de la infraestructura.

Estación de aforo	Tipo de estación 2023	Tipo de estación 2024	Autovía	PK	Días aforados 2023	Días adorados 2024
V-311-1	Primaria	Permanente	A-7	333+300	49	80
V-312-2	Secundaria	Permanente	A-7	337+920	18	54
V-213-2	Secundaria	Secundaria	A-3	338+300	16	28
V-337-2	Secundaria	Secundaria	A-3	341+200	18	10

Figura 24 Resumen de estaciones de aforo (Fuente Elaboración propia a partir de datos del mapa de tráfico de 2023 y 2024)

En la Figura 24 se presentan las estaciones de aforo empleadas en este estudio, indicando su tipología, localización y los días aforados correspondientes al año 2023 y 2024. La Figura 25 muestra la ubicación geográfica exacta de dichas estaciones en relación con el ámbito analizado.

Figura 25 Mapa de localización de estaciones de aforo (Fuente Elaboración propia a partir de datos del mapa de tráfico de 2023, 2024 y Google Earth)

6.3.1.2. Ramales

En los ramales del enlace y en las vías colectoras no existen estaciones de aforo pertenecientes a la Red de Carreteras del Estado, por lo que fue necesario realizar aforos manuales específicos para el presente estudio. Estos aforos consistieron en el conteo manual de vehículos, diferenciando entre vehículos ligeros y pesados. Los trabajos de campo se llevaron a cabo en cada ramal entre el 27 y el 31 de octubre de 2025, en días laborables, al considerarse que estos representan de forma más fiable el día medio registrado por las estaciones automáticas de aforo. El horario de registro se estableció entre las 10:00 y las 20:00 horas, realizándose un total de dos horas de aforo por ramal. Asimismo, se evitó la realización de los conteos en condiciones que pudieran

distorsionar el comportamiento real del tráfico, tales como episodios meteorológicos adversos, presencia de obras o incidentes en la vía.

6.3.1.3. CV-374 y vías de servicio a polígonos industriales

Tal como se indicó en el apartado de Situación Actual, existen diversas vías de servicio que parten de algunos ramales para dar acceso a los polígonos industriales próximos al enlace. Para el polígono industrial L'Oliveral y para el polígono Loriguilla–Riba-roja no fue posible realizar aforos debido a la falta de condiciones adecuadas para la observación directa del tráfico, lo que impedía una estimación fiable de la demanda. Por este motivo, la determinación de la intensidad media diaria en estas vías se efectuará mediante consideraciones específicas distintas de las aplicadas tanto en los troncos de autovía como en los ramales, criterio que se desarrollará en los apartados de estimación de la demanda.

6.3.2. Estimación de la demanda

La estimación de la demanda constituye una fase esencial en el análisis del tráfico, ya que permite cuantificar los volúmenes representativos que posteriormente serán empleados en la modelización funcional del enlace y en la evaluación de su nivel de servicio. Dado que las fuentes de datos disponibles presentan distinta naturaleza y grado de resolución —incluyendo aforos automáticos, aforos manuales y estimaciones indirectas en ciertos accesos secundarios—, se requiere un proceso de integración, depuración y homogeneización que garantice la coherencia de los volúmenes asignados a cada movimiento. En los apartados siguientes se detallan las consideraciones metodológicas adoptadas y el procedimiento seguido para obtener los caudales horarios equivalentes que servirán de base para el análisis operativo.

6.3.2.1. Troncos de autovía

A partir de los datos extraídos de las estaciones de aforo se obtuvieron los valores de Intensidad Media Diaria (IMD) correspondientes al año 2024 en cada una de las estaciones analizadas, empleando como referencia el mapa de tráfico más reciente publicado por el Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible. Los resultados obtenidos se presentan en la Figura 26.

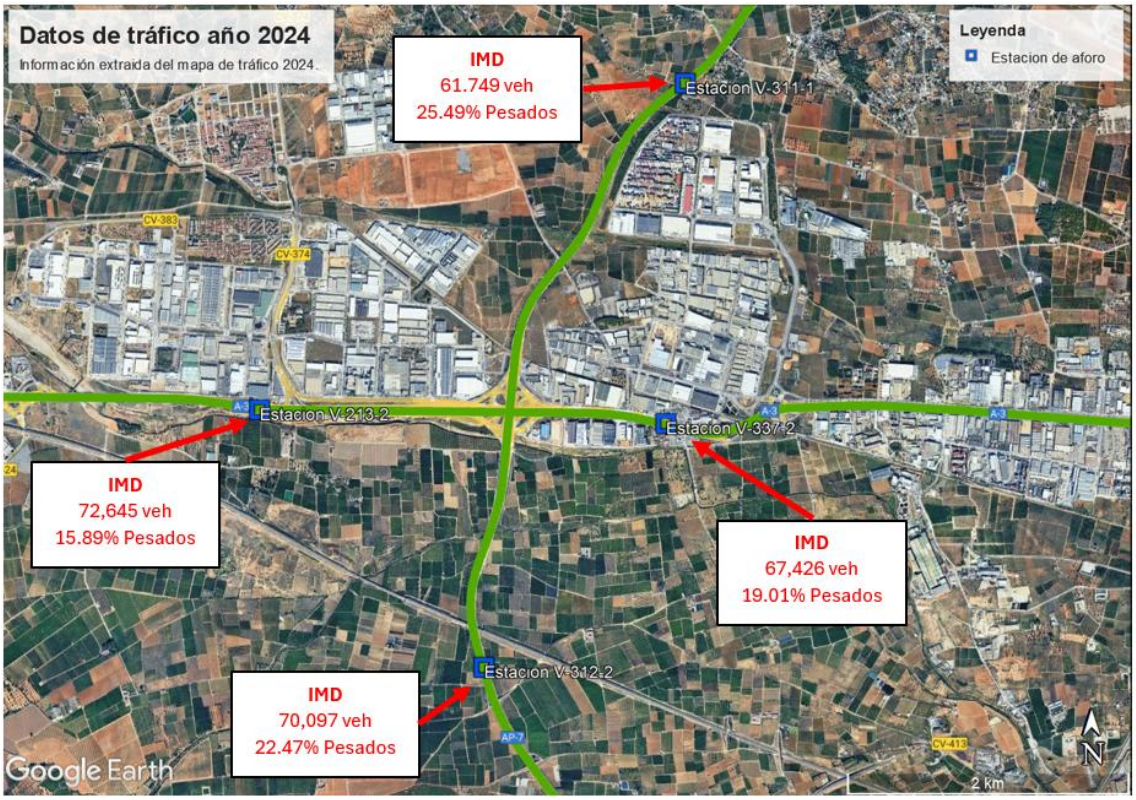

Figura 26 Intensidad media total en cada estación de estudio para el año 2024 (Fuente Elaboración propia con datos del Mapa de tráfico 2024 y Google Earth)

No obstante, con el fin de comprobar la coherencia temporal de los datos, se analizaron también los valores del mapa de tráfico del año 2023. En este análisis se detectó que la estación V-311-1 presentaba una disminución del tráfico del 45 %, pasando de una IMD de 111,373 vehículos en 2023 a 61,737 vehículos en 2024, lo que se consideró un valor claramente anómalo. El análisis comparativo de los datos mensuales entre ambos años puso de manifiesto que dicha disminución se producía de forma sistemática a lo largo de todos los meses, alcanzando en el mes de noviembre una reducción de hasta el 60 %. Esta situación se atribuye, previsiblemente, a los efectos derivados del episodio de DANA ocurrido el 29 de octubre de 2024.

Para corregir esta anomalía se tomó como referencia la estación V-312-2, también situada en la autovía A-7. A partir de esta estación se calculó la variación media mensual del tráfico entre los años 2023 y 2024 para el periodo comprendido entre enero y septiembre, descartando los tres últimos meses del año por estar claramente afectados por el episodio de la DANA. De este análisis se obtuvo una disminución media del tráfico del 0.8 % entre ambos años, a partir de la cual se estimaron los valores mensuales de IMD corregidos. Posteriormente, y con el objetivo de desagregar el tráfico por tipología vehicular, se empleó el porcentaje de vehículos pesados, que en los últimos ocho años se ha mantenido aproximadamente en el 26 %, para la determinación del volumen de vehículos ligeros. Los resultados de este proceso se presentan en la

Datos mensuales IMD 2024 - Estación V-311-1													
Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
Veh. Ligeros	41266	39082	44148	49154	52435	48928	60230	57563	53090	36760	33977	35035	**45972**
Veh. Pesados	16951	19975	18905	17818	18446	17994	17372	12108	16243	11744	10668	10950	**15765**
Total	58217	59057	63053	66972	70881	66922	77602	69671	69333	48504	44645	45985	**61737**
Variación respecto al año 2023	-39.3%	-42.7%	-41.3%	-41.0%	-35.9%	-41.2%	-37.4%	-49.1%	-38.1%	-54.7%	-59.9%	-54.5%	-44.6%

Datos mensuales IMD 2024 - Estación V-311-1 (AJUSTADOS)													
Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
Veh. Ligeros	70406	75610	78790	83260	81128	83618	90983	100556	82169	78640	81707	74213	**81757**
Veh. Pesados	24737	26566	27683	29254	28505	29379	31967	35330	28870	27630	28708	26075	**28725**
Total	95144	102176	106472	112514	109633	112997	122949	135886	111039	106270	110415	100287	**110482**
Variación respecto al año 2023	-0.8%	-0.8%	-0.8%	-0.8%	-0.8%	-0.8%	-0.8%	-0.8%	-0.8%	-0.8%	-0.8%	-0.8%	-0.8%

Datos mensuales IMD 2023- Estación V-311-1													
Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
Veh. Ligeros	69834	72419	74425	86270	85772	87256	95890	107548	85807	78446	78169	73271	**82926**
Veh. Pesados	26077	30581	32906	27151	24745	26652	28051	29434	26127	28681	33136	27825	**28447**
Total	95911	103000	107331	113421	110517	113908	123941	136982	111934	107127	111305	101096	**111373**

Figura 27 Comparativa de variación mensual en los datos de IMD originales y ajustados de la estación V-311-1 en los años 2023 y 2024 (Fuente Elaboración propia a partir de datos del Mapa de tráfico 2023 y 2024)

Por coherencia metodológica, se aplicó el mismo análisis al resto de estaciones consideradas. En el caso de la estación V-213-2 se observó una disminución media del tráfico del 2.0 % entre los años 2023 y 2024, valor que se considera dentro de la variabilidad normal y, por tanto, no anómalo. En la estación V-337-2 se registró, por el contrario, un incremento medio de la IMD del 0.9 %, motivo por el cual tampoco se consideraron anómalos los valores observados. El análisis correspondiente a ambas estaciones se muestra en la Figura 28 y Figura 29.

Datos mensuales 2024 - Estación V-337-2													
Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
Veh. Ligeros	51478	51723	51856	54670	56347	56823	60793	56228	49721	55081	55199	55144	**54589**
Veh. Pesados	11766	12301	12175	13021	13343	13705	13772	10898	11447	13356	14092	13927	**12817**
Total	63244	64024	64031	67691	69690	70528	74565	67126	61168	68437	69291	69071	**67406**
Variación respecto al año 2023	5.7%	0.3%	5.7%	5.4%	3.8%	-0.5%	-1.9%	0.4%	-10.3%	0.1%	0.1%	3.7%	0.9%

Datos mensuales 2023- Estación V-337-2													
Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
Veh. Ligeros	48285	51388	48500	48374	52276	57037	62250	55195	54402	54620	53704	53505	**53295**
Veh. Pesados	11543	12429	12099	15834	14847	13868	13740	11634	13822	13776	15504	13111	**13517**
Total	59828	63817	60599	64208	67123	70905	75990	66829	68224	68396	69208	66616	**66812**

Figura 28 Comparativa de variación mensual en los datos de IMD de la estación V-337-2 en los años 2023 y 2024 (Fuente Elaboración propia a partir de datos del Mapa de tráfico 2023 y 2024)

Datos mensuales 2024 - Estación V-213-2													
Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
Veh. Ligeros	51161	58145	55974	61181	62959	63421	71199	63076	65093	61641	56426	62801	**61090**
Veh. Pesados	8984	10928	11040	11367	12870	12560	12927	10050	12496	12110	12025	11205	**11547**
Total	60145	69073	67014	72548	75829	75981	84126	73126	77589	73751	68451	74006	**72637**
Variación respecto al año 2023	-9.6%	-0.9%	-0.7%	-1.6%	2.5%	-4.7%	-0.8%	-5.4%	3.0%	2.1%	-10.0%	1.8%	-2.0%

Datos mensuales 2023- Estación V-213-2													
Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
Veh. Ligeros	55966	58415	56225	60851	60412	66339	71824	66092	62863	59297	62123	60466	**61739**
Veh. Pesados	10530	11271	11293	12868	13538	13356	13001	11234	12438	12960	13904	12246	**12387**
Total	66496	69686	67518	73719	73950	79695	84825	77326	75301	72257	76027	72712	**74126**

Figura 29 Comparativa de variación mensual en los datos de IMD de la estación V-213-2 en los años 2023 y 2024 (Fuente Elaboración propia a partir de datos del Mapa de tráfico 2023 y 2024)

Finalmente, en la estación V-312-2 se detectó que la variación interanual del tráfico entre 2023 y 2024 se mantuvo entre el –4.4 % y el 1.6 % hasta el mes de septiembre. Sin embargo, en los tres últimos meses del año la variación osciló entre el –21.6 % y el –

77.6 %, como consecuencia directa de los efectos del episodio de DANA del 29 de octubre y de la afección producida en el punto kilométrico 336+850, donde colapsó la estructura sobre el barranco del Gállego, provocando el corte total de la autovía durante un periodo de 15 días, aproximadamente. Durante este intervalo fue necesario habilitar un desvío provisional para restablecer la circulación. Debido a esta situación excepcional, se realizó el ajuste correspondiente de los datos de los últimos tres meses utilizando como referencia los valores del año 2023. El resultado final de este ajuste se presenta en la Figura 30.

Datos mensuales IMD 2024 - Estación V-312-2													
Mes	**Enero**	**Febrero**	**Marzo**	**Abril**	**Mayo**	**Junio**	**Julio**	**Agosto**	**Septiembre**	**Octubre**	**Noviembre**	**Diciembre**	**Total**
Veh. Ligeros	52164	53569	55553	57692	61244	60237	73294	80469	64669	48101	13694	30757	**54287**
Veh. Pesados	17721	18871	18619	20862	19743	19084	18260	15478	15790	12077	3897	8679	**15757**
Total	69885	72440	74172	78554	80987	79321	91554	95947	80459	60178	17591	39436	**70044**
Variación respecto al año 2023	-0.8%	-0.2%	-4.4%	1.6%	0.0%	1.1%	-0.6%	-2.3%	-1.3%	-21.6%	-77.6%	-44.6%	-12.0%

Datos mensuales IMD 2024 - Estación V-312-2 (AJUSTADOS)													
Mes	**Enero**	**Febrero**	**Marzo**	**Abril**	**Mayo**	**Junio**	**Julio**	**Agosto**	**Septiembre**	**Octubre**	**Noviembre**	**Diciembre**	**Total**
Veh. Ligeros	52164	53569	55553	57692	61244	60237	73294	80469	64669	56371	57594	52224	**60423**
Veh. Pesados	17721	18871	18619	20862	19743	19084	18260	15478	15790	19806	20236	18349	**18568**
Total	69885	72440	74172	78554	80987	79321	91554	95947	80459	76177	77830	70573	**78992**
Variación respecto al año 2023	-0.8%	-0.2%	-4.4%	1.6%	0.0%	1.1%	-0.6%	-2.3%	-1.3%	-0.8%	-0.8%	-0.8%	-0.8%

Datos mensuales IMD 2023- Estación V-312-2													
Mes	**Enero**	**Febrero**	**Marzo**	**Abril**	**Mayo**	**Junio**	**Julio**	**Agosto**	**Septiembre**	**Octubre**	**Noviembre**	**Diciembre**	**Total**
Veh. Ligeros	52643	53581	57427	57558	61328	58810	74363	82926	65070	59750	59071	53231	**61313**
Veh. Pesados	17771	19010	20127	19780	19690	19673	17747	15298	16470	17041	19387	17911	**18325**
Total	70414	72591	77554	77338	81018	78483	92110	98224	81540	76791	78458	71142	**79639**

Figura 30 Comparativa de variación mensual en los datos de IMD originales y ajustados de la estación V-312-2 en los años 2023 y 2024 (Fuente Elaboración propia a partir de datos del Mapa de tráfico 2023 y 2024)

De esta manera, en la Figura 31 se presentan los valores de Intensidad Media Diaria (IMD) correspondientes al año 2024 para cada una de las estaciones de aforo, una vez aplicadas las correcciones necesarias derivadas del análisis interanual y de los efectos asociados a los episodios extraordinarios registrados durante el periodo de estudio.

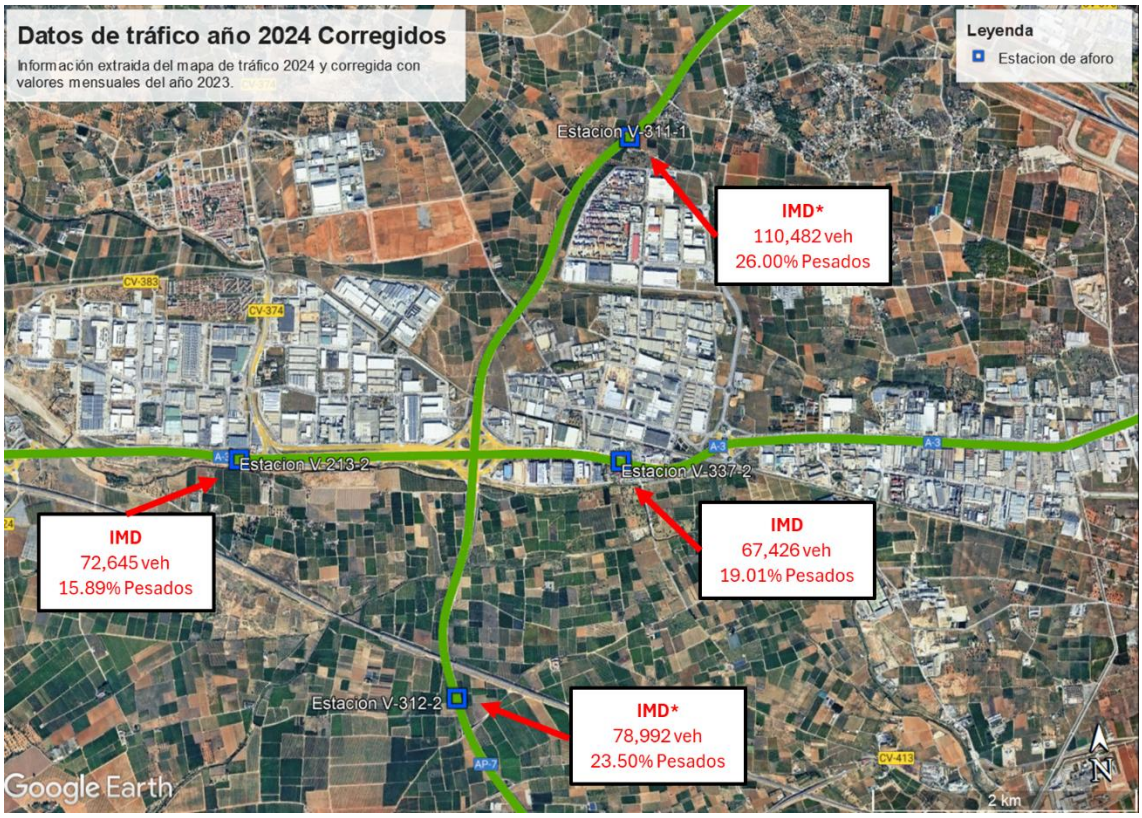

Figura 31 Intensidad media total corregida en cada estación de estudio para el año 2024 (Fuente Elaboración propia con datos del Mapa de tráfico 2023, 2024 y Google Earth)

6.3.2.2. Ramales del enlace

Es necesario señalar que cada ramal se asocia a una calzada concreta de los troncos de autovía, en función del origen del tráfico que accede al ramal. Esta asociación resulta relevante, ya que determina la estación de aforo de referencia cuyos datos se emplean para el análisis del tráfico en cada ramal. En la Figura 32 se representan los distintos ramales del enlace y la calzada asociada a cada uno de ellos, que se utiliza como referencia para la determinación del volumen de tráfico.

Ramal	Calzada de referencia	Estación de aforo
Valencia-Barcelona	Calzada 1	V-337-2
Valencia-Alicante	Calzada 1	V-337-2
Barcelona-Madrid	Calzada 2	V-311-1
Barcelona-Valencia	Calzada 2	V-311-1
Madrid-Alicante	Calzada 2	V-213-2
Madrid-Barcelona	Calzada 2	V-213-2
Alicante-Valencia	Calzada 1	V-312-2
Alicante-Madrid	Calzada 1	V-312-2

Figura 32 Ramales y calzada de referencia usada para extrapolar los datos a las 24 horas del día (Fuente Elaboración propia)

El primer paso para la determinación de la Intensidad Media Diaria (IMD) de cada ramal consistió en ajustar los volúmenes de tráfico obtenidos en los aforos manuales en función de la distribución mensual del tráfico. Para ello se emplearon los coeficientes **L**

suministrados por las estaciones de aforo correspondientes a cada mes. Dichos coeficientes se definen en el Plan de Aforos 2024 como el cociente entre la media anual de los días y la media mensual de los días del mes considerado [9]. Cada estación de aforo proporciona estos coeficientes, tal y como se muestra en la Figura 33 para la estación V-337-2, y su aplicación permite ajustar los datos de los aforos manuales de cada ramal. A modo de ejemplo, en la Figura 34 se presenta el ajuste realizado para el ramal Valencia–Barcelona, asociado a la calzada 1 de la estación de aforo V-337-2.

COEFICIENTES

	L			K			N			S		
Mes	Ligeros	Pesados	Total	Ligeros	Pesados	Total	Ligeros	Pesados	Total	Ligeros	Pesados	Total
ENERO	1,03	1,06	1,04	3,16	2,02	2,88	1,01	1,11	1,03	0,93	0,80	0,90
FEBRERO	1,04	1,02	1,04	3,31	1,99	2,96	1,01	1,10	1,02	0,94	0,80	0,91
MARZO	1,01	1,00	1,01	3,08	2,01	2,82	1,01	1,11	1,02	0,92	0,78	0,89
ABRIL	1,03	1,02	1,02	3,34	1,99	2,99	1,02	1,15	1,04	0,98	0,85	0,95
MAYO	0,97	0,97	0,97	3,13	1,96	2,83	1,01	1,12	1,03	0,95	0,83	0,93
JUNIO	0,96	0,87	0,94	3,15	2,03	2,87	1,02	1,15	1,04	0,96	0,77	0,91
JULIO	0,90	0,93	0,91	3,04	1,96	2,78	1,02	1,13	1,04	0,96	0,82	0,93
AGOSTO	0,97	1,19	1,01	2,81	1,89	2,62	1,02	1,13	1,04	0,96	0,83	0,93
SEPTIEMBRE	1,13	1,10	1,13	3,20	1,91	2,86	1,01	1,11	1,03	0,97	0,80	0,93
OCTUBRE	0,99	0,98	0,99	3,43	1,92	3,00	1,01	1,10	1,02	0,95	0,84	0,93
NOVIEMBRE	0,97	0,87	0,95	3,38	1,98	2,98	1,01	1,09	1,02	0,94	0,79	0,90
DICIEMBRE	0,97	0,92	0,96	3,22	2,05	2,91	1,01	1,09	1,02	0,94	0,82	0,91
TOTAL	**1,00**	**0,99**	**1,00**	**3,19**	**1,98**	**2,88**	**1,01**	**1,12**	**1,03**	**0,95**	**0,82**	**0,93**

Figura 33 Coeficientes para la estación V-337-2 (Fuente Informe Detalles, Coeficientes y Congestión. Estación V-337-2, Mapa de tráfico 2024)

Fecha de aforo Lunes 27 de octubre de 2025
hora de inicio 10:00
hora fin 12:00

	Valores del aforo		Coeficiente L (Octubre)	Valores ajustados	
	L10	L11		L10	L11
Vehiculos Ligeros	373	353	0.99	369	349
Vehiculos Pesados	257	272	0.98	252	267

Figura 34 Ajuste de vehículos aforados para el Ramal Valencia-Barcelona (Fuente Elaboración propia)

En la Figura 35 se recogen los datos registrados en los aforos manuales de cada ramal, los coeficientes **L** empleados para la corrección y los valores ajustados correspondientes a vehículos ligeros y pesados.

Ramal Valencia-Barcelona

Fecha de aforo Lunes 27 de octubre de 2025
hora de inicio 10:00
hora fin 12:00

	Valores del aforo		Coeficiente L	Valores ajustados	
	L10	L11	(Octubre)	L10	L11
Vehiculos Ligeros	373	353	0.99	369	349
Vehiculos Pesados	257	272	0.98	252	267

Ramal Valencia-Alicante

Fecha de aforo Miercoles 29 de octubre de 2025
hora de inicio 13:00
hora fin 15:00

	Valores del aforo		Coeficiente L	Valores ajustados	
	L10	L11	(Octubre)	L10	L11
Vehiculos Ligeros	454	516	0.99	449	511
Vehiculos Pesados	169	151	0.98	166	148

Ramal Alicante-Madrid

Fecha de aforo Lunes 27 de octubre de 2025
hora de inicio 16:00
hora fin 18:00

	Valores del aforo		Coeficiente L	Valores ajustados	
	L10	L11	(Octubre)	L10	L11
Vehiculos Ligeros	328	387	1.16	381	449
Vehiculos Pesados	152	147	1.38	210	203

Ramal Alicante-Valencia

Fecha de aforo Lunes 27 de octubre de 2025
hora de inicio 13:00
hora fin 15:00

	Valores del aforo		Coeficiente L	Valores ajustados	
	L10	L11	(Octubre)	L10	L11
Vehiculos Ligeros	292	347	1.16	339	403
Vehiculos Pesados	122	109	1.38	168	150

Ramal Madrid-Barcelona

Fecha de aforo Martes 28 de octubre de 2025
hora de inicio 14:00
hora fin 16:00

	Valores del aforo		Coeficiente L	Valores ajustados	
	L10	L11	(Octubre)	L10	L11
Vehiculos Ligeros	748	659	0.99	741	652
Vehiculos Pesados	219	209	0.98	215	205

Ramal Madrid-Alicante

Fecha de aforo Martes 28 de octubre de 2025
hora de inicio 17:00
hora fin 19:00

	Valores del aforo		Coeficiente L	Valores ajustados	
	L10	L11	(Octubre)	L10	L11
Vehiculos Ligeros	687	712	0.99	680	705
Vehiculos Pesados	246	226	0.98	241	221

Ramal Barcelona-Madrid

Fecha de aforo Miercoles 29 de octubre de 2025
hora de inicio 16:00
hora fin 18:00

	Valores del aforo		Coeficiente L	Valores ajustados	
	L10	L11	(Octubre)	L10	L11
Vehiculos Ligeros	452	510	1.26	570	642
Vehiculos Pesados	238	257	1.38	328	354

Ramal Barcelona-Valencia

Fecha de aforo Miercoles 29 de octubre de 2025
hora de inicio 18:00
hora fin 20:00

	Valores del aforo		Coeficiente L	Valores ajustados	
	L10	L11	(Octubre)	L10	L11
Vehiculos Ligeros	304	248	1.26	383	312
Vehiculos Pesados	176	144	1.38	243	199

Figura 35 Ajuste de vehículos aforados para el mes de octubre en los ocho ramales de estudio (Fuente Elaboración propia)

Posteriormente, para la determinación del tráfico en los ramales fue necesario extrapolar los datos ajustados de los aforos con el objetivo de obtener la IMD de cada ramal y su distribución a lo largo de las 24 horas del día. Para ello se utilizaron los coeficientes horarios procedentes del informe de intensidades horarias medias correspondientes al día medio del año 2024. En la Figura 36 se muestran los coeficientes horarios asociados a la calzada 1 de la estación V-337-2.

INTENSIDADES HORARIAS MEDIAS EN LAS 24 HORAS DEL DIA MEDIO 202

Estacion: V-337-2 **Tipo de Datos:** Validados Mensual
Día: Laborables

Provincia: VALENCIA **Tipo:** SECUNDARIA **Población:** CALICANTO
Carretera: A-3 **PK:** 341,20 **Núm. Calzadas:** 2 **Conv. Carriles:** 3+3

Calzada: 1 **Porcentajes Horarios**

Carril	Tipo	L0	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15	L16	L17	L18	L19	L20	L21	L22	L23	IMD aprox
1	Ligeros	0,60	0,34	0,31	0,39	0,79	3,19	5,46	8,49	7,73	6,62	5,29	4,96	5,05	5,50	6,08	5,56	5,01	6,37	6,50	4,96	3,68	3,12	2,64	1,36	9.547
1	Pesados	1,26	1,18	1,22	1,16	1,16	1,52	2,89	4,78	5,71	6,77	6,89	7,27	7,19	7,07	6,18	6,44	7,15	6,38	5,04	4,04	3,29	2,42	1,61	1,38	4.921
1	Total	0,82	0,62	0,62	0,65	0,91	2,63	4,58	7,23	7,04	6,67	5,83	5,75	5,78	6,03	6,11	5,86	5,74	6,37	6,01	4,65	3,55	2,88	2,29	1,37	14.468
2	Ligeros	0,52	0,24	0,16	0,17	0,30	1,35	3,47	6,89	6,89	6,57	5,78	5,48	5,49	6,32	7,07	6,58	6,22	7,15	7,32	5,51	3,90	2,94	2,44	1,24	12.396
2	Pesados	0,46	0,31	0,38	0,38	0,38	0,84	2,84	7,07	7,30	7,22	5,99	6,37	7,37	6,61	6,53	7,14	7,07	7,22	6,91	4,53	3,38	2,07	1,08	0,54	1.302
2	Total	0,51	0,25	0,18	0,19	0,31	1,30	3,41	6,91	6,93	6,63	5,80	5,56	5,67	6,35	7,02	6,64	6,30	7,15	7,29	5,42	3,85	2,86	2,31	1,18	13.698
3	Ligeros	0,26	0,16	0,10	0,20	0,35	1,49	3,33	8,74	9,51	7,30	5,38	5,04	4,83	6,16	7,52	6,69	6,02	7,54	7,55	4,59	2,75	2,13	1,70	0,65	7.057
3	Pesados	1,10	1,17	1,10	0,95	1,03	1,47	2,86	5,65	6,24	8,15	6,53	6,98	7,12	6,83	6,09	6,46	7,20	6,39	4,77	3,89	3,45	2,35	1,17	1,03	1.362
3	Total	0,39	0,32	0,26	0,32	0,46	1,48	3,25	8,24	8,98	7,44	5,57	5,36	5,20	6,27	7,29	6,65	6,21	7,35	7,10	4,48	2,86	2,16	1,62	0,71	8.419
Todos	Ligeros	0,48	0,25	0,20	0,25	0,47	1,99	4,09	7,87	7,80	6,76	5,52	5,20	5,18	6,01	6,85	6,27	5,77	6,99	7,11	5,11	3,54	2,80	2,33	1,14	29.000
Todos	Pesados	1,09	1,03	1,05	0,99	1,00	1,40	2,87	5,33	6,08	7,09	6,67	7,07	7,21	6,95	6,22	6,57	7,15	6,53	5,31	4,10	3,34	2,35	1,44	1,17	7.585
Todos	Total	0,61	0,41	0,37	0,40	0,58	1,87	3,84	7,34	7,45	6,83	5,76	5,59	5,60	6,21	6,72	6,33	6,06	6,89	6,74	4,90	3,50	2,71	2,14	1,15	36.585

Figura 36 Coeficientes horarios, Intensidades horarias medias en las 24 horas del día medio 2024, estación V-337-2, Calzada 1 (Fuente Mapa de tráfico 2024)

Para la estimación de la IMD se asumió que los volúmenes de vehículos ligeros y pesados obtenidos en el aforo manual, una vez ajustados, eran representativos del porcentaje diario correspondiente a la distribución horaria del tráfico en la calzada de referencia. A partir de esta hipótesis se determinó la IMD del ramal y, posteriormente, se utilizó dicho valor para calcular la intensidad de tráfico en el resto de las horas del día.

Ramal Valencia-Barcelona , Base calzada 1 estación V-337-2 (Valencia)																										
Tipo	Porcentajes Horarios																									IMD aprox
	L0	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15	L16	L17	L18	L19	L20	L21	L22	L23		
Ligeros	0.48	0.25	0.20	0.25	0.47	1.99	4.09	7.87	7.80	6.76	5.52	5.20	5.18	6.01	6.85	6.27	5.77	6.99	7.11	5.11	3.54	2.80	2.33	1.14	29000
Pesados	1.09	1.03	1.05	0.99	1.00	1.40	2.87	5.33	6.08	7.09	6.67	7.07	7.21	6.95	6.22	6.57	7.15	6.53	5.31	4.10	3.34	2.35	1.44	1.17	7585
Total	0.61	0.41	0.37	0.40	0.58	1.87	3.84	7.34	7.45	6.83	5.76	5.59	5.60	6.21	6.72	6.33	6.06	6.89	6.74	4.90	3.50	2.71	2.14	1.15	36585
Ligeros	32	17	13	17	31	133	274	527	522	453	370	348	347	403	459	420	386	468	476	342	237	188	156	76	**6698**
Pesados	41	39	40	37	38	53	108	201	230	268	252	267	272	263	235	248	270	247	201	155	126	89	54	44	**3777**
Total	73	56	53	54	69	186	382	728	752	721	622	615	619	665	694	668	657	715	677	497	363	276	210	121	**10475**

Figura 37 Distribución de tráfico horaria para el ramal Valencia-Barcelona (Fuente Elaboración propia)

En la Figura 37 se presentan los datos correspondientes a la distribución horaria del tráfico de la calzada asociada al ramal Valencia–Barcelona, esto es, la calzada 1 de la estación V-337-2, junto con la distribución estimada del tráfico en el ramal para las 24 horas del día y la IMD correspondiente al día medio. El procedimiento consistió en considerar los datos del aforo manual como el porcentaje diario de la IMD correspondiente a las horas L10 y L11, tal y como se resalta en la Figura 37, obteniendo así una IMD aproximada del ramal. A partir de este valor se calculó la distribución del tráfico en el resto de las horas. Este mismo procedimiento se aplicó al resto de los ramales en función de la calzada de referencia asociada, presentándose a continuación los resultados obtenidos.

Ramal Valencia-Alicante , Base calzada 1 estación V-337-2 (Valencia)																									
Tipo	Porcentajes Horarios																								IMD aprox
	L0	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15	L16	L17	L18	L19	L20	L21	L22	L23	
Ligeros	0.48	0.25	0.20	0.25	0.47	1.99	4.09	7.87	7.80	6.76	5.52	5.20	5.18	6.01	6.85	6.27	5.77	6.99	7.11	5.11	3.54	2.80	2.33	1.14	29000
Pesados	1.09	1.03	1.05	0.99	1.00	1.40	2.87	5.33	6.08	7.09	6.67	7.07	7.21	6.95	6.22	6.57	7.15	6.53	5.31	4.10	3.34	2.35	1.44	1.17	7585
Total	0.61	0.41	0.37	0.40	0.58	1.87	3.84	7.34	7.45	6.83	5.76	5.59	5.60	6.21	6.72	6.33	6.06	6.89	6.74	4.90	3.50	2.71	2.14	1.15	36585
Ligeros	36	19	15	19	35	149	305	587	582	505	412	388	387	449	511	468	431	522	531	381	264	209	174	85	**7465**
Pesados	26	25	25	24	24	33	68	127	145	169	159	169	172	166	148	157	170	156	127	98	80	56	34	28	**2384**
Total	62	43	40	42	59	182	374	715	727	674	571	557	559	614	660	625	601	677	657	479	344	265	208	113	**9849**

Figura 38 Distribución de tráfico horaria para el ramal Valencia-Alicante (Fuente Elaboración propia)

Ramal Alicante-Madrid , Base calzada 1 estación V-312-2 (Alicante)																									
Tipo	Porcentajes Horarios																								IMD aprox
	L0	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15	L16	L17	L18	L19	L20	L21	L22	L23	
Ligeros	0.78	0.45	0.37	0.37	0.61	2.21	4.38	6.83	6.46	5.27	5.06	5.19	5.61	6.10	7.21	6.59	6.06	7.58	7.47	5.14	4.00	2.90	2.20	1.17	39666
Pesados	1.10	1.11	1.16	1.39	1.44	2.51	4.29	6.74	7.33	7.23	6.44	6.48	6.58	6.65	5.91	5.90	6.17	6.00	4.88	3.46	2.72	2.04	1.24	1.24	12704
Total	0.86	0.61	0.56	0.62	0.81	2.28	4.36	6.81	6.67	5.75	5.40	5.50	5.84	6.23	6.89	6.43	6.09	7.19	6.84	4.73	3.69	2.69	1.97	1.19	52370
Ligeros	47	27	23	23	37	134	267	416	393	321	308	316	341	371	439	401	369	461	455	313	243	176	134	71	**6085**
Pesados	37	38	39	47	49	85	146	229	249	245	219	220	223	226	201	200	209	204	166	117	92	69	42	42	**3394**
Total	85	65	62	70	86	220	412	644	642	566	526	536	565	597	639	601	578	665	620	430	336	246	176	113	**9479**

Figura 39 Distribución de tráfico horaria para el ramal Alicante-Madrid (Fuente Elaboración propia)

Ramal Alicante-Valencia , Base calzada 1 estación V-312-2 (Alicante)																									
Tipo	Porcentajes Horarios																								IMD aprox
	L0	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15	L16	L17	L18	L19	L20	L21	L22	L23	
Ligeros	0.78	0.45	0.37	0.37	0.61	2.21	4.38	6.83	6.46	5.27	5.06	5.19	5.61	6.10	7.21	6.59	6.06	7.58	7.47	5.14	4.00	2.90	2.20	1.17	39666
Pesados	1.10	1.11	1.16	1.39	1.44	2.51	4.29	6.74	7.33	7.23	6.44	6.48	6.58	6.65	5.91	5.90	6.17	6.00	4.88	3.46	2.72	2.04	1.24	1.24	12704
Total	0.86	0.61	0.56	0.62	0.81	2.28	4.36	6.81	6.67	5.75	5.40	5.50	5.84	6.23	6.89	6.43	6.09	7.19	6.84	4.73	3.69	2.69	1.97	1.19	52370
Ligeros	43	25	21	21	34	123	244	381	360	294	282	289	313	340	402	367	338	423	416	287	223	162	123	65	**5575**
Pesados	28	28	29	35	36	64	109	171	186	183	163	164	167	168	150	149	156	152	124	88	69	52	31	31	**2532**
Total	71	53	50	56	70	187	353	551	546	477	445	453	479	508	552	517	494	574	540	374	292	213	154	97	**8107**

Figura 40 Distribución de tráfico horaria para el ramal Alicante-Valencia (Fuente Elaboración propia)

Ramal Madrid-Barcelona, Base calzada 2 estación V-213-2 (Madrid)																									
Tipo	Porcentajes Horarios																								IMD aprox
	L0	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15	L16	L17	L18	L19	L20	L21	L22	L23	
Ligeros	0.46	0.23	0.14	0.20	0.67	1.90	3.18	6.62	6.68	5.95	5.45	5.48	5.72	6.56	6.73	5.92	6.08	7.23	7.49	5.98	4.58	3.47	2.24	1.03	36456
Pesados	0.62	0.27	0.23	0.27	0.47	1.09	2.73	5.61	6.16	6.00	5.57	5.92	6.54	6.93	7.36	7.36	7.91	8.26	7.67	5.26	3.62	2.38	1.01	0.74	2567
Total	0.47	0.23	0.15	0.21	0.66	1.84	3.15	6.56	6.65	5.95	5.46	5.51	5.78	6.59	6.77	6.01	6.20	7.30	7.51	5.93	4.52	3.40	2.16	1.01	39023
Ligeros	51	25	15	22	74	209	350	729	736	655	600	603	630	722	741	652	670	796	825	659	504	382	247	113	**11012**
Pesados	18	8	7	8	13	31	78	160	176	171	159	169	187	198	210	210	226	236	219	150	103	68	29	21	**2853**
Total	68	33	22	30	87	240	428	889	911	826	759	772	816	920	951	862	895	1032	1044	809	608	450	275	135	**13865**

Figura 41 Distribución de tráfico horaria para el ramal Madrid-Barcelona (Fuente Elaboración propia)

Ramal Madrid-Alicante, Base calzada 2 estación V-213-2 (Madrid)																									
Tipo	Porcentajes Horarios																								IMD aprox
	L0	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15	L16	L17	L18	L19	L20	L21	L22	L23	
Ligeros	0.46	0.23	0.14	0.20	0.67	1.90	3.18	6.62	6.68	5.95	5.45	5.48	5.72	6.56	6.73	5.92	6.08	7.23	7.49	5.98	4.58	3.47	2.24	1.03	36456
Pesados	0.62	0.27	0.23	0.27	0.47	1.09	2.73	5.61	6.16	6.00	5.57	5.92	6.54	6.93	7.36	7.36	7.91	8.26	7.67	5.26	3.62	2.38	1.01	0.74	2567
Total	0.47	0.23	0.15	0.21	0.66	1.84	3.15	6.56	6.65	5.95	5.46	5.51	5.78	6.59	6.77	6.01	6.20	7.30	7.51	5.93	4.52	3.40	2.16	1.01	39023
Ligeros	43	22	13	19	63	179	299	623	629	560	513	516	538	617	633	557	572	680	705	563	431	326	211	97	**9409**
Pesados	18	8	7	8	14	32	79	163	179	174	162	172	190	201	213	213	229	240	222	153	105	69	29	21	**2900**
Total	61	29	20	27	77	210	378	786	807	734	674	687	728	818	847	770	801	920	927	715	536	396	240	118	**12309**

Figura 42 Distribución de tráfico horaria para el ramal Madrid-Alicante (Fuente Elaboración propia)

Ramal Barcelona-Madrid , Base calzada 2 estación V-311-1 (Barcelona)																									
Tipo	Porcentajes Horarios																								IMD aprox
	L0	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15	L16	L17	L18	L19	L20	L21	L22	L23	
Ligeros	1.08	0.75	0.64	0.53	0.68	1.74	3.89	6.21	6.00	5.59	5.56	6.00	6.06	6.29	6.80	6.21	5.70	6.42	6.70	5.47	4.29	3.28	2.64	1.47	54461
Pesados	1.87	1.64	1.41	1.28	1.37	2.30	3.99	5.94	5.69	5.20	5.35	5.76	6.21	6.28	6.52	6.03	5.48	5.93	5.71	4.69	3.92	3.03	2.42	1.97	17631
Total	1.27	0.96	0.83	0.71	0.85	1.87	3.91	6.15	5.93	5.50	5.51	5.94	6.10	6.29	6.74	6.16	5.65	6.30	6.46	5.28	4.20	3.22	2.59	1.60	72092
Ligeros	108	75	64	53	68	174	389	621	600	559	556	600	606	629	680	621	570	642	670	547	429	328	264	147	**10000**
Pesados	112	98	84	77	82	137	238	355	340	311	320	344	371	375	390	360	328	354	341	280	234	181	145	118	**5977**
Total	220	173	148	130	150	311	627	976	940	870	876	944	977	1004	1070	981	898	996	1011	827	663	509	409	265	**15977**

Figura 43 Distribución de tráfico horaria para el ramal Barcelona-Madrid (Fuente Elaboración propia)

Ramal Barcelona-Valencia , Base calzada 2 estación V-311-1 (Barcelona)																									
Tipo	Porcentajes Horarios																								IMD aprox
	L0	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15	L16	L17	L18	L19	L20	L21	L22	L23	
Ligeros	1.08	0.75	0.64	0.53	0.68	1.74	3.89	6.21	6.00	5.59	5.56	6.00	6.06	6.29	6.80	6.21	5.70	6.42	6.70	5.47	4.29	3.28	2.64	1.47	54461
Pesados	1.87	1.64	1.41	1.28	1.37	2.30	3.99	5.94	5.69	5.20	5.35	5.76	6.21	6.28	6.52	6.03	5.48	5.93	5.71	4.69	3.92	3.03	2.42	1.97	17631
Total	1.27	0.96	0.83	0.71	0.85	1.87	3.91	6.15	5.93	5.50	5.51	5.94	6.10	6.29	6.74	6.16	5.65	6.30	6.46	5.28	4.20	3.22	2.59	1.60	72092
Ligeros	62	43	37	30	39	99	222	355	343	319	318	343	346	359	388	355	326	367	383	312	245	187	151	84	**5711**
Pesados	79	70	60	54	58	98	170	252	242	221	227	245	264	267	277	256	233	252	243	199	167	129	103	84	**4250**
Total	141	113	96	85	97	197	392	607	584	540	545	587	610	626	665	611	558	619	625	512	412	316	254	168	**9961**

Figura 44 Distribución de tráfico horaria para el ramal Barcelona-Valencia (Fuente Elaboración propia)

6.3.4. Metodología

La metodología descrita en el capítulo 12 del Highway Capacity Manual (HCM) constituye la base para el análisis de capacidad, la determinación del Nivel de Servicio (LOS) y la evaluación de los requerimientos de carriles en segmentos básicos de autopistas y carreteras multicarril, así como para valorar la influencia de distintas características geométricas en su desempeño operativo. Este procedimiento se fundamenta en los resultados del estudio empírico desarrollado en el marco del National Cooperative Highway Research Program (NCHRP), el cual ha sido objeto de actualizaciones parciales, y se apoya además en diversas publicaciones que han contribuido a su desarrollo metodológico [10].

El HCM establece con claridad las limitaciones del método, indicando que no contempla aspectos como los controles de carril destinados a restringir cambios de carril, los tramos prolongados de puentes o túneles, las instalaciones cuya velocidad libre (FFS) supera las 75 mph en segmentos básicos de autopista, las instalaciones con una FFS base inferior a 55 mph, ni las condiciones derivadas de límites de velocidad establecidos o prácticas específicas de control.

A partir de este marco metodológico, el HCM define seis pasos secuenciales que estructuran el proceso de análisis y que se presentan a continuación antes de su aplicación en los apartados siguientes.

1) Datos de entrada: Para llevar a cabo un análisis operativo conforme a la metodología del HCM, el análisis debe definir un conjunto de parámetros de entrada, ya sea a partir de valores medidos en campo o mediante valores por defecto establecidos en el manual. Entre estos parámetros se incluyen el volumen de demanda, el número y ancho de los carriles, el espacio lateral derecho o total disponible, la densidad de ramales o puntos de acceso, el porcentaje de vehículos pesados, el Peak Hour Factor (PHF), la clasificación del terreno y la población de conductores. Asimismo, deben incorporarse la velocidad de flujo libre y, cuando proceda, los factores de ajuste de capacidad. Estos elementos constituyen la base para la aplicación posterior de los modelos analíticos del HCM.

2) Estimación y ajuste de la velocidad de flujo libre: La metodología del HCM establece los criterios para la determinación directa de la velocidad de flujo libre (FFS), definida como la velocidad media de los automóviles ligeros medida bajo condiciones de flujo bajo o moderado, típicamente hasta 500 veh/h/carril. En este rango, las velocidades observadas se mantienen prácticamente constantes, lo que permite una caracterización fiable del comportamiento operativo en ausencia de interferencias significativas.
El procedimiento incorpora una ecuación que relaciona la velocidad de flujo libre base—en el caso de este estudio, asociada a la velocidad señalizada—con una serie de penalizaciones derivadas de características geométricas y funcionales del tramo. En primer lugar, se aplica un ajuste por ancho de carril, sin penalización para valores iguales o superiores a 12 ft (3.65 m) y con una reducción de 1.9 mi/h para anchos comprendidos entre 11 ft y 12 ft. El segundo ajuste corresponde al ancho del arcén derecho, que considera además el número de carriles y no introduce penalización para valores iguales o superiores a 6 ft (1.82 m). Finalmente, se incorpora un ajuste por densidad de ramales, tanto de entrada como de salida, evaluadas en un tramo de 3 millas aguas arriba y aguas abajo del punto medio del segmento; en este estudio, dicho punto medio coincide con la ubicación de la estación de aforo.
A continuación, se presenta la ecuación correspondiente junto con la definición de cada una de sus variables.

$$FFS = BFFS - f_{LW} - f_{RLC} - 3.22 \times TRD^{0.84}$$

Donde:
$FFS = Velocidad\ de\ flujo\ libre\ [mi/h]$
$BFFS = Velocidad\ base\ de\ flujo\ libre\ [mi/h]$
$f_{LW} = Factor\ de\ ajuste\ por\ ancho\ de\ carril\ [mi/h]$
$f_{RLC} = Factor\ de\ ajuste\ por\ arcén\ derecho\ [mi/h]$
$TRD = Densidad\ total\ de\ rampas\ [rampas/mi]$

3) Estimación y ajuste de la capacidad: La metodología del HCM establece capacidades base para los segmentos básicos en función de la velocidad de flujo libre, definiendo una ecuación específica para su cálculo bajo condiciones ideales. El manual indica explícitamente que el valor resultante no debe superar en ningún caso las capacidades base recomendadas. Para autovías con una velocidad de flujo libre de 75 mi/h, la capacidad base máxima es de 2,400 veh/h/carril. La ecuación general para la capacidad bajo condiciones ideales es:

$$c = 2{,}200 + 10 \times (FFS - 50)$$

Donde c representa la capacidad por carril y FFS la velocidad de flujo libre.

4) Ajuste de la demanda: Este paso implica la conversión del tráfico observado a unidades de vehículos ligeros equivalentes, dado que la metodología del HCM formula el análisis operativo en estos términos. Para ello, los vehículos pesados se transforman en vehículos ligeros equivalentes mediante factores de equivalencia específicos, lo que permite comparar de manera homogénea la demanda con la capacidad del tramo analizado. A continuación, se presenta la ecuación correspondiente junto con la definición de sus variables.

$$v_p = \frac{V}{PHF \times N \times f_{HV}}$$

Donde:

$v_p = Demanda\ en\ vehiculos\ ligeros\ equivalentes\ [veh.lig.eq/hora/carril]$
$V = Demanda\ en\ vehiculos\ \ [veh./hora]$
$PHF = Factor\ de\ hora\ pico.$
$N = Número\ de\ carriles\ en\ una\ dirección$
$f_{HV} = Factor\ de\ ajuste\ por\ presencia\ de\ vehiculos\ pesados$

Tras la ecuación de conversión a vehículos ligeros equivalentes, el HCM establece que el factor de hora punta (PHF) para autovías suele oscilar entre 0.85 y 0.98. Los valores más bajos dentro de este rango representan condiciones de menor volumen y menor concentración temporal de la demanda, mientras que los valores más altos son característicos de periodos punta en entornos urbanos y suburbanos con fuerte concentración horaria del tráfico. En este estudio se adopta un valor de 0,95, recomendado tanto por el propio HCM como por los trabajos del National Cooperative Highway Research Program (NCHRP)[10].

El ajuste por presencia de vehículos pesados depende de las condiciones del terreno, de las pendientes y de la composición del tráfico, y se determina mediante la expresión:

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

Donde P_T es el porcentaje de vehiculos pesados en el trafico y E_T son los vehículos ligeros equivalentes por un vehículo pesado en el tráfico.

El HCM distingue dos situaciones para la determinación de E_T, una correspondiente a terreno general y otra a subidas o bajadas específicas. El terreno general comprende tramos con pendientes y alineaciones que, aun presentando variaciones, no afectan de manera significativa al rendimiento operativo global, pudiendo clasificarse como terreno llano cuando los vehículos pesados pueden mantener velocidades similares a las de los automóviles ligeros —pendientes cortas inferiores al 2 %—, o como terreno ondulado cuando las pendientes obligan a los pesados a reducir su velocidad sin que ello suponga un funcionamiento a velocidades muy bajas durante una distancia prolongada. La Figura 45 recoge los valores de E_T según el tipo de terreno.

Vehiculos ligeros equivalentes	Tipo de terreno	
	Llano	Ondulado
E_T	2.0	3.0

Figura 45 Factor de vehículos ligeros equivalentes por tipo de terreno (Fuente Highway Capacity Manual)

Finalmente, este paso incluye la verificación de que la demanda ajustada no supere la capacidad disponible; si la relación entre el flujo equivalente por carril y la capacidad base excede la unidad, la demanda supera la capacidad y el nivel de servicio resultante es F, por lo que no es posible continuar con la metodología de análisis operativo.

5) Estimación de la velocidad y de la densidad: se realiza empleando las curvas de velocidad–capacidad del HCM. El manual establece que la velocidad de operación S permanece constante e igual a la velocidad de flujo libre mientras el flujo equivalente por hora y carril no supere un umbral dependiente de la curva correspondiente. Superado dicho valor, la velocidad se obtiene mediante la expresión

$$S = FFS - \frac{\left(FFS - \frac{c}{D_c}\right)\left(v_p - BP\right)^a}{(c - BP)^a}$$

Donde
$FFS = Velocidad\ de\ flujo\ libre$
$c = Capacidad\ del\ segmento\ básico$
$D_c = Densidad\ en\ capacidad\ con\ valor\ de\ 45\ [veh.lig.eq/mi/carril]$
$BP = Punto\ de\ cambio\ de\ tendencia$
$a = Parametro\ de\ calibración\ con\ valor\ de\ 2.00$

En la Figura 46 se presenta la gráfica de velocidad-capacidad en segmentos básicos de autovías presentada por el HCM en el capítulo 12.

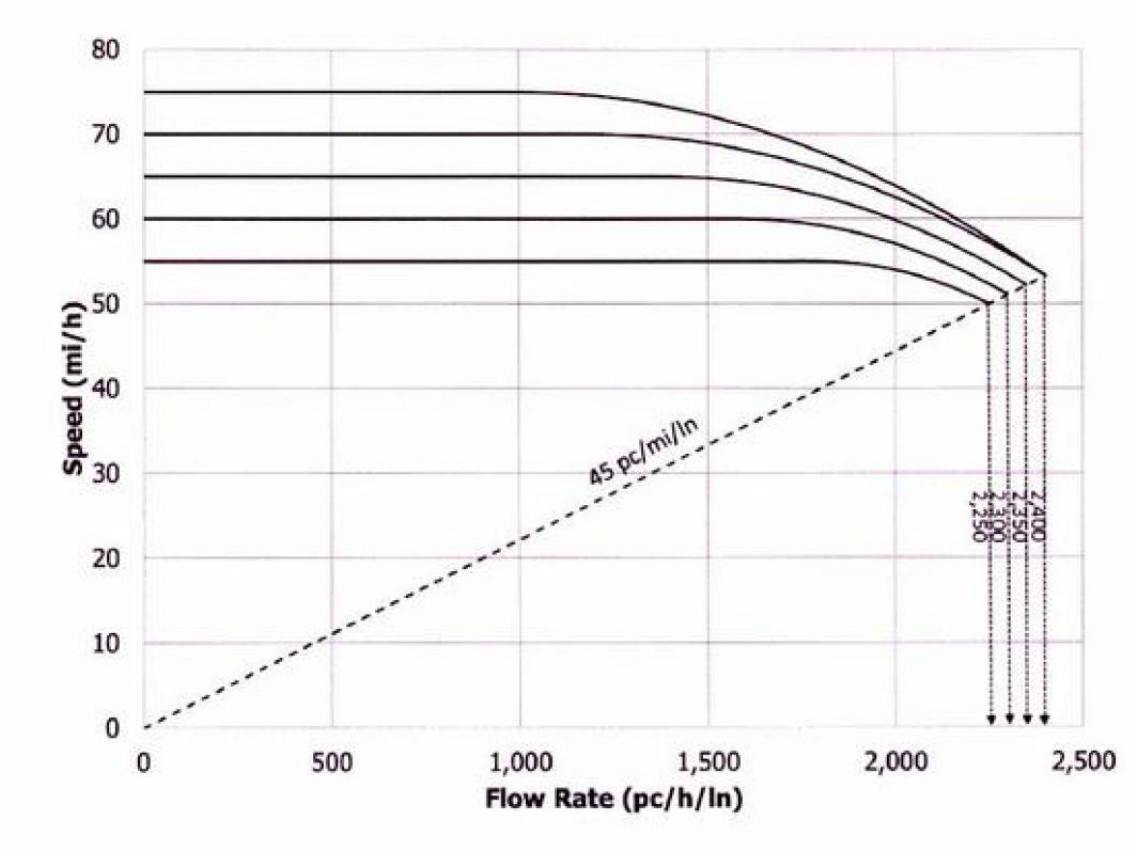

Figura 46 Curvas velocidad-capacidad en tramos básicos de autovías (Fuente Highway Capacity Manual)

Luego de la estimación de la velocidad, se calcula la densidad con la siguiente ecuación

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

Donde $v_p$es la demanda en vehículos ligeros equivalentes por carril y S es la velocidad en millar por hora.

6) Determinación del nivel de servicio (LOS): en tramos básicos de autopistas y carreteras multicarril se fundamenta en la densidad, dado que esta variable refleja directamente la proximidad entre vehículos y el grado de libertad de maniobra disponible para los conductores. A diferencia de la velocidad, que permanece prácticamente constante en amplios intervalos de caudal, la densidad presenta sensibilidad a variaciones de flujo en todo el espectro

operativo, lo que permite caracterizar de forma más precisa la calidad del servicio. El nivel de servicio A describe condiciones de flujo libre con total libertad de maniobra y elevada comodidad; el nivel de servicio B mantiene velocidades de flujo libre con ligeras restricciones; el nivel de servicio C presenta ya restricciones apreciables en los cambios de carril y en la libertad de maniobra; el nivel de servicio D evidencia una notable reducción de velocidad y un aumento acelerado de la densidad, con fuerte reducción del confort; el nivel de servicio E corresponde a la operación en capacidad, con un flujo extremadamente inestable y muy sensible a cualquier perturbación; finalmente, el nivel de servicio F identifica condiciones de flujo forzado y colapso, típicamente asociadas a cuellos de botella o situaciones en las que la demanda supera la capacidad disponible. La Figura 47 recoge los rangos de densidad establecidos por el HCM para cada nivel de servicio.

LOS	Density (pc/mi/ln)
A	≤11
B	>11–18
C	>18–26
D	>26–35
E	>35–45
F	Demand exceeds capacity OR density > 45

Figura 47 Rangos de densidad para cada nivel de servicio (Fuente Highway Capacity Manual)

6.3.4.1. Troncos de autovía A-7

Para iniciar el análisis se presentan los datos correspondientes a las estaciones de aforo ubicadas en la autovía A-7, junto con sus valores de Intensidad Media Diaria corregida, obtenidos en el apartado 6.3.2.1 y asumidos en este estudio como representativos de la intensidad del día medio. La Figura 48 recoge dichos valores para el conjunto del tramo analizado.

Estación de aforo	Intensidad del día medio											
	Calzada 1 (Sentido descendente del PK)				Calzada 2 (Sentido Ascendente del PK)				Total			
	IMD total	Ligeros	Pesados	%P	IMD total	Ligeros	Pesados	%P	IMD total	Ligeros	Pesados	%P
V-311-1	60765	44966	15799	26.0%	49716	36790	12926	26.0%	110481	81756	28725	26.0%
V-312-2	45816	35046	10770	23.5%	33177	25378	7799	23.5%	78993	60424	18569	23.5%

Figura 48 Intensidad del día medio autovía A-7 (Fuente Elaboración propia a partir de datos del mapa de tráfico de 2023 y 2024)

El análisis se desarrolla a partir de la intensidad del día medio, al considerarse que esta magnitud refleja de forma más representativa el comportamiento del tráfico habitual en la infraestructura. A partir de los datos de las estaciones de aforo se obtuvieron los porcentajes horarios correspondientes al día medio para las 24 horas. En la Figura 49 se presentan los porcentajes horarios asociados a la estación V-312-2, mientras que la Figura 50 y Figura 51 muestran la distribución horaria del tráfico en sentido Alicante–

Barcelona. De forma análoga, la Figura 53 y Figura 52 recoge la distribución horaria correspondiente al sentido Barcelona–Alicante.

GOBIERNO DE ESPAÑA — MINISTERIO DE FOMENTO — SECRETARÍA GENERAL DE INFRAESTRUCTURAS — DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS

INTENSIDADES HORARIAS MEDIAS EN LAS 24 HORAS DEL DIA MEDIO 202

Estacion: V-312-0 **Tipo de Datos:** Validados Mensual
Dia: Todos

Provincia: VALENCIA **Tipo:** PERMANENTE **Población:** CHIVA
Carretera: A-7 **PK:** 337,92 **Núm. Calzadas:** 2 **Conv. Carriles:** 3+3

Calzada: 1

Porcentajes Horarios

Carril	Tipo	L0	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15	L16	L17	L18	L19	L20	L21	L22	L23	IMD aprox
1	Ligeros	1,27	0,61	0,53	0,47	0,70	2,06	3,81	5,22	5,39	4,50	4,25	4,05	4,51	5,66	8,32	6,99	5,80	8,25	8,48	5,65	4,46	3,65	3,55	1,81	8.244
1	Pesados	1,46	1,41	1,51	1,86	1,90	3,09	4,61	5,98	6,61	6,96	6,44	6,16	6,03	5,86	5,19	5,56	6,14	5,86	4,95	3,90	3,18	2,30	1,52	1,52	8.278
1	Total	1,37	1,01	1,02	1,17	1,30	2,58	4,21	5,60	6,00	5,73	5,34	5,11	5,27	5,76	6,75	6,27	5,97	7,05	6,71	4,78	3,82	2,97	2,54	1,66	16.522
2	Ligeros	0,76	0,49	0,40	0,37	0,49	1,55	3,55	6,36	6,57	5,42	5,14	5,17	5,68	6,31	7,33	6,92	6,38	7,66	7,55	5,43	4,12	2,89	2,21	1,26	15.588
2	Pesados	0,47	0,58	0,68	0,79	0,79	1,62	4,03	7,12	7,96	8,12	6,55	7,54	7,96	7,91	6,50	6,23	5,97	6,44	5,08	2,72	1,68	1,89	0,68	0,68	1.909
2	Total	0,73	0,50	0,43	0,42	0,53	1,55	3,61	6,44	6,72	5,72	5,29	5,43	5,93	6,49	7,24	6,84	6,33	7,53	7,28	5,13	3,86	2,78	2,04	1,19	17.497
3	Ligeros	0,54	0,32	0,25	0,32	0,66	2,94	5,49	8,13	6,91	5,53	5,42	5,80	6,11	6,11	6,50	6,07	5,89	7,14	6,86	4,59	3,63	2,52	1,50	0,76	15.834
3	Pesados	0,40	0,52	0,36	0,28	0,44	1,27	3,42	8,94	9,22	7,43	6,36	6,71	7,35	8,30	7,83	6,79	6,44	6,12	4,49	2,58	1,99	1,31	0,75	0,72	2.517
3	Total	0,52	0,35	0,26	0,31	0,63	2,71	5,21	8,24	7,23	5,79	5,55	5,92	6,28	6,41	6,69	6,17	5,96	7,00	6,53	4,31	3,41	2,35	1,40	0,75	18.351
Todos	Ligeros	0,78	0,45	0,37	0,37	0,61	2,21	4,38	6,83	6,46	5,27	5,06	5,19	5,61	6,10	7,21	6,59	6,06	7,58	7,47	5,14	4,00	2,90	2,20	1,17	39.666
Todos	Pesados	1,10	1,11	1,16	1,39	1,44	2,51	4,29	6,74	7,33	7,23	6,44	6,48	6,58	6,65	5,91	5,90	6,17	6,00	4,88	3,46	2,72	2,04	1,24	1,24	12.704
Todos	Total	0,86	0,61	0,56	0,62	0,81	2,28	4,36	6,81	6,67	5,75	5,40	5,50	5,84	6,23	6,89	6,43	6,09	7,19	6,84	4,73	3,69	2,69	1,97	1,19	52.370

Figura 49 Porcentajes horarios de intensidades medias en las 24 horas del día medio en la calzada 1 de la estación V-312-0 (Fuente Mapa de tráfico 2024)

Tronco A-7 - Dirección Alicante-Barcelona - Estación V-312-2																										
Calzada 1	Porcentajes Horarios																									IMD aprox
Tipo	L0	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15	L16	L17	L18	L19	L20	L21	L22	L23		
Ligeros (%)	0.78	0.45	0.37	0.37	0.61	2.21	4.38	6.83	6.46	5.27	5.06	5.19	5.61	6.1	7.21	6.59	6.06	7.58	7.47	5.14	4	2.9	2.2	1.17		35046
Pesados (%)	1.1	1.11	1.16	1.39	1.44	2.51	4.29	6.74	7.33	7.23	6.44	6.48	6.58	6.65	5.91	5.9	6.17	6	4.88	3.46	2.72	2.04	1.24	1.24		10770
Total	0.86	0.61	0.56	0.62	0.81	2.28	4.36	6.81	6.67	5.75	5.4	5.5	5.84	6.23	6.89	6.43	6.09	7.19	6.84	4.73	3.69	2.69	1.97	1.19		45815
Tipo	Distribución horaria de vehiculos																									IMD aprox
Ligeros (Veh)	273	158	130	130	214	775	1535	2394	2264	1847	1773	1819	1966	2138	2527	2310	2124	2656	2618	1801	1402	1016	771	410		35046
Pesados (Veh)	118	120	125	150	155	270	462	726	789	779	694	698	709	716	636	635	664	646	526	373	293	220	134	134		10770
Total	392	277	255	279	369	1045	1997	3119	3053	2626	2467	2517	2675	2854	3163	2945	2788	3303	3143	2174	1695	1236	905	544		45815

Figura 50 Distribución horaria de vehículos para en dirección Alicante-Barcelona (Fuente Elaboración propia con datos procedentes del Mapa de tráfico 2024)

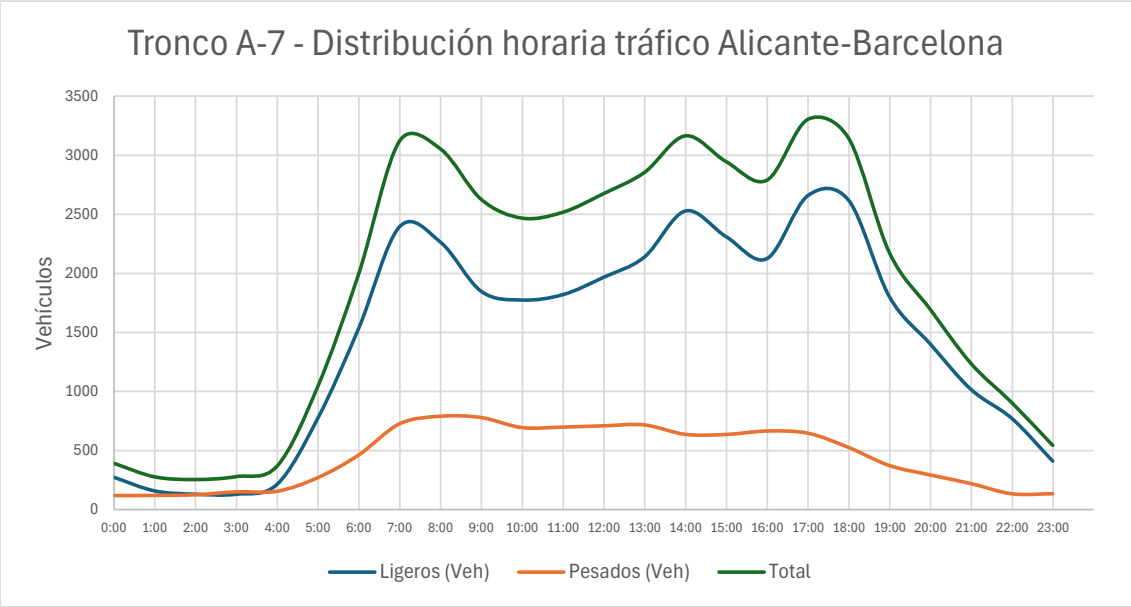

Figura 51 Distribución horaria del tráfico en sentido Alicante-Barcelona (Fuente Elaboración propia a partir de datos procedentes del Mapa de tráfico 2024)

Tronco A-7 - Dirección Barcelona-Alicante - Estación V-311-1																									
Calzada 2	Porcentajes Horarios																								IMD aprox
Tipo	L0	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15	L16	L17	L18	L19	L20	L21	L22	L23	
Ligeros (%)	1.08	0.75	0.64	0.53	0.68	1.74	3.89	6.21	6	5.59	5.56	6	6.06	6.29	6.8	6.21	5.7	6.42	6.7	5.47	4.29	3.28	2.64	1.47	36790
Pesados (%)	1.87	1.64	1.41	1.28	1.37	2.3	3.99	5.94	5.69	5.2	5.35	5.76	6.21	6.28	6.52	6.03	5.48	5.93	5.71	4.69	3.92	3.03	2.42	1.97	12926
Total	1.27	0.96	0.83	0.71	0.85	1.87	3.91	6.15	5.93	5.5	5.51	5.94	6.1	6.29	6.74	6.16	5.65	6.3	6.46	5.28	4.2	3.22	2.59	1.6	49717
Tipo	Distribución horaria de vehículos																								IMD aprox
Ligeros (Veh)	397	276	235	195	250	640	1431	2285	2207	2057	2046	2207	2229	2314	2502	2285	2097	2362	2465	2012	1578	1207	971	541	36790
Pesados (Veh)	242	212	182	165	177	297	516	768	736	672	692	745	803	812	843	779	708	767	738	606	507	392	313	255	12926
Total	639	488	418	360	427	937	1947	3053	2943	2729	2737	2952	3032	3126	3345	3064	2805	3128	3203	2619	2085	1598	1284	795	49717

Figura 52 Distribución horaria de vehículos para en dirección Barcelona-Alicante (Fuente Elaboración propia con datos procedentes del Mapa de tráfico 2024)

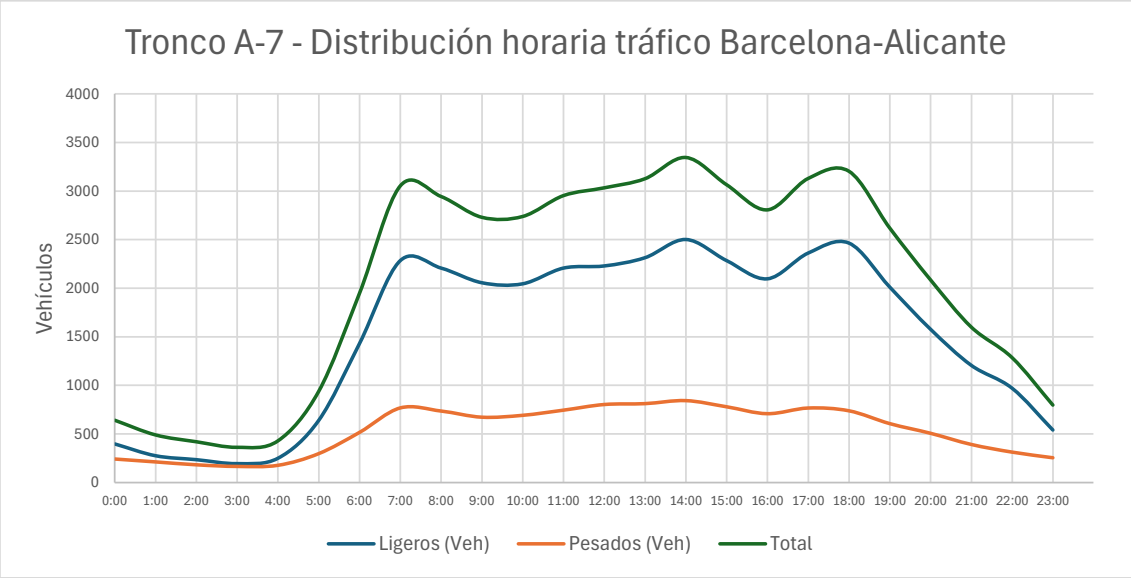

Figura 53 Distribución horaria del tráfico en sentido Barcelona-Alicante (Fuente Elaboración propia a partir de datos procedentes del Mapa de tráfico 2024)

A continuación, se procedió al ajuste de la velocidad de flujo libre. La velocidad base se adoptó igual a la velocidad de señalización, que en la calzada 1 es de 120 km/h (74.6 mi/h). El ajuste por ancho de carril supone una penalización de 1,9 mi/h, al encontrarse el ancho de carril comprendido entre 11 y 12 ft, mientras que el ajuste por ancho de arcén derecho resulta nulo, al ser superior a 6 ft. Asimismo, se analizó la densidad total de ramales en un tramo de 3 millas aguas arriba y 3 millas aguas abajo de cada estación de aforo, obteniéndose una densidad total de ramales (TRD) de 0.83 ramales/mi. Aplicando la ecuación definida en el apartado 6.3.2.2, se determinó la velocidad de flujo libre ajustada para la calzada 1 de la estación V-311-1. Este mismo procedimiento se

aplicó a la calzada 2 de dicha estación y a ambas calzadas de la estación V-312-2. Los resultados obtenidos se presentan de forma consolidada en la Figura 54.

	V-311-1		V-312-2	
	Calzada 1	Calzada 2	Calzada 1	Calzada 2
Velocidad base de flujo libre	74.6 [mi/h]	74.6 [mi/h]	74.6 [mi/h]	74.6 [mi/h]
Factor de ajuste ancho de carril	1.9 [mi/h]	1.9 [mi/h]	1.9 [mi/h]	1.9 [mi/h]
Factor de ajuste arcén derecho	0.0 [mi/h]	0.0 [mi/h]	0.0 [mi/h]	0.0 [mi/h]
Densidad de rampas	0.83 [Rampas/mi]	0.83 [Rampas/mi]	0.67 [Rampas/mi]	0.67 [Rampas/mi]
FFS	69.94 [mi/h]	69.94 [mi/h]	70.41 [mi/h]	70.41 [mi/h]

Figura 54 Factor para la determinación de la velocidad de flujo libre (FFS) en autovía A-7 (Fuente Elaboración propia)

En relación con el factor de hora punta (FHP), definido en el apartado 6.3.4, las estaciones situadas en la autovía A-7 disponen de este parámetro al tratarse de estaciones permanentes. Los valores del FHP se obtuvieron a partir del informe de coeficientes de aforo y están disponibles de forma diferenciada para cada calzada. La Figura 55 presenta los valores correspondientes utilizados en el análisis.

Factor de hora punta		
Estación	Calzada 1 (Sentido descendente del PK)	Calzada 2 (Sentido Ascendente del PK)
V-311-1	0.912	0.933
V-312-2	0.957	0.907

Figura 55 Factor de hora punta para cada calzada de la autovía A-7 (Fuente Mapa de Tráfico 2024)

Adicionalmente, el análisis en Freeval se realiza en intervalos de 15 minutos, mientras que las estaciones de aforo proporcionan los datos de tráfico agregados a nivel horario. Para efectuar la conversión de la intensidad horaria a intensidades correspondientes a intervalos de 15 minutos se emplea la definición del factor de hora punta (FHP). Este factor representa la variación del flujo de tráfico dentro de una hora y se define mediante la siguiente expresión [11]:

$$FHP = \frac{V_h}{4 * V_{15\,max}}$$

Donde V_h representa el volumen horario de tráfico y $V_{15\,max}$ corresponde al volumen registrado en el intervalo de 15 minutos de mayor intensidad. A partir de esta relación, y conociendo el valor del FHP, es posible determinar el volumen de tráfico correspondiente al intervalo de 15 minutos de mayor demanda:

$$V_{15\,max} = \frac{V_h}{4 * FHP}$$

Una vez determinado el volumen del intervalo de 15 minutos de mayor intensidad y conocido el volumen total de tráfico durante la hora, se procede a la estimación de los volúmenes correspondientes al resto de intervalos de 15 minutos. Para este análisis se definen los intervalos segundo y tercero como el volumen horario dividido entre cuatro, mientras que el último intervalo se obtiene como la diferencia entre el volumen horario total y la suma de los tres intervalos previamente definidos, con el objetivo de mantener la consistencia con los datos horarios disponibles. La Figura 56 y Figura 57 presentan los resultados obtenidos para la calzada 2, en sentido Barcelona–Alicante, y para la calzada 1, en sentido Alicante–Barcelona, respectivamente.

Tronco A-7 - Dirección Barcelona-Alicante - Estación V-311-1																									
Calzada 2	Porcentajes Horarios																								IMD aprox
Tipo	L0	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15	L16	L17	L18	L19	L20	L21	L22	L23	
Ligeros (%)	1.08	0.75	0.64	0.53	0.68	1.74	3.89	6.21	6	5.59	5.56	6	6.06	6.29	6.8	6.21	5.7	6.42	6.7	5.47	4.29	3.28	2.64	1.47	36790
Pesados (%)	1.87	1.64	1.41	1.28	1.37	2.3	3.99	5.94	5.69	5.2	5.35	5.76	6.21	6.28	6.52	6.03	5.48	5.93	5.71	4.69	3.92	3.03	2.42	1.97	12926
Total	1.27	0.96	0.83	0.71	0.85	1.87	3.91	6.15	5.93	5.5	5.51	5.94	6.1	6.29	6.74	6.16	5.65	6.3	6.46	5.28	4.2	3.22	2.59	1.6	49717
Tipo	Distribución horaria de vehiculos																								IMD aprox
Ligeros (Veh)	397	276	235	195	250	640	1431	2285	2207	2057	2046	2207	2229	2314	2502	2285	2097	2362	2465	2012	1578	1207	971	541	36790
Pesados (Veh)	242	212	182	165	177	297	516	768	736	672	692	745	803	812	843	779	708	767	738	606	507	392	313	255	12926
Total	639	488	418	360	427	937	1947	3053	2943	2729	2737	2952	3032	3126	3345	3064	2805	3128	3203	2619	2085	1598	1284	795	49717

H1 (Max)	171	131	112	97	114	251	522	818	789	731	733	791	812	838	896	821	752	838	858	702	559	428	344	213	13322
H2	160	122	104	90	107	234	487	763	736	682	684	738	758	781	836	766	701	782	801	655	521	400	321	199	12429
H3	160	122	104	90	107	234	487	763	736	682	684	738	758	781	836	766	701	782	801	655	521	400	321	199	12429
H4	148	113	97	84	99	218	452	708	683	633	635	685	704	725	776	711	651	726	743	608	484	371	298	185	11536
																								Total	**49717**

Figura 56 Distribución del tráfico en intervalos de 15 minutos en dirección Barcelona-Alicante (Fuente Elaboración propia con datos procedentes del Mapa de tráfico 2024)

Tronco A-7 - Dirección Alicante-Barcelona - Estación V-312-2																									
Calzada 1	Porcentajes Horarios																								IMD aprox
Tipo	L0	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15	L16	L17	L18	L19	L20	L21	L22	L23	
Ligeros (%)	0.78	0.45	0.37	0.37	0.61	2.21	4.38	6.83	6.46	5.27	5.06	5.19	5.61	6.1	7.21	6.59	6.06	7.58	7.47	5.14	4	2.9	2.2	1.17	35046
Pesados (%)	1.1	1.11	1.16	1.39	1.44	2.51	4.29	6.74	7.33	7.23	6.44	6.48	6.58	6.65	5.91	5.9	6.17	6	4.88	3.46	2.72	2.04	1.24	1.24	10770
Total	0.86	0.61	0.56	0.62	0.81	2.28	4.36	6.81	6.67	5.75	5.4	5.5	5.84	6.23	6.89	6.43	6.09	7.19	6.84	4.73	3.69	2.69	1.97	1.19	45815
Tipo	Distribución horaria de vehiculos																								IMD aprox
Ligeros (Veh)	273	158	130	130	214	775	1535	2394	2264	1847	1773	1819	1966	2138	2527	2310	2124	2656	2618	1801	1402	1016	771	410	35046
Pesados (Veh)	118	120	125	150	155	270	462	726	789	779	694	698	709	716	636	635	664	646	526	373	293	220	134	134	10770
Total	392	277	255	279	369	1045	1997	3119	3053	2626	2467	2517	2675	2854	3163	2945	2788	3303	3143	2174	1695	1236	905	544	45815

H1 (Max)	102	72	67	73	96	273	522	815	798	686	644	657	699	746	826	769	728	863	821	568	443	323	236	142	11972
H2	98	69	64	70	92	261	499	780	763	656	617	629	669	713	791	736	697	826	786	543	424	309	226	136	11458
H3	98	69	64	70	92	261	499	780	763	656	617	629	669	713	791	736	697	826	786	543	424	309	226	136	11455
H4	94	66	61	67	88	249	477	745	729	627	589	601	639	681	755	703	666	789	751	519	405	295	216	130	10940
																								Total	**45825**

Figura 57 Distribución del tráfico en intervalos de 15 minutos en dirección Alicante-Barcelona (Fuente Elaboración propia con datos procedentes del Mapa de tráfico 2024)

6.3.4.2. Troncos de autovía A-3

En la Figura 58 se presentan los datos correspondientes a las estaciones de aforo V-213-2 y V-337-2, ubicadas en la autovía A-3, junto con los valores de Intensidad Media

Diaria desagregados por calzada, que se emplean como referencia para el análisis del tráfico en este tramo.

Estación de aforo	Intensidad del día medio											
	Calzada 1 (Sentido descendente del PK)				Calzada 2 (Sentido Ascendente del PK)				Total			
	IMD total	Ligeros	Pesados	%P	IMD total	Ligeros	Pesados	%P	IMD total	Ligeros	Pesados	%P
V-213-2	36903	26213	10690	29.0%	39023	36456	2567	6.6%	75926	62669	13257	17.5%
V-337-2	36585	29000	7585	20.7%	34249	26618	7631	22.3%	70834	55618	15216	21.5%

Figura 58 Intensidad media diaria autovía A-3 (Fuente Elaboración propia a partir de datos del mapa de tráfico de 2024)

De forma análoga a lo expuesto en el apartado anterior, a partir de los informes de las estaciones de aforo se obtuvo la distribución horaria del tráfico correspondiente al día medio. Los resultados se presentan, para cada estación y calzada, en las Figuras 57 y 58 para el tráfico en sentido Madrid–Valencia, y en las Figuras 59 y 60 para el tráfico en sentido Valencia–Madrid.

Tronco A-3 - Dirección Madrid-Valencia - Estación V-213-2																									
Calzada 2	**Porcentajes Horarios**																								**IMD aprox**
Tipo	**L0**	**L1**	**L2**	**L3**	**L4**	**L5**	**L6**	**L7**	**L8**	**L9**	**L10**	**L11**	**L12**	**L13**	**L14**	**L15**	**L16**	**L17**	**L18**	**L19**	**L20**	**L21**	**L22**	**L23**	
Ligeros (%)	0.46	0.23	0.14	0.2	0.67	1.9	3.18	6.62	6.68	5.95	5.45	5.48	5.72	6.56	6.73	5.92	6.08	7.23	7.49	5.98	4.58	3.47	2.24	1.03	36456
Pesados (%)	0.62	0.27	0.23	0.27	0.47	1.09	2.73	5.61	6.16	6	5.57	5.92	6.54	6.93	7.36	7.36	7.91	8.26	7.67	5.26	3.62	2.38	1.01	0.74	2567
Total	0.47	0.23	0.15	0.21	0.66	1.84	3.15	6.56	6.65	5.95	5.46	5.51	5.78	6.59	6.77	6.01	6.2	7.3	7.51	5.93	4.52	3.4	2.16	1.01	39023
Tipo	**Distribución horaria de vehículos**																								**IMD aprox**
Ligeros (Veh)	168	83.8	51	72.9	244	693	1159	2413	2435	2169	1987	1998	2085	2392	2453	2158	2217	2636	2731	2180	1670	1265	817	375	36456
Pesados (Veh)	15.9	6.93	5.9	6.93	12.1	28	70.1	144	158	154	143	152	168	178	189	189	203	212	197	135	92.9	61.1	25.9	19	2567
Total	184	90.8	56.9	79.8	256	721	1229	2557	2593	2323	2130	2150	2253	2569	2642	2347	2420	2848	2927	2315	1763	1326	843	394	39023

H1 (Max)	48	24	15	21	67	190	324	673	682	611	560	566	593	676	695	618	637	749	770	609	464	349	222	104	10269
H2	46	23	14	20	64	180	307	639	648	581	532	537	563	642	661	587	605	712	732	579	441	332	211	99	9756
H3	46	23	14	20	64	180	307	639	648	581	532	537	563	642	661	587	605	712	732	579	441	332	211	99	9756
H4	43	22	13	19	61	171	291	606	614	550	504	509	534	609	626	556	573	674	693	548	417	314	200	93	9242
																								Total	**39023**

Figura 59 Distribución horaria y en intervalos de 15 minutos de vehículos para en dirección Madrid-Valencia (Fuente Elaboración propia con datos procedentes del Mapa de tráfico 2024)

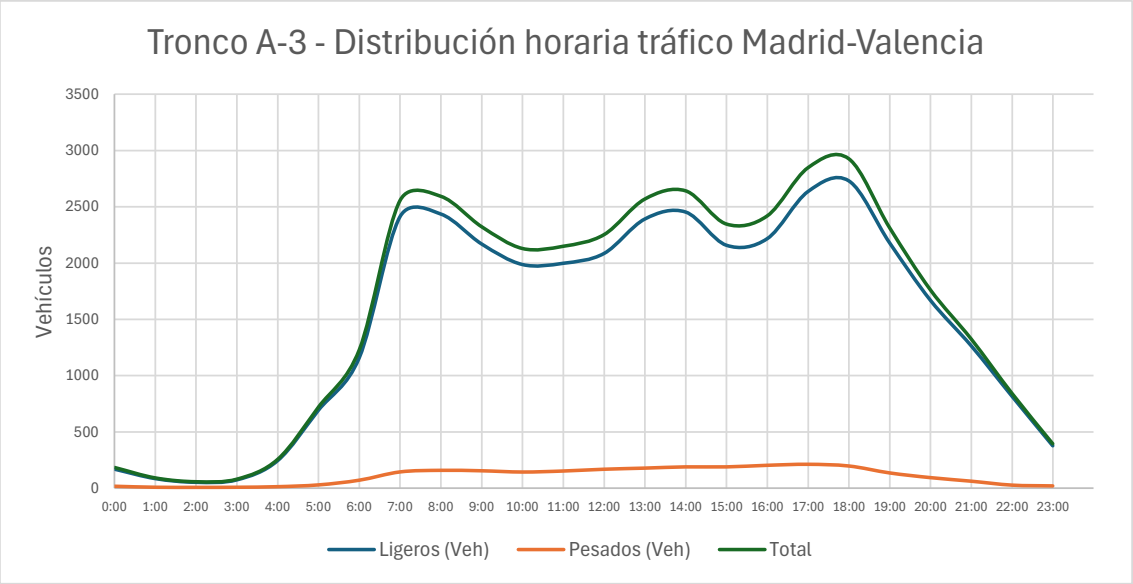

Figura 60 Distribución horaria del tráfico en sentido Madrid-Valencia (Fuente Elaboración propia a partir de datos procedentes del Mapa de tráfico 2024)

Tronco A-3 - Dirección Valencia-Madrid - Estación V-337-2																									
Calzada 1	**Porcentajes Horarios**																								**IMD aprox**
Tipo	**L0**	**L1**	**L2**	**L3**	**L4**	**L5**	**L6**	**L7**	**L8**	**L9**	**L10**	**L11**	**L12**	**L13**	**L14**	**L15**	**L16**	**L17**	**L18**	**L19**	**L20**	**L21**	**L22**	**L23**	
Ligeros (%)	0.48	0.25	0.2	0.25	0.47	1.99	4.09	7.87	7.8	6.76	5.52	5.2	5.18	6.01	6.85	6.27	5.77	6.99	7.11	5.11	3.54	2.8	2.33	1.14	29000
Pesados (%)	1.09	1.03	1.05	0.99	1	1.4	2.87	5.33	6.08	7.09	6.67	7.07	7.21	6.95	6.22	6.57	7.15	6.53	5.31	4.1	3.34	2.35	1.44	1.17	7585
Total	0.61	0.41	0.37	0.4	0.58	1.87	3.84	7.34	7.45	6.83	5.76	5.59	5.6	6.21	6.72	6.33	6.06	6.89	6.74	4.9	3.5	2.71	2.14	1.15	36585
Tipo	**Distribución horaria de vehiculos**																								**IMD aprox**
Ligeros (Veh)	139	72.5	58	72.5	136	577	1186	2282	2262	1960	1601	1508	1502	1743	1987	1818	1673	2027	2062	1482	1027	812	676	331	29000
Pesados (Veh)	82.7	78.1	79.6	75.1	75.9	106	218	404	461	538	506	536	547	527	472	498	542	495	403	311	253	178	109	88.7	7585
Total	222	151	138	148	212	683	1404	2687	2723	2498	2107	2044	2049	2270	2458	2317	2216	2522	2465	1793	1280	990	785	419	36585

H1 (Max)	58	40	36	39	56	180	369	707	717	657	554	538	539	597	647	610	583	664	649	472	337	261	207	110	9631
H2	55	38	34	37	53	171	351	672	681	625	527	511	512	568	615	579	554	631	616	448	320	248	196	105	9145
H3	55	38	34	37	53	171	351	672	681	625	527	511	512	568	615	579	554	631	616	448	320	248	196	105	9145
H4	53	36	33	35	50	162	332	636	645	592	499	484	485	538	582	549	525	597	584	425	303	235	186	99	8664
																								Total	**36585**

Figura 61 Distribución horaria y en intervalos de 15 minutos de vehículos para en dirección Valencia-Madrid (Fuente Elaboración propia con datos procedentes del Mapa de tráfico 2024)

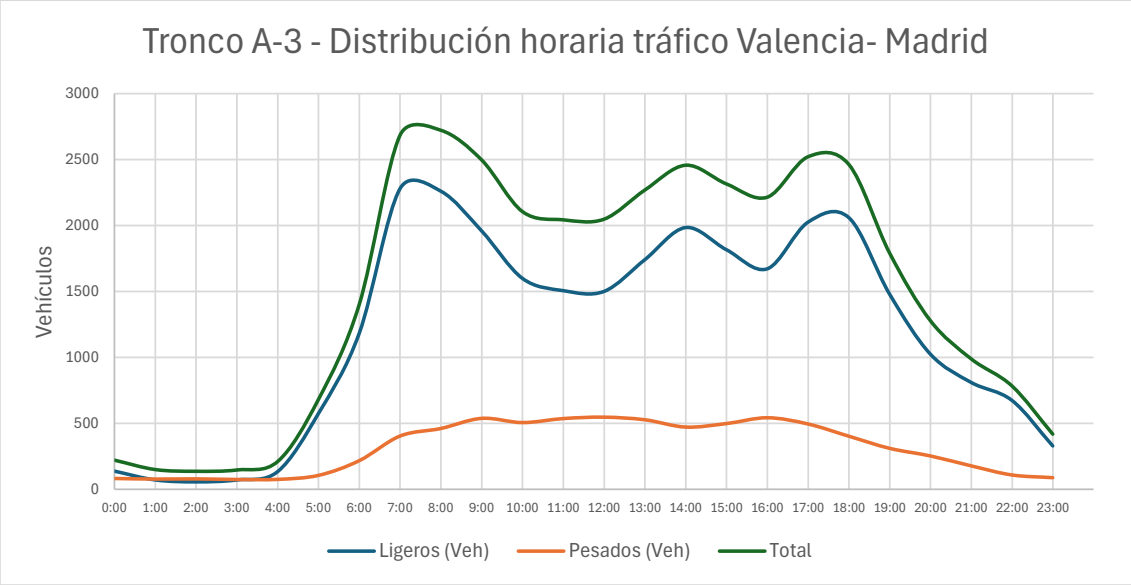

Figura 62 Distribución horaria del tráfico en sentido Valencia-Madrid (Fuente Elaboración propia a partir de datos procedentes del Mapa de tráfico 2024)

A continuación, se procedió al ajuste de la velocidad de flujo libre para cada una de las calzadas analizadas, aplicando el mismo procedimiento descrito en el apartado 6.3.4.1. Los valores resultantes de la velocidad de flujo libre ajustada se presentan de forma consolidada en la Figura 63.

	V-213-2		V-337-2	
	Calzada 1	Calzada 2	Calzada 1	Calzada 2
Velocidad base de flujo libre	62.1 [mi/h]	62.1 [mi/h]	62.1 [mi/h]	62.1 [mi/h]
Factor de ajuste ancho de carril	1.9 [mi/h]	1.9 [mi/h]	1.9 [mi/h]	1.9 [mi/h]
Factor de ajuste arcén derecho	0.0 [mi/h]	0.0 [mi/h]	0.0 [mi/h]	0.0 [mi/h]
Densidad de rampas	1.67 [Rampas/mi]	1.50 [Rampas/mi]	1.67 [Rampas/mi]	1.67 [Rampas/mi]
FFS	55.28 [mi/h]	55.70 [mi/h]	55.28 [mi/h]	55.28 [mi/h]

Figura 63 Factor para la determinación de la velocidad de flujo libre (FFS) en autovía A-3 (Fuente Elaboración propia)

Respecto al factor de hora punta (FHP), estas estaciones, al no ser permanentes sino secundarias, no disponen de dicho parámetro en sus informes de coeficientes. No obstante, se adopta un valor de FHP igual a 0.95, conforme a la recomendación del Highway Capacity Manual (HCM) y en coherencia con los valores registrados en las estaciones permanentes de la autovía A-7, que se sitúan en el intervalo comprendido entre 0.91 y 0.96.

6.3.4.3. Ramales

Para los ramales, la velocidad de flujo libre se adoptó como la velocidad señalizada en cada uno de ellos, tal como se indicó en el apartado 5.2, “Ramales del enlace”. En cuanto al factor de hora punta, se utilizó el correspondiente a la calzada base, que es la misma calzada empleada para extrapolar los valores obtenidos en los aforos manuales y determinar el tráfico a lo largo de las 24 horas del día. Posteriormente, y a partir de este valor de factor de hora punta, se aplicó el mismo procedimiento descrito para los troncos de autovía, con el fin de identificar el intervalo de 15 minutos de mayor volumen de tráfico y calcular los restantes intervalos. Adicionalmente, para la incorporación de los datos en el software, se sumaron los flujos de aquellos ramales que comparten un mismo acceso, es decir, el acceso a la vía colectora.

6.4. Modelo

El análisis de la capacidad, el nivel de servicio y el comportamiento operativo de infraestructuras viarias de alta capacidad requiere el empleo de herramientas que permitan modelizar de forma coherente la interacción entre la geometría de la vía, la demanda de tráfico y las condiciones de explotación. En este contexto, para el desarrollo del presente trabajo se emplea el software FREEVAL 2015e, un motor computacional específicamente concebido para la evaluación operacional de instalaciones de autopistas y autovías conforme a la metodología establecida en el Highway Capacity Manual (HCM).

FREEVAL (FREeway EVALuation) 2015e es una herramienta informática diseñada para implementar de manera fiel los procedimientos de análisis recogidos en los capítulos 10 y 11 de la 6.ª edición del HCM, relativos al análisis de instalaciones de autopistas y a la

evaluación de su confiabilidad. El software integra, además, los métodos específicos definidos en los capítulos 12, 13 y 14 para el tratamiento de segmentos básicos, segmentos de entrelazamiento y segmentos de convergencia y divergencia, permitiendo analizar de forma conjunta tramos subsaturados y sobresaturados mediante la descomposición de la infraestructura en segmentos homogéneos y su evaluación en intervalos discretos de 15 minutos.

Aunque FREEVAL fue desarrollado originalmente en el contexto normativo y operativo de Estados Unidos, su aplicación en el ámbito español es técnicamente viable siempre que se realice una adecuada adaptación de los datos de entrada y de los supuestos de partida. En particular, la estructura metodológica del HCM es compatible con el análisis funcional de autovías españolas, ya que se basa en principios universales de flujo, capacidad, densidad y propagación de la congestión. No obstante, resulta necesario ajustar parámetros como las velocidades de flujo libre, las capacidades efectivas, la composición del tráfico pesado y las características geométricas a los valores observados en la red viaria española, garantizando así la coherencia entre el modelo y las condiciones reales de explotación.

Para la correcta aplicación del modelo es necesario definir un conjunto de datos de entrada que caractericen tanto la infraestructura como la demanda de tráfico y las condiciones externas que pueden afectar a la operación. En concreto, el análisis requiere información detallada sobre la geometría de la infraestructura, los volúmenes de tráfico considerados, determinados parámetros asociados a la localización geográfica —en particular aquellos relacionados con el clima, relevantes para el análisis de la accidentalidad— y, finalmente, datos relativos a la accidentalidad. Cada uno de estos conjuntos de información se desarrolla de forma específica en los apartados siguientes.

6.4.1. Geometría

En los apartados 5. Situación actual y 6.2.2 Características básicas se ha desarrollado la descripción detallada de las principales características geométricas de los tramos objeto de estudio, correspondientes a la autovía A-7 entre los PK 331+200 y 338+850 y a la autovía A-3 entre los PK 337+342 y 341+550, considerando ambos sentidos de circulación. Dicha caracterización constituye la base para la correcta definición del modelo en FREEVAL, dado que la geometría de la infraestructura condiciona de forma directa la capacidad, las velocidades de circulación y el comportamiento operativo de los distintos segmentos analizados.

En la Figura 18 se presentan las longitudes de los tramos considerados en el análisis, así como los puntos kilométricos de inicio y fin de cada uno de ellos, permitiendo identificar con precisión la extensión espacial del modelo. La Figura 19 recoge las características de la sección transversal correspondientes a los troncos de autovía, mientras que la Figura 20 incluye la definición de la sección transversal en todos los ramales asociados a los enlaces analizados. Por su parte, en la Figura 23 se muestran los segmentos definidos para cada calzada de las autovías A-7 y A-3, incluyendo tramos básicos, ramal de entrada y ramal de salida, de acuerdo con los criterios de segmentación establecidos por la metodología del HCM y necesarios para su implementación en el software FREEVAL.

La información geométrica descrita en este apartado se utiliza directamente como base para la definición del modelo en FREEVAL, asegurando que la representación analítica

de la infraestructura sea coherente con sus características reales. Con ello se completa la caracterización geométrica necesaria para el análisis, sobre la que se incorporan a continuación los restantes parámetros del modelo.

6.4.2. Geografía

El software FREEVAL tiene en cuenta la ubicación geográfica del ámbito de estudio como elemento clave para la caracterización de las condiciones climáticas, integrándolas dentro del análisis de confiabilidad con el objetivo de incorporar la influencia de la meteorología en el comportamiento operativo de la infraestructura a lo largo del año. En este sentido, el modelo requiere la definición de las probabilidades mensuales de ocurrencia de distintos tipos de eventos climáticos, tales como lluvia de diversa intensidad, episodios de nieve o condiciones de visibilidad reducida, siguiendo las categorías establecidas por la metodología del HCM e implementadas en FREEVAL.

Con el fin de facilitar esta tarea, el software dispone de una base de datos meteorológica histórica de diez años correspondiente a 96 áreas metropolitanas de Estados Unidos, que permite asignar de forma directa un patrón climático representativo al tramo analizado. Dado que el ámbito de estudio se localiza fuera de Estados Unidos, se procedió a identificar, dentro de dicha base de datos, el área metropolitana que presentara condiciones climáticas más próximas a las de la zona de estudio. Para ello se priorizaron criterios como la variación anual de la temperatura, el régimen de precipitaciones y la localización en un entorno costero.

Atendiendo a estos criterios, se seleccionó el área metropolitana de Los Ángeles (California) como referencia climática para el análisis, al presentar un comportamiento térmico y pluviométrico comparable al del entorno de Valencia, con temperaturas máximas en los meses de julio y agosto en torno a los 29 °C y valores mínimos próximos a 9 °C en el mes de diciembre. En la Figura 64 se comparan los valores climáticos medios de Valencia y del área metropolitana de Los Ángeles, utilizados como base para la definición de los parámetros climáticos del modelo.

	Enero			Febrero			Marzo			Abril			Mayo			Junio			Julio			Agosto			Septiembre			Octubre			Noviembre			Diciembre		
	Máx °C	Mín °C	Días lluvia	Máx °C	Mín °C	Días lluvia	Máx °C	Mín °C	Días lluvia	Máx °C	Mín °C	Días lluvia	Máx °C	Mín °C	Días lluvia	Máx °C	Mín °C	Días lluvia	Máx °C	Mín °C	Días lluvia	Máx °C	Mín °C	Días lluvia	Máx °C	Mín °C	Días lluvia	Máx °C	Mín °C	Días lluvia	Máx °C	Mín °C	Días lluvia	Máx °C	Mín °C	Días lluvia
Los Ángeles, California, U.S.A.	20	10	4	21	10	5	21	11	4	23	13	2	24	15	0	26	17	0	29	18	0	29	19	0	29	18	0	26	16	1	23	12	2	20	9	3
Valencia, España	16	5	2	17	6	2	19	8	3	21	10	4	24	13	3	28	18	2	31	21	0	31	21	1	28	18	3	24	14	3	19	9	3	17	6	3

Figura 64 Temperaturas máximas, mínimas y días de lluvia mensuales en promedio para Los Ángeles, CA y Valencia, España (Fuente Elaboración propia a partir de datos de National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA [12]*)*

6.4.3. Accidentalidad

El análisis de la accidentalidad constituye uno de los elementos necesarios para la configuración del modelo de confiabilidad en FREEVAL, al permitir representar las perturbaciones no recurrentes asociadas a accidentes u otros incidentes inesperados que afectan al funcionamiento de la infraestructura. En este sentido, el software requiere la caracterización de la frecuencia de ocurrencia de estos eventos, dado que los incidentes asociados a la accidentalidad representan uno de los principales factores de degradación de la confiabilidad del viaje. La metodología implementada en FREEVAL

permite introducir esta información de forma flexible, ya sea a partir de registros históricos específicos de la infraestructura analizada o mediante procedimientos de estimación cuando la disponibilidad de datos es limitada.

Para el presente estudio, la caracterización de la accidentalidad se ha realizado a partir del fichero de microdatos de accidentes con víctimas correspondiente al año 2024, publicado por la Dirección General de Tráfico (DGT)[13]. Mediante el filtrado de la base de datos por tipo de vía y por los puntos kilométricos que delimitan el ámbito de estudio, se identificaron los accidentes con víctimas ocurridos en los tramos analizados de las autovías A-3 y A-7.

Durante el año 2024 se registraron un total de 29 accidentes con víctimas en la zona de estudio. De ellos, 12 accidentes tuvieron lugar en la autovía A-3, de los cuales 10 se produjeron en el sentido ascendente del punto kilométrico, correspondiente a la dirección Madrid–Valencia, y 2 en el sentido descendente. En la autovía A-7 se registraron 17 accidentes, de los cuales 10 se localizaron en el sentido ascendente del punto kilométrico, en dirección Barcelona–Alicante, y 7 en el sentido descendente.

El análisis temporal de los accidentes pone de manifiesto una mayor concentración de sucesos en los meses de julio y agosto, así como en el periodo comprendido entre noviembre y diciembre, lo que sugiere una posible relación con incrementos estacionales de la demanda y con condiciones específicas de circulación. En la Figura 65 se representa la distribución mensual de los accidentes por calzada, mientras que en la Figura 66 se muestra la frecuencia mensual de accidentes obtenida a partir de los datos analizados, utilizada como referencia para la definición de los parámetros de accidentalidad en el modelo.

Siniestros con Victimas - 2024												
Calzada	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
A-3 Ascendente	1	0	0	2	0	0	1	1	1	0	2	2
A-3 Descendente	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
A-7 Ascendente	0	0	2	0	0	1	3	1	1	0	1	1
A-7 Descendente	0	1	0	1	1	0	0	1	0	2	1	0

Figura 65 Siniestros con víctimas en la zona de estudio, año 2024 (Fuente Elaboración propia a partir de fichero de microdatos de accidentes con víctimas de la dirección General de tráfico DGT [13]*)*

Frecuencia de accidentes - 2024												
Calzada	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
A-3 Ascendente	0.05	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.05	0.05	0.05	0.00	0.10	0.10
A-3 Descendente	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
A-7 Ascendente	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00	0.07	0.20	0.07	0.07	0.00	0.07	0.07
A-7 Descendente	0.00	0.07	0.00	0.07	0.07	0.00	0.00	0.07	0.00	0.13	0.07	0.00

Figura 66 Frecuencia de accidentes en la zona de estudio, año 2024 (Fuente Elaboración propia a partir de fichero de microdatos de accidentes con víctimas de la dirección General de tráfico DGT[13]*)*

6.4.4. Análisis de confiabilidad de Freeval 2015e

El análisis de confiabilidad en FREEVAL-2015e constituye una extensión directa de la metodología del Highway Capacity Manual que permite evaluar el comportamiento operativo de una autopista más allá de un único período de estudio. A diferencia del análisis tradicional, centrado en condiciones medias o puntuales, este enfoque incorpora la variabilidad inherente a la operación del tráfico a lo largo de un período extenso, habitualmente un año completo, con el objetivo de cuantificar la incertidumbre asociada a los tiempos de viaje y al desempeño global de la infraestructura[14].

El procedimiento se basa en la generación de escenarios estocásticos, construidos a partir de un archivo semilla que representa las condiciones base de un día tipo. A partir de este archivo, FREEVAL combina de forma probabilística los distintos factores que afectan a la operación —demanda, condiciones climáticas y eventos no recurrentes— para generar un conjunto amplio de escenarios representativos del comportamiento anual de la instalación [14]. En el caso de los días laborables, el software genera 240 escenarios, cada uno correspondiente a un día distinto con condiciones operativas específicas.

En el presente estudio, el análisis de confiabilidad se ha limitado a días laborables, considerando el conjunto completo de los 240 escenarios generados por el modelo. A partir de ellos, se ha seleccionado el escenario más desfavorable como referencia para la presentación de resultados, al representar las condiciones de operación más exigentes desde el punto de vista de la confiabilidad y el desempeño del tráfico. Los resultados se presentan para las cuatro calzadas analizadas y a lo largo de las 24 horas del día, de acuerdo con el planteamiento metodológico descrito en los apartados anteriores, sirviendo de base para la interpretación y discusión que se desarrolla en el capítulo de resultados.

6.5. Resultados obtenidos de Freeval

Este capítulo presenta los resultados del análisis de confiabilidad realizado para la instalación objeto de estudio, con el objetivo de evaluar la variabilidad esperada en su desempeño operacional a lo largo de un año típico de explotación. El procedimiento se ha desarrollado conforme a la metodología establecida en el Capítulo 11 del Highway Capacity Manual, empleando el software FREEVAL-2015e como herramienta de cálculo. A partir de un archivo semilla previamente calibrado, se generó un conjunto de escenarios estocásticos que incorporan de forma conjunta la variabilidad en la demanda de tráfico, la ocurrencia de incidentes y los efectos de las condiciones climáticas, permitiendo aproximar el comportamiento de la infraestructura desde la perspectiva del conductor medio.

De acuerdo con lo expuesto en el apartado anterior, el análisis de confiabilidad se ha aplicado de forma independiente a cada una de las cuatro calzadas consideradas en el estudio, correspondientes a la autovía A-7 entre los PK 331+200 y 338+850 y a la autovía A-3 entre los PK 337+342 y 341+550. Para cada calzada se definió un modelo específico en FREEVAL, generándose un total de 240 escenarios de días laborables por modelo. En los inputs del software se introdujo la segmentación de cada calzada, caracterizando individualmente los distintos elementos que la componen. En tres de las cuatro calzadas analizadas, la secuencia de modelización responde a una configuración tipo formada por un tramo básico inicial, un ramal de salida, un tramo básico intermedio, un ramal de entrada y un tramo básico final, configuración que se ve simplificada gracias a la presencia de vías colectoras.

La calzada correspondiente a la autovía A-3 en sentido Valencia–Madrid presenta una configuración distinta, debido a que el acceso a la vía colectora se produce con anterioridad al enlace con la CV-374. En este caso, el modelo se estructura a partir de un tramo básico inicial, seguido de un ramal de salida, un tramo básico, dos ramales de entrada consecutivas y un tramo básico final, reflejando con mayor precisión la geometría y la disposición real de los accesos en dicho sentido.

Para la presentación y análisis de los resultados se ha seleccionado, en cada uno de los modelos, el escenario más desfavorable generado por FREEVAL, al representar las condiciones de operación más exigentes desde el punto de vista de la confiabilidad. Los resultados obtenidos para dicho escenario se analizan a continuación atendiendo a los principales indicadores de desempeño del tráfico.

6.5.1. Niveles de servicio

Para la evaluación de los niveles de servicio, el software FREEVAL calcula el nivel de servicio de forma individualizada para cada segmento y para cada intervalo temporal de análisis, correspondiente a períodos de 15 minutos a lo largo de las 24 horas del día. Dado que los resultados que se presentan corresponden al escenario más desfavorable seleccionado entre los 240 escenarios generados para cada calzada, los niveles de servicio obtenidos son coherentes con la metodología de análisis de confiabilidad implementada en FREEVAL, al representar las condiciones operativas más exigentes dentro del conjunto de escenarios posibles.

La Figura 67 muestra los resultados de la calzada correspondiente a la autovía A-7 en sentido Barcelona–Alicante, donde el código de colores indica que todos los segmentos operan entre el nivel A y C. Este resultado se explica por el hecho de que, incluso bajo el escenario más desfavorable, la densidad de tráfico, parámetro fundamental para la determinación del nivel de servicio en instalaciones de autopistas según el HCM, se mantiene en todo momento dentro del rango asociado a dichos niveles. En la Figura 68 se presenta el esquema de la calzada de la autovía A-7 en sentido Alicante–Barcelona, obteniéndose niveles de servicio entre A y D, siendo este último en un 12% del segmento 1, viéndose influenciado por el ramal de salida.

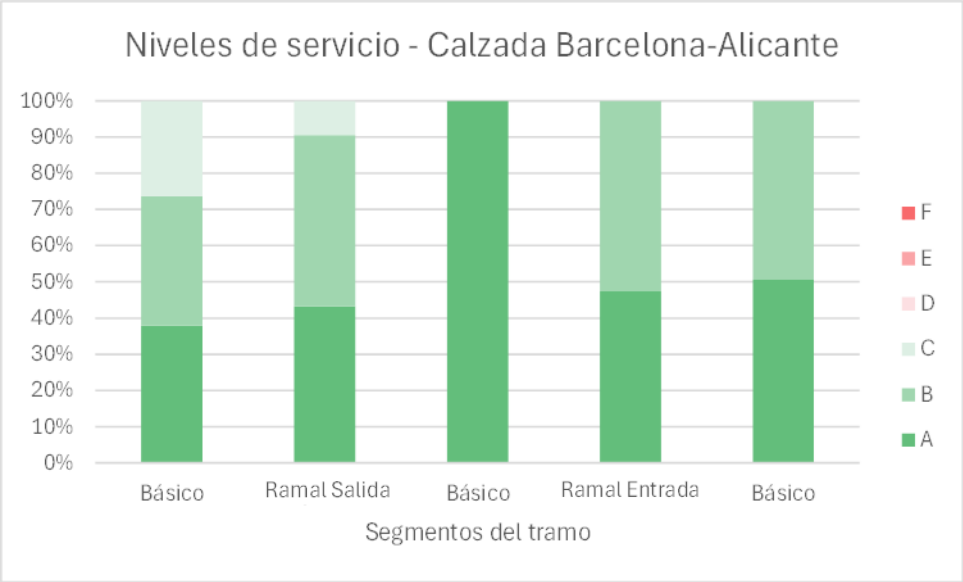

Figura 67 Esquema de la autovía A-7, calzada Barcelona-Alicante niveles de servicio (Fuente Elaboración propia a través del Software Freeval)

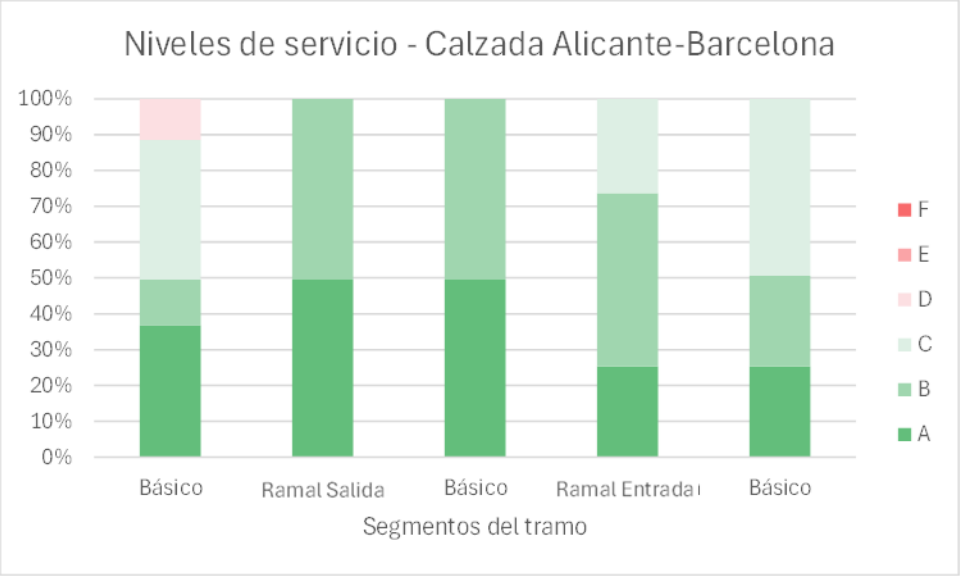

Figura 68 Esquema de la autovía A-7, calzada Alicante-Barcelona niveles de servicio (Fuente Elaboración propia a través del Software Freeval)

De igual manera, las Figura 69 y Figura 70 recogen los esquemas correspondientes a las calzadas de la autovía A-3 en los sentidos Madrid–Valencia y Valencia–Madrid, respectivamente, Observándose que la calzada Madrid-Valencia opera durante todo el día entre los niveles de servicio A y C, sin embargo, la calzada en sentido opuesto alcanza el nivel de servicio E en su último segmento durante un 20% del día.

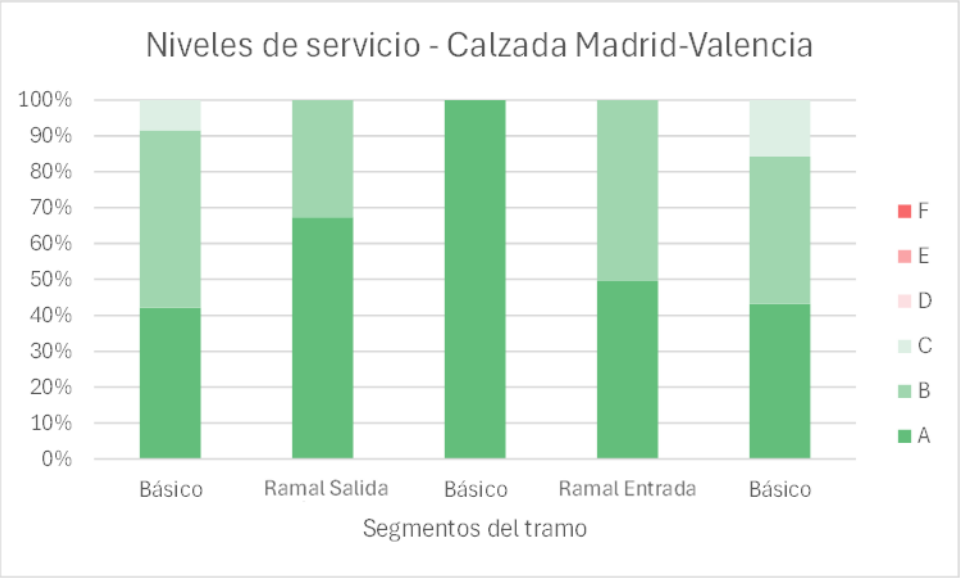

Figura 69 Esquema de la autovía A-3, calzada Madrid-Valencia niveles de servicio (Fuente Elaboración propia a través del Software Freeval)

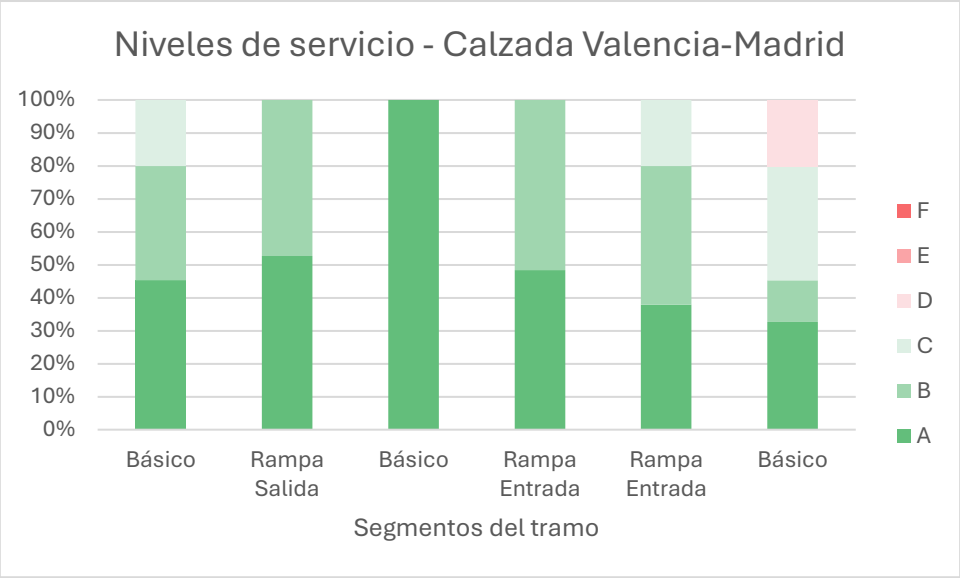

Figura 70 Esquema de la autovía A-3, calzada Valencia-Madrid niveles de servicio (Fuente Elaboración propia a través del Software Freeval)

En conjunto, los resultados de las diferentes calzadas operan en niveles de servicio aceptables, también se evidencia las perturbaciones generadas por los ramales, afectando a los segmentos aguas arriba en ramales de salida, y aguas abajo en ramales de entrada.

6.5.2. Velocidad de circulación

La velocidad de circulación constituye uno de los parámetros de mayor relevancia desde el punto de vista del usuario, al estar directamente asociada a los tiempos de viaje y a la percepción de calidad del servicio. En este análisis es importante señalar que FREEVAL impone como límite superior de la velocidad en cada segmento el valor introducido como velocidad de flujo libre, de modo que, incluso en condiciones de muy baja demanda, la velocidad modelizada no puede superar dicho valor. En consecuencia, las variaciones observadas en la velocidad a lo largo del día responden exclusivamente a perturbaciones asociadas al incremento de la demanda, a la ocurrencia de eventos climáticos o a la presencia de incidentes, de acuerdo con la lógica del análisis de confiabilidad.

La Figura 71 muestra la variación de la velocidad de circulación en la calzada de la autovía A-7 en sentido Barcelona–Alicante para los distintos segmentos considerados. En este caso, los segmentos 1 y 5 corresponden a tramos básicos con una velocidad de flujo libre de 70 mi/h, mientras que los segmentos 2, 3 y 4 presentan una velocidad de flujo libre de 50 mi/h. En la gráfica se identifican dos intervalos temporales en los que se produce una disminución sostenida de la velocidad durante varios períodos consecutivos, atribuible fundamentalmente a factores climáticos. Asimismo, se observa que los segmentos correspondientes a ramales de entrada y salida presentan una reducción de velocidad más acusada respecto a su velocidad de flujo libre, siendo especialmente notable en el ramal de salida asociada a la vía colectora que da servicio a los movimientos Barcelona–Madrid y Barcelona–Valencia, lo que pone de manifiesto una mayor sensibilidad de estos elementos a las perturbaciones externas.

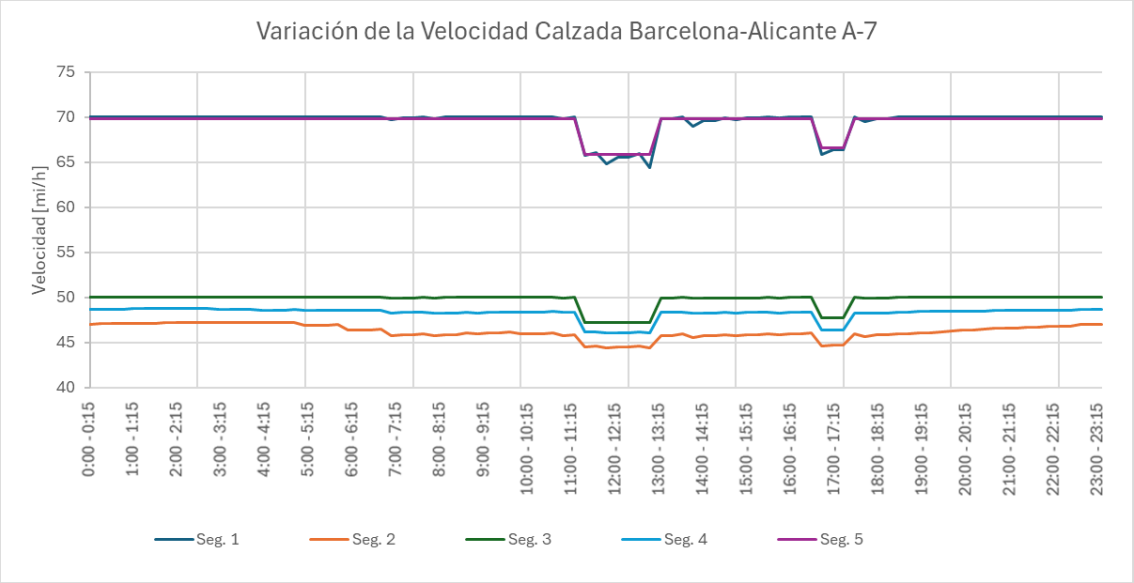

Figura 71 Variación de la velocidad en la Calzada Barcelona-Alicante, autovía A-7 (Fuente Elaboración propia)

En la Figura 72 se presentan los resultados correspondientes a la calzada de la autovía A-7 en sentido Alicante–Barcelona. En este caso, todos los segmentos operan con una velocidad de flujo libre de 50 mi/h, con la excepción del segmento 5, cuyo valor es de 70 mi/h. La gráfica muestra una perturbación más intensa en el segmento 2, correspondiente a la de salida hacia los ramales Alicante–Valencia y Alicante–Madrid, así como una disminución adicional de la velocidad en el segmento 4, asociada al ramal de entrada de los movimientos Madrid–Barcelona y Valencia–Barcelona.

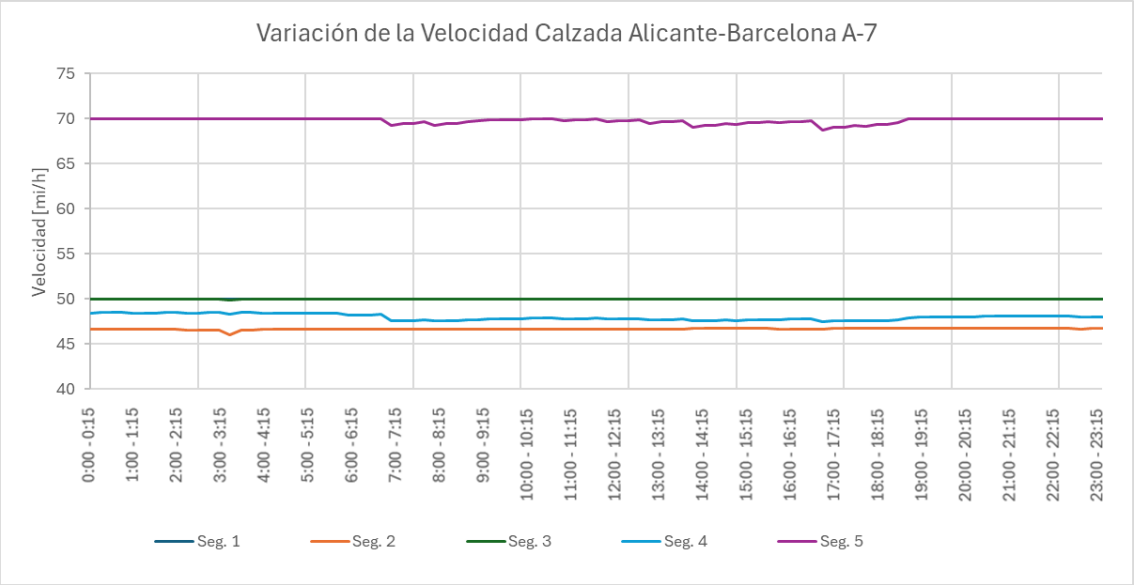

Figura 72 Variación de la velocidad en la Calzada Alicante-Barcelona, autovía A-7 (Fuente Elaboración propia)

La Figura 73 recoge la variación de la velocidad en la calzada de la autovía A-3 en sentido Madrid–Valencia, donde los cinco segmentos definidos presentan una velocidad de flujo libre de 55 mi/h. En este caso se aprecia una menor perturbación en los segmentos básicos, que mantienen velocidades próximas a la de flujo libre durante la

mayor parte del día. No obstante, en los segmentos correspondientes a ramales se observan descensos más significativos de la velocidad, siendo nuevamente más acusados en el ramal de salida que en el de entrada, asociadas a los movimientos Madrid–Barcelona y Madrid–Alicante.

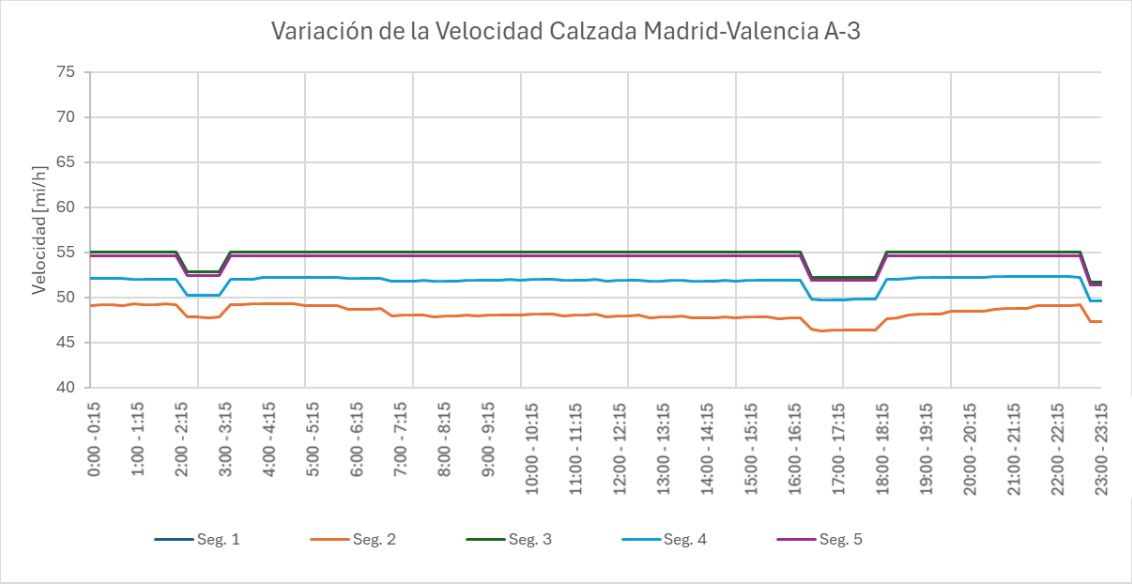

Figura 73 Variación de la velocidad en la Calzada Madrid-Valencia, autovía A-3 (Fuente Elaboración propia)

Por último, la Figura 74 muestra los resultados para la calzada de la autovía A-3 en sentido Valencia–Madrid, donde se han definido seis segmentos con una velocidad de flujo libre aproximada de 55 mi/h. Al igual que en los casos anteriores, los segmentos de ramales presentan una mayor perturbación en la velocidad de circulación. Los ramales de entrada muestran un comportamiento similar entre sí, mientras que los de salida presenta una reducción de velocidad más acusada, correspondiente al acceso a la vía colectora que da servicio a los ramales Valencia–Barcelona y Valencia–Alicante, así como a los polígonos industriales del entorno.

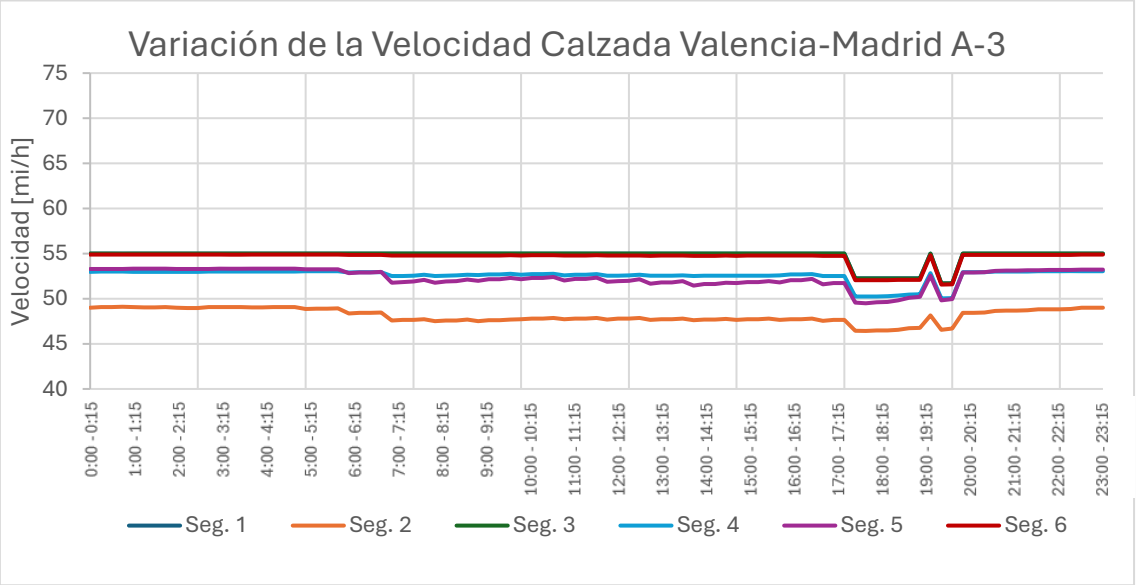

Figura 74 Variación de la velocidad en la Calzada Valencia-Madrid, autovía A-3 (Fuente Elaboración propia)

De forma general, los resultados ponen de manifiesto que las afecciones a la velocidad de circulación tienden a concentrarse en períodos continuos de tiempo, asociados principalmente a condiciones climáticas adversas o a la ocurrencia de accidentes. Asimismo, en todas las calzadas analizadas se observa una mayor sensibilidad de los segmentos de ramales, especialmente los ramales de salida, que presentan las mayores reducciones de velocidad respecto a sus valores de flujo libre.

6.5.3. Demanda vs Capacidad

La relación demanda–capacidad (V/C) constituye uno de los indicadores fundamentales en el análisis de tráfico, al tratarse de una magnitud adimensional que compara el volumen real de vehículos servidos en un segmento durante un determinado intervalo temporal con su capacidad máxima bajo las condiciones existentes. Valores próximos a 1.0 indican condiciones saturadas, asociadas a un nivel de servicio F, mientras que valores reducidos reflejan una operación holgada de la infraestructura. Además de permitir evaluar el grado de utilización de la capacidad, este indicador resulta especialmente útil para interpretar el comportamiento del tráfico a lo largo de los distintos segmentos y períodos del día. En el análisis realizado, el valor máximo alcanzado es del orden de 0.73 inferior al umbral de saturación, lo que resulta plenamente coherente con los niveles de servicio obtenidos en el apartado anterior.
La Figura 75 muestra la variación de la relación V/C a lo largo del día para cada segmento de la calzada de la autovía A-7 en sentido Barcelona–Alicante. Los valores más bajos se observan en el segmento intermedio, como consecuencia de la reducción del volumen de tráfico respecto al segmento inicial, motivada por la salida de vehículos a través del segmento 2. Este comportamiento conduce a un mínimo de demanda antes de que el tráfico vuelva a incrementarse aguas abajo. La gráfica pone asimismo de manifiesto que los mayores valores de la relación V/C se concentran en los segmentos 1 y 2, siendo más elevado en el segmento 2, correspondiente al ramal de salida, lo que confirma la mayor exigencia operativa asociada a este tipo de elementos.

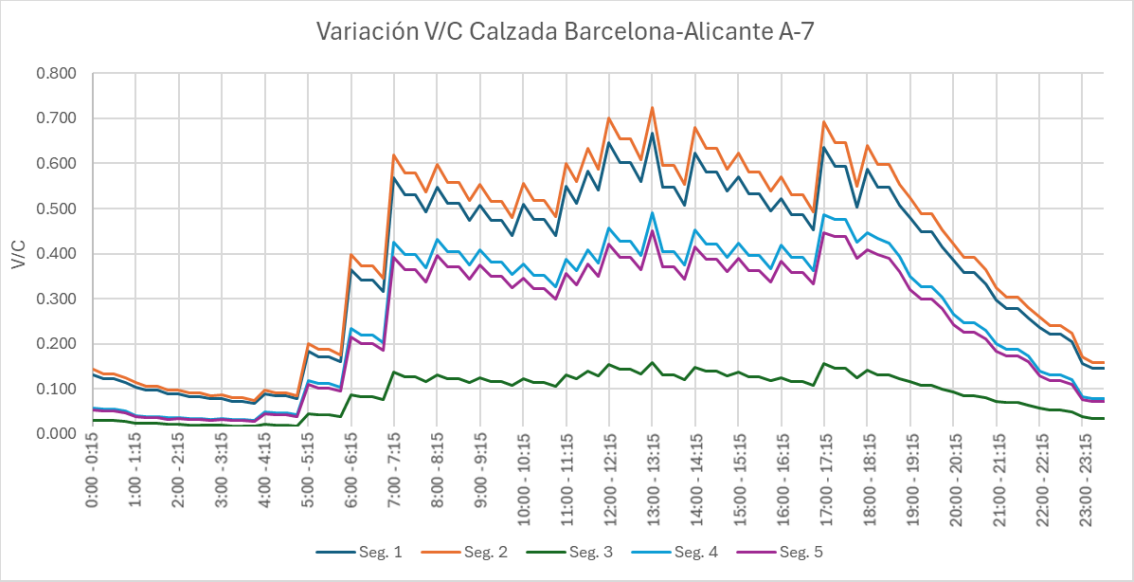

Figura 75 Variación V/C en cada segmento de la calzada Barcelona-Alicante, A-7 (Fuente Elaboración propia)

La Figura 76 presenta los resultados correspondientes a la calzada de la autovía A-7 en sentido Alicante–Barcelona. En este caso, los segmentos que alcanzan los valores más

elevados de V/C son los segmentos 4 y 5, asociados a un incremento del volumen de tráfico debido a la incorporación de vehículos a través del ramal de entrada. Asimismo, se identifican claramente dos períodos de hora punta, uno en el intervalo matinal y otro al final de la tarde, entre los cuales la relación V/C se mantiene relativamente estable, reflejando una demanda sostenida a lo largo del período intermedio del día.

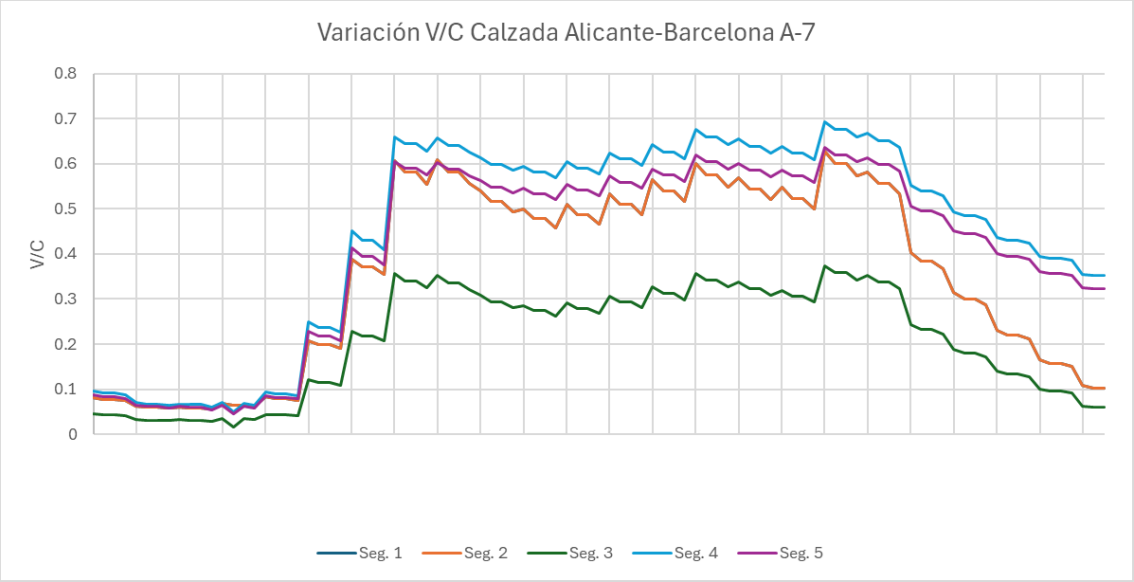

Figura 76 Variación V/C en cada segmento de la calzada Alicante-Barcelona, A-7 (Fuente Elaboración propia)

En la Figura 77 se recogen los resultados para la calzada de la autovía A-3 en sentido Madrid–Valencia. Los mayores valores de la relación V/C se localizan en el segmento 2, correspondiente al ramal de salida, y en el segmento 5, tramo final del itinerario analizado. En el primer caso, el aumento de V/C se relaciona con la disminución de la velocidad observada en dicho segmento, mientras que en el segundo se explica por un incremento neto del volumen de tráfico a lo largo del tramo, al ser mayor el número de vehículos que se incorporan por el ramal de entrada que los que abandonan la calzada por el ramal de salida. Resulta también destacable la marcada hora punta de la mañana, con un incremento significativo de la relación V/C entre los períodos 6:45–7:00 y 7:00–7:15.

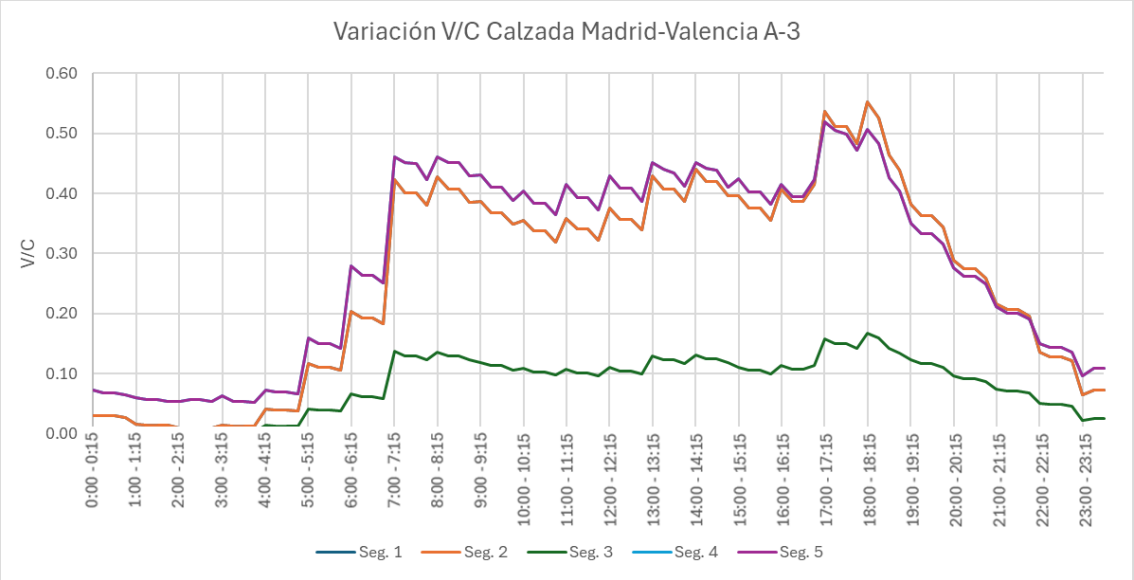

Figura 77 Variación V/C en cada segmento de la calzada Madrid-Valencia, A-3 (Fuente Elaboración propia)

La Figura 78 muestra los resultados para la calzada de la autovía A-3 en sentido Valencia–Madrid. En este caso, la mayor relación V/C se alcanza en el segmento 6, una vez se ha incorporado la totalidad del tráfico procedente de los ramales de entrada. A diferencia de la calzada opuesta, no se identifican dos horas punta claramente diferenciadas, sino varios periodos de alta intensidad a lo largo del día, lo que sugiere un patrón de movilidad distinto en este sentido de circulación.

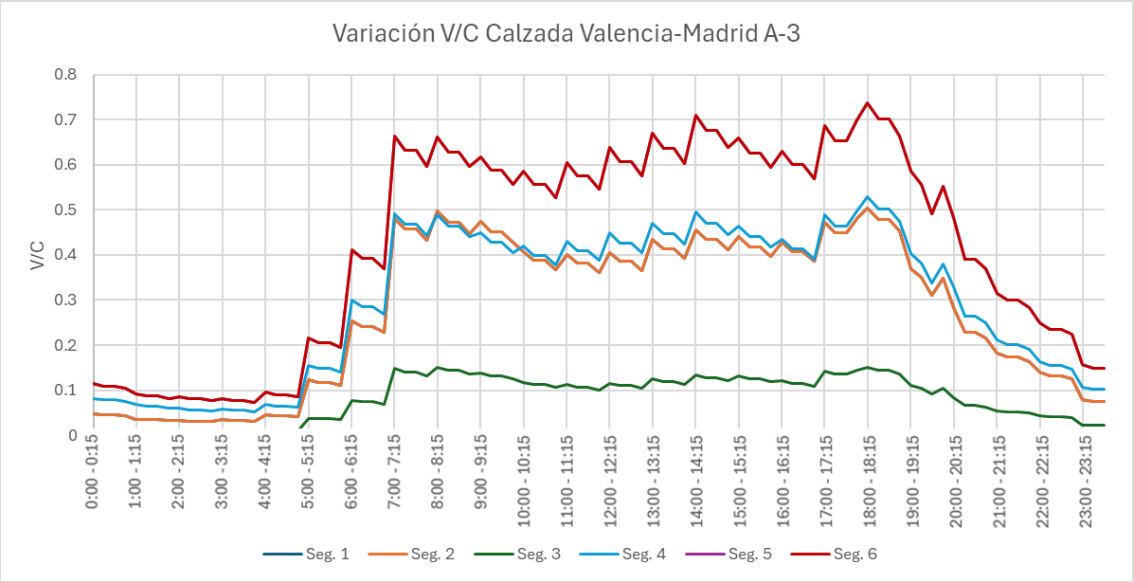

Figura 78 Variación V/C en cada segmento de la calzada Valencia-Madrid, A-3 (Fuente Elaboración propia)

Para finalizar, la relación V/C reproduce de forma coherente las características del tráfico observadas en los distintos itinerarios. Los tramos intermedios presentan, de manera sistemática, valores más reducidos de demanda relativa, lo cual resulta lógico al perder tráfico a través de los ramales de salida y no haber incorporado aún nuevos flujos. Las diferencias entre calzadas reflejan el papel específico de los ramales dentro de cada configuración: en la calzada Barcelona–Alicante los mayores valores se concentran en el ramal de salida, en la calzada Alicante–Barcelona en el ramal de entrada, y en las

calzadas de la autovía A-3 en los segmentos finales del recorrido. En todos los casos, los valores de la relación demanda–capacidad confirman un funcionamiento adecuado de la infraestructura y refuerzan la consistencia de los resultados obtenidos mediante el análisis de confiabilidad.

6.5.4. Análisis de resultados de Freeval

Los resultados obtenidos a partir del análisis de confiabilidad permiten realizar una evaluación conjunta y coherente del funcionamiento operativo de las infraestructuras analizadas, integrando los indicadores de nivel de servicio, velocidad de circulación y relación demanda–capacidad. La aplicación de la metodología del Highway Capacity Manual mediante el software FREEVAL-2015e ha puesto de manifiesto un comportamiento globalmente homogéneo y estable en las cuatro calzadas estudiadas, incluso bajo las condiciones más desfavorables representadas por los escenarios seleccionados.

Desde el punto de vista del nivel de servicio, los resultados muestran que todos los segmentos operan con nivel de servicio aceptable durante la totalidad del período analizado. Este hecho indica que las densidades de tráfico se mantienen por debajo de los umbrales asociados a condiciones de operación degradadas, confirmando que los troncos de las autovías A-7 y A-3 disponen de una capacidad adecuada a la demanda existente. La coherencia entre este resultado y los valores de la relación demanda–capacidad refuerza la validez del modelo y la consistencia interna del análisis realizado.

El análisis de la velocidad de circulación aporta una visión más detallada del comportamiento dinámico del tráfico. Si bien las velocidades se mantienen próximas a los valores de flujo libre durante la mayor parte del día, se identifican perturbaciones localizadas en períodos temporales continuos, asociadas principalmente a condiciones climáticas adversas o a la ocurrencia de incidentes. Estas perturbaciones se concentran de forma sistemática en los segmentos correspondientes a ramales, especialmente de salida, que muestran una mayor sensibilidad a las alteraciones externas. Este comportamiento es consistente con la naturaleza de estos elementos, donde los movimientos de deceleración y los cambios de trayectoria incrementan la vulnerabilidad frente a cualquier perturbación del flujo.

En cuanto a la relación demanda–capacidad, los valores obtenidos confirman un funcionamiento holgado de la infraestructura, con valores máximos del orden de 0.73, alejados de situaciones de saturación. No obstante, el análisis de este indicador permite identificar patrones de funcionamiento diferenciados entre calzadas y segmentos. Los tramos intermedios presentan de forma recurrente valores más bajos de V/C, como consecuencia de la pérdida de tráfico a través de los ramales de salida y antes de la incorporación de nuevos flujos, mientras que los valores más elevados se concentran en los ramales de entrada o salida y en los segmentos finales, en función de la configuración específica de cada calzada.

En conjunto, los resultados evidencian que el software FREEVAL resulta especialmente adecuado para la evaluación del comportamiento operativo de los troncos de autovía, permitiendo analizar de forma integrada la variabilidad temporal del tráfico y la influencia de factores no recurrentes. Sin embargo, con el objetivo de profundizar en el análisis de los ramales, se considera complementar el estudio realizado mediante FREEVAL con la aplicación del procedimiento específico del HCM orientada al análisis detallado de este tipo de elementos. Este enfoque permitirá evaluar con mayor precisión el funcionamiento

operativo de los ramales y contrastar los resultados obtenidos, aportando una visión más completa del comportamiento del sistema viario analizado.

6.6. Análisis complementario de ramales

A la vista de las conclusiones obtenidas en el análisis de confiabilidad mediante FREEVAL, se considera realizar un análisis complementario centrado específicamente en los ramales del enlace, con el objetivo de evaluar con mayor detalle su funcionamiento operativo. Para ello, se recurre a los procedimientos establecidos en el Capítulo 14 (Freeway Merge and Diverge Segments) del Highway Capacity Manual, 6.ª edición (2016), que proporciona una metodología específica para el análisis de segmentos de convergencia y divergencia en autopistas.

En este apartado se presenta la metodología de forma sintética y aplicada, sin profundizar en los fundamentos teóricos generales del HCM, dado que estos ya han sido expuestos en secciones anteriores. El énfasis se centra, por tanto, en los aspectos metodológicos y operativos relevantes para la aplicación práctica del procedimiento a los ramales analizados.

Los segmentos de convergencia y divergencia en autopistas se localizan principalmente en los puntos de entrada y salida del tronco principal, aunque también pueden aparecer en zonas de separación o unión de itinerarios principales. En determinados casos, los ramales conectan con vías colectoras-distribuidoras (C-D), que a su vez se enlazan con la calzada principal. Si bien los procedimientos del Capítulo 14 están formulados principalmente para los cruces directos entre ramales y autopistas, el HCM proporciona directrices que permiten su aplicación aproximada en autopistas multicarril y en sistemas con vías C-D, como ocurre en el ámbito de estudio.

Los ramales de acceso pueden disponer de uno o dos carriles; no obstante, en muchos cruces de autopistas los ramales de dos carriles se reducen a un único carril antes de incorporarse al tronco. En estos casos, la metodología considera el cruce como un segmento de convergencia de un solo carril. El análisis se ve condicionado por diversos factores, entre los que destacan la localización del ramal (costado derecho o izquierdo), el número de carriles del ramal, el número de carriles del tronco principal y la proximidad de otros ramales aguas arriba o aguas abajo.

6.6.1. Metodología

Para iniciar, lo primero que se debe determinar es la zona de influencia del ramal situados en el costado derecho, la metodología del HCM define como zona de influencia los dos carriles del tronco más próximos al borde derecho, así como el carril de aceleración, a lo largo de una distancia de 1,500 pies medida desde el punto de convergencia o divergencia. La Figura 79 ilustra esquemáticamente estas zonas de influencia.

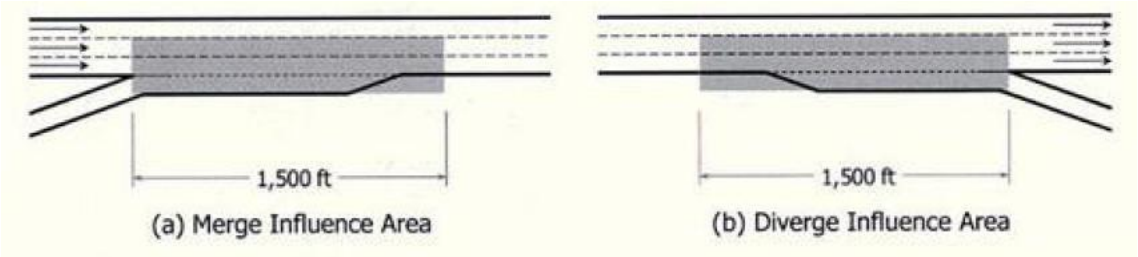

Figura 79 Zona de influencia de un ramal de entrada y salida (Fuente HCM Ed. 6)

Los ramales y los cruces de autopistas introducen turbulencias en el flujo de tráfico, derivadas principalmente de las elevadas tasas de cambio de carril. La incorporación de vehículos desde el ramal al carril derecho del tronco genera perturbaciones locales que inducen a los vehículos que circulan por la autopista a desplazarse hacia carriles más interiores para evitar dichas zonas. Como consecuencia, las áreas de influencia del ramal presentan tasas de cambio de carril significativamente superiores a las observadas en tramos de autopista sin accesos o salidas.

Las interacciones vehiculares en estas zonas son de carácter dinámico. Los vehículos que circulan por el tronco tenderán a desplazarse lateralmente siempre que exista capacidad disponible, mientras que el flujo procedente del ramal puede verse condicionado tanto por su propia intensidad como por el grado de congestión existente en la autopista principal. En situaciones de elevada demanda, esta interacción puede limitar el flujo de entrada desde el ramal e incluso inducir desvíos hacia otros enlaces o itinerarios alternativos, aspectos que justifican la necesidad de un análisis específico y detallado de estos elementos.

La metodología empleada para el análisis de segmentos de convergencia y divergencia se fundamenta en las mismas condiciones básicas establecidas por el Highway Capacity Manual para otros tipos de tramos de autopista. En particular, se asume la ausencia de vehículos pesados en el flujo de tráfico, la existencia de carriles con anchura estándar de 12 pies, la disponibilidad de espacios laterales adecuados —iguales o superiores a 6 pies— y un comportamiento de los conductores caracterizado por su familiaridad con la infraestructura analizada. Estas hipótesis permiten aislar el efecto de los ramales sobre el funcionamiento del tráfico y garantizar la coherencia con los umbrales de nivel de servicio definidos por el HCM.

El nivel de servicio de los segmentos de convergencia y divergencia se define en términos de densidad, expresada en vehículos por milla y carril, para condiciones de operación estable correspondientes a los niveles de servicio A a E. El nivel de servicio F se asocia a situaciones de funcionamiento inestable y se produce cuando la demanda excede la capacidad disponible, ya sea en el tronco principal de la autopista o en el propio ramal, dando lugar a la formación de colas.

En el caso de los segmentos de convergencia, el nivel de servicio F se alcanza cuando la suma de las demandas procedentes del segmento de autopista aguas arriba y de los ramales de entrada supera la capacidad del segmento de autopista aguas abajo. Para los segmentos de divergencia, el nivel de servicio F se produce cuando el caudal total que se aproxima desde el segmento de autopista aguas arriba excede la capacidad de dicho segmento. Adicionalmente, el HCM distingue una situación específica denominada LOS F falso, que tiene lugar cuando la demanda del ramal de salida supera

la capacidad del propio elemento, aun cuando el tronco principal pueda seguir operando en condiciones estables.

En el caso de los ramales de entrada, cuando la demanda supera la capacidad del elemento, el flujo que alcanza la zona de convergencia queda limitado por dicha capacidad, formándose colas aguas arriba. No obstante, bajo estas circunstancias, la zona de incorporación puede seguir presentando un funcionamiento estable desde el punto de vista del tronco principal, lo que pone de manifiesto la necesidad de analizar de forma diferenciada ambos elementos.

LOS	Density (pc/mi/ln)
A	≤10
B	>10–20
C	>20–28
D	>28–35
E	>35
F	Demand exceeds capacity

Figura 80 Niveles de servicio para ramales, según la densidad (Fuente HCM Ed. 6)

La Figura 80 recoge los criterios de nivel de servicio establecidos por el HCM para los segmentos de incorporación y salida de autopistas. Estos criterios son aplicables a todos los cruces entre ramales y autopistas, así como a incorporaciones y salidas de elevada importancia funcional, ramales de alta velocidad y sin control en autopistas de varios carriles, y accesos y salidas en vías colectoras-distribuidoras.

El procedimiento metodológico completo definido por el HCM consta de cinco pasos. No obstante, en el presente estudio el análisis se desarrolla únicamente hasta el Paso 4, obteniéndose como resultados principales las densidades de tráfico en las zonas de influencia de cada ramal y el correspondiente nivel de servicio. El último paso del procedimiento, relativo a la estimación detallada de velocidades, se omite deliberadamente, al no resultar determinante para los objetivos específicos de este análisis complementario y dado que el comportamiento de la velocidad ya ha sido evaluado de forma integrada mediante el análisis de confiabilidad con FREEVAL.

6.6.1.1. Definición de datos iniciales y conversión del volumen de demanda

El primer paso del procedimiento consiste en la recopilación y definición de los datos de entrada necesarios para la aplicación de la metodología de análisis de segmentos de convergencia y divergencia establecida en el Capítulo 14 del Highway Capacity Manual (6.ª edición). Estos datos permiten caracterizar de forma precisa tanto la geometría del segmento analizado como las condiciones de operación del tráfico en el tronco principal y en los ramales asociados.

Entre los datos geométricos requeridos se incluyen el número de carriles del tronco de la autovía, el tipo de ramal analizado (entrada o salida), el número de carriles, su localización respecto al tronco (costado derecho o izquierdo), la longitud del carril de aceleración o deceleración, así como la presencia y proximidad de ramales aguas arriba o aguas abajo que puedan influir en el comportamiento del tráfico dentro de la zona de

influencia. Asimismo, se consideran el tipo de terreno y la configuración general del enlace, aspectos que condicionan la capacidad y la distribución de flujos.

Desde el punto de vista operativo, el método requiere la definición de la velocidad de flujo libre tanto en el tronco principal como en el ramal, así como los volúmenes de demanda horaria correspondientes. Estos incluyen el volumen de tráfico del tronco principal, el volumen del ramal analizada y, cuando procede, los volúmenes asociados a ramales situados aguas arriba o aguas abajo cuya influencia se extienda hasta la zona de estudio. De igual forma, se incorporan el factor de hora punta y el porcentaje de vehículos pesados, parámetros necesarios para la conversión de los volúmenes de demanda a vehículos ligeros equivalentes.

El HCM contempla adicionalmente la posibilidad de introducir factores de ajuste sobre la velocidad y la capacidad para tener en cuenta la influencia de condiciones externas tales como la climatología adversa o la ocurrencia de incidentes. No obstante, con el objetivo de simplificar el modelo, en este estudio dichos factores se han considerado con un valor unitario, asumiendo condiciones medias de operación.

Una vez definidos los datos iniciales, se procede a la conversión de la demanda de tráfico a vehículos ligeros equivalentes por hora. Este proceso se realiza de forma análoga a la aplicada en el análisis de tramos básicos de autopista, descrita en el Paso 4 del apartado 6.3.4 de la metodología. La conversión se aplica tanto al tráfico del tronco principal como al tráfico de los ramales, permitiendo homogeneizar los volúmenes y garantizar la correcta aplicación de las expresiones de capacidad y densidad utilizadas en los pasos posteriores del procedimiento.

6.6.1.2. Estimación de la demanda en los carriles 1 y 2 del tronco de la autovía inmediatamente aguas arriba de la zona de influencia del ramal

El segundo paso del procedimiento tiene como objetivo estimar el volumen de tráfico que circula por los carriles 1 y 2 del tronco de la autovía inmediatamente aguas arriba de la zona de influencia del ramal. Esta estimación resulta fundamental, ya que la metodología del HCM asume que la mayor parte de las interacciones asociadas a los movimientos de incorporación y salida se concentran en los carriles adyacentes al borde de la calzada, siendo estos los que determinan las condiciones operativas dentro de la zona de influencia. El procedimiento de cálculo difiere en función de si se trata de una entrada o de una salida.

6.6.1.2.1. Ramales de entrada

En el caso de ramales de entrada, el volumen de tráfico en los carriles 1 y 2, v_{12} , se determina mediante la siguiente expresión:

$$v_{12} = v_F * P_{FM}$$

donde v_{12} representa el volumen de tráfico conjunto de los carriles 1 y 2, v_F es el volumen total de tráfico en el tronco de la autovía, y P_{FM} es la proporción de vehículos del tronco que circulan por los carriles 1 y 2 inmediatamente aguas arriba de la zona de influencia de la ramales de acceso.

El factor P_{FM} puede determinarse mediante diferentes formulaciones en función del número de carriles del tronco y de la existencia de ramales adyacentes que influyan en

el reparto del tráfico. Para el caso de una autovía con seis carriles totales (tres por sentido de circulación), el HCM propone tres expresiones alternativas para su cálculo, que se recogen en las siguientes ecuaciones:

$$1).\, P_{FM} = 0.5775 + 0.000028 * L_A$$
$$2).\, P_{FM} = 0.7289 - 0.0000135 * (V_F + V_R) - 0.003296 * S_{FR} + 0.000063 * L_{UP}$$
$$3).\, P_{FM} = 0.5487 + 0.2628 * (v_D / L_{DOWN})$$

En estas expresiones, L_A es la distancia, en pies, medida desde la nariz del ramal hasta el punto de fusión con el tronco de la autovía; v_R representa el volumen de tráfico del ramal; S_{FR} es la velocidad de flujo libre del ramal, en millas por hora; L_{UP} es la distancia, en pies, entre la unión del ramal analizado y la unión del ramal adyacente aguas arriba; L_{DOWN} es la distancia, en pies, entre la unión del ramal analizado y la unión del ramal adyacente aguas abajo; y v_D corresponde a la demanda del ramal adyacente aguas abajo.

La selección de la expresión adecuada para el cálculo de P_{FM} depende de la influencia ejercida por ramales adyacentes. Para determinar dicha influencia se evalúa la distancia equivalente L_{EQ}. Si la distancia entre el ramal de estudio y el ramal adyacente ya sea aguas arriba o aguas abajo, es superior a L_{EQ}, se emplea la primera expresión, correspondiente a un ramal aislado. En cambio, si la distancia es inferior a L_{EQ} y se trata de un ramal de salida aguas arriba, se utiliza la segunda expresión; si la distancia es inferior a L_{EQ} y se trata de un ramal de salida aguas abajo, se aplica la tercera expresión. El valor de L_{EQ} se determina a partir de las siguientes ecuaciones:

$$L_{EQ} = 0.214 * (V_F + V_R) + 0.444 * L_A + 0.5232 * S_{FR} - 2403 \rightarrow \boldsymbol{Ramal\ aguas\ arriba}$$

$$L_{EQ} = \frac{v_D}{0.1096 + 0.000107 * L_A} \rightarrow \boldsymbol{Ramal\ aguas\ abajo}$$

6.6.1.2.2. Ramal de salida

Para el análisis de ramales de salida, el volumen de tráfico en los carriles 1 y 2 se calcula mediante la siguiente expresión:

$$v_{12} = V_R + (V_F + V_R) * P_{FD}$$

En este caso, el factor P_{FD} se obtiene a partir de las siguientes formulaciones:

$$1).\, P_{FD} = 0.760 - 0.000025 * v_F - 0.000046 * v_R$$
$$2).\, P_{FD} = P_{FM} = 0.717 - 0.000039 * v_F + 0.604 * \left(\frac{v_U}{L_{UP}}\right)$$
$$3).\, P_{FD} = 0.616 - 0.000021 * v_F + 0.124 * \left(\frac{v_D}{L_{DOWN}}\right)$$

Donde v_U representa el volumen del ramal adyacente aguas arriba y L_{UP} es la distancia, en pies, entre la unión del ramal actual y la unión del ramal aguas arriba. Se emplea la primera expresión cuando el ramal se considera aislada; la segunda cuando existe un ramal de entrada aguas arriba cercano y se cumple que $v_U / L_{UP} \leq 0.2$, utilizándose en caso contrario la primera; y la tercera cuando existe un ramal de salida aguas abajo cercano. Al igual que en el caso anterior, la influencia de los ramales adyacentes se evalúa mediante el cálculo de la distancia equivalente L_{EQ}, obtenida a partir de las correspondientes expresiones del HCM.

Todas las ecuaciones presentadas anteriormente corresponden a configuraciones de autovías con tres carriles por calzada. No obstante, en el caso de estudio existe una configuración particular de cuatro carriles en el tronco de la autovía A-3, en sentido ascendente del PK, dentro de la zona de influencia del ramal de salida hacia los ramales Madrid–Barcelona y Madrid–Alicante. Esta singularidad geométrica implica una variación en el cálculo del factor P_{FD}, el cual adopta un valor constante de 0.436 para este tipo de configuración

6.6.1.2.3. Comprobación de la distribución de trafico

Antes de continuar con el siguiente paso del procedimiento, es necesario verificar la coherencia del valor obtenido para v_{12}. Para ello se calcula el volumen correspondiente al tercer carril del tronco y se comprueba que no supere el umbral de 2,700 vehículos por hora y carril. Si dicho valor se excede, el volumen v_{12} debe corregirse tomando como referencia el volumen total del tronco menos 2,700 vehículos por hora y carril. Adicionalmente, se verifica que el volumen del tercer carril no sea superior a $1.5 \cdot v_{12}/2$; si esta condición se incumple, el valor de v_{12}se adopta como $v_F/1.75$. En el caso de que ambas condiciones resulten incumplidas, se selecciona el mayor de los valores de v_{12}obtenidos, garantizando así la consistencia del reparto de flujos entre carriles conforme a los criterios establecidos por el HCM.

6.6.1.3. Estimación de la capacidad

El tercer paso consiste en estimar la capacidad del cruce entre el ramal y la autopista, considerando tres puntos de verificación: la capacidad de la autopista inmediatamente aguas abajo de un ramal de entrada o aguas arriba de un ramal de salida; la capacidad de la calzada del ramal; y el caudal máximo que ingresa en la zona de influencia del ramal.

En la mayoría de los casos, la capacidad de la autopista constituye el factor limitante. Para el segundo punto, el HCM proporciona valores aproximados en función de la velocidad de flujo libre. En cuanto al tercer punto, el HCM define criterios basados en la velocidad de flujo libre del tronco y el número de carriles, estableciendo un flujo máximo deseable en la zona de influencia del ramal y diferenciando entre casos de convergencia y divergencia (véase Figura 81). No obstante, se aclara que el superar los valores máximos del tronco implica un nivel F de operación, mientras que superar el flujo máximo deseable en la zona de influencia no garantiza que se alcance un nivel F, dado que los valores obtenidos mediante la metodología pueden resultar más restrictivos que la operación real.

FFS (mi/h)	Capacity of Upstream or Downstream Freeway Segment[a] — Number of Lanes in One Direction: 2	3	4	>4	Maximum Desirable Flow Rate (v_{R12}) Entering Merge Influence Area[b]	Maximum Desirable Flow Rate (v_{12}) Entering Diverge Influence Area[b]
≥70	4,800	7,200	9,600	2,400/ln	4,600	4,400
65	4,700	7,050	9,400	2,350/ln	4,600	4,400
60	4,600	6,900	9,200	2,300/ln	4,600	4,400
55	4,500	6,750	9,000	2,250/ln	4,600	4,400

Notes: [a] Demand in excess of these capacities results in LOS F.
[b] Demand in excess of these values alone does not result in LOS F; operations may be worse than predicted by this methodology.

Figura 81 Capacidad en zona de unión ramal-autovía (Fuente HCM Ed. 6)

6.6.1.4. Estimación de la densidad y nivel de servicio

El cuarto paso consiste en determinar la densidad en el área de influencia del ramal. Esta densidad se calcula mediante las siguientes ecuaciones, diferenciadas según el tipo de ramal.

$$1).\, D_R = 5.5475 + 0.00735 * v_R + 0.0078 * v_{12} - 0.00627 * L_A \rightarrow Ramal\ de\ entrada$$

$$2).\, D_R = 4.252 + 0.0086 * v_{12} - 0.009 * L_D \rightarrow Ramal\ de\ salida$$

donde D_R representa la densidad en vehículos equivalentes por milla en un carril dentro de la zona de influencia del ramal, y el resto de las variables han sido definidas anteriormente. El nivel de servicio correspondiente se determina a partir de la Figura 80 presentada anteriormente.

6.6.2. Procedimiento

Para la aplicación del procedimiento descrito en el apartado anterior, el análisis se desarrolla de forma independiente para cada una de las cuatro calzadas consideradas en el estudio, correspondientes a las dos calzadas de la autovía A-7 y las dos calzadas de la autovía A-3. Con carácter general, los parámetros necesarios para el análisis se definen a partir de los datos iniciales disponibles y de la caracterización geométrica y funcional del enlace.

Entre los datos de entrada se incluye el número de carriles de cada calzada y de cada ramal, información que se recoge en el apartado 5, Situación actual. Las velocidades de flujo libre de los troncos de autovía se toman de las Figura 54 y Figura 63, mientras que para los ramales se adopta como velocidad de flujo libre la correspondiente a la limitación establecida por la señalización existente. Todos los ramales analizados se localizan en el costado derecho del sentido de circulación, y el terreno se considera llano, de acuerdo con las características orográficas del entorno.

La longitud de los carriles de aceleración y desaceleración se determina mediante la revisión de planos de proyecto y el apoyo de imágenes satelitales, procedimiento que permite asimismo identificar la presencia de ramales adicionales aguas arriba o aguas abajo que puedan influir en el análisis. Los volúmenes de tráfico empleados son horarios y proceden de las Figura 37 a la Figura 44 para los ramales y de la Figura 50 a la Figura 53 para los troncos de autovía, siendo posteriormente convertidos a vehículos ligeros equivalentes mediante los factores de ajuste correspondientes [11]. En todos los casos se aplican los factores de hora punta específicos de cada calzada y el porcentaje de vehículos pesados asociado. Para la estimación de las demandas en ramales adyacentes no cubiertos directamente por estaciones de aforo, se utiliza como referencia el libro de aforos de la Diputación de Valencia 2024 [15].

Como parte del proceso previo de validación de los datos, se realizó un balance global de tráficos en el conjunto del enlace, consistente en comparar los flujos que se dirigen hacia el centro del enlace con aquellos que se alejan de él. Este análisis puso de manifiesto la existencia de diferencias entre los tráficos de entrada y salida, observándose un mayor número de vehículos ligeros entrando al enlace y un mayor número de vehículos pesados saliendo del mismo. Esta discrepancia se explica por el hecho de que no todos los movimientos de tráfico quedan registrados por las estaciones de aforo existentes.

En particular, se identificaron las siguientes situaciones relevantes. El tráfico procedente de la CV-374 accede directamente al enlace sin atravesar ninguna estación de aforo, mientras que los vehículos que se dirigen hacia dicha vía sí quedan registrados en la estación V-213-2. La vía colectora en sentido Valencia–Madrid dispone de un acceso a través del polígono industrial de L'Oliveral que no queda registrado en la estación V-337-2, al localizarse dicho acceso aguas arriba de las espiras. Asimismo, el tráfico puede acceder y salir de los polígonos industriales de Loriguilla–Riba-roja sin quedar registrado en las estaciones de aforo, y existen movimientos adicionales asociados al polígono industrial situado entre la autovía A-3 y el barranco del Poyo que utilizan vías de servicio o accesos alternativos.

Del análisis conjunto de estas circunstancias se concluye que una parte del tráfico, especialmente el asociado a los polígonos industriales queda parcialmente registrado en las estaciones de aforo, en particular en el caso de los vehículos ligeros que acceden por las autovías, pero abandonan el sistema a través de viales internos. Por el contrario, el tráfico pesado, característico de estas áreas industriales, puede acceder por múltiples vías secundarias y abandonar el enlace principalmente a través de las autovías, generando un desequilibrio en los flujos observados.

Como consecuencia de lo anterior, se introducen tráficos de ajuste en los ramales correspondientes, con el fin de reflejar de forma más realista los movimientos efectivos de entrada y salida del enlace. Una vez realizadas estas correcciones, y teniendo en cuenta las particularidades descritas, se procede a la aplicación del procedimiento de análisis para cada una de las cuatro calzadas consideradas.

6.6.2.1. Calzada A-7 ascendente

La calzada de la autovía A-7 en sentido ascendente del PK presenta la siguiente configuración funcional: un tramo básico inicial, seguido de un ramal de salida hacia la vía colectora que da servicio a los ramales Barcelona–Madrid y Barcelona–Valencia; a continuación, un tramo básico intermedio; posteriormente, un segmento con un ramal de entrada procedente de la vía colectora, que incorpora los tráficos Madrid–Alicante y Valencia–Alicante; y, finalmente, un tramo básico.

El análisis se inicia en esta calzada considerando, en primer lugar, el estudio del ramal de salida, de acuerdo con la metodología descrita en el apartado 6.6.1. La Figura 82 presenta la evolución horaria, a lo largo de las 24 horas del día, del tráfico en el tronco de la autovía expresado en vehículos ligeros equivalentes (v_F), así como los volúmenes correspondientes a cada uno de los ramales asociados.

Datos de veh.lig.eq Rampa de salida Barcelona-Madrid/Valencia																								
Tráfico	L0	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15	L16	L17	L18	L19	L20	L21	L22	L23
vf	863	659	564	487	577	1266	2629	4122	3974	3685	3696	3987	4095	4221	4517	4138	3789	4225	4326	3536	2816	2159	1734	1074
vr (Ajuste)	136	94	81	67	86	219	490	782	756	704	700	756	763	792	857	782	718	809	844	689	540	413	333	185
vr Barcelona-Madrid	324	255	218	191	221	459	924	1438	1385	1281	1290	1391	1439	1479	1575	1445	1322	1468	1489	1218	977	750	602	390
vr Barcelona-Valencia	216	172	148	129	148	301	599	928	894	826	833	898	933	957	1018	934	854	946	956	782	629	483	388	256
vr total	676	521	447	387	455	979	2013	3148	3034	2811	2823	3045	3135	3229	3450	3162	2894	3222	3290	2690	2147	1646	1322	831

Figura 82 Intensidad horaria en tronco de autovía A-7 dirección ascendente del PK y de los ramales en el ramal de salida, valores en vehículos ligeros equivalente por hora (Fuente Elaboración propia)

Dado que se trata de un ramal de salida asociado a un tronco de tres carriles por calzada, resulta necesario determinar si existen ramales adyacentes aguas arriba o aguas abajo que influyan en su funcionamiento. En este caso, aguas arriba se localiza

un ramal de entrada correspondiente a la CV-370, situada a una distancia aproximada de 4.7 km (15,420 ft). Para caracterizar este ramal adyacente es preciso conocer su demanda horaria, para lo cual se recurre a la información contenida en el libro de aforos de la Diputación de Valencia (2024), cuyos datos se muestran en la Figura 83.

Diputació de València | Carreteres

LIBRO DE AFOROS 2024

CV-370 MANISES - PEDRALBA — **Demarcación:** Serra

Código: 370010 **Tipo estación:** Cobertura (Gomas) **PK aforo:** 2,80 **PK inicial:** 0,00

Tramo: De Manises a Bypass (A-7) **Longitud tramo:** 3,00 **PK final:** 3,00

IMD 2024: 21.358 **% Pesados:** 5,89% **% Motos:** 2,10%

I_{Lab} (vh/d): 22.238 IP_{Lab} (vh/d): 1.30 IM_{Lab} (vh/d): 468

I_{Fes} (vh/d): - IP_{Fes} (vh/d): - IM_{Fes} (vh/d): -

Aforo **jun**

I_{Af} (vh/día): 22.238

IM_{Af}: 468

IP_{Af}: 1.309

Datos históricos

IMD-2023:	-	Pesados:	-
IMD-2022:	-	Pesados:	-
IMD-2021:	-	Pesados:	-
IMD-2020:	-	Pesados:	-
IMD-2019:	-	Pesados:	-
IMD-2018:	8.973 vh/d	Pesados:	1,42%

Estaciones afines

Estacional (L): 405040

L1: 1,1068 L2: 1,0566 L3: 1,0002
L4: 1,0193 L5: 0,9859 L6: 0,9898
L7: 0,9393 L8: 0,9730 L9: 0,9911
L10: 1,0085 L11: 0,9913 L12: 0,9589

Festivos (S): 405040

S: 0,9703

OBSERVACIONES

Nuevo tramo

Código: 370020 **Tipo estación:** Cobertura (Gomas) **PK aforo:** 3,80 **PK inicial:** 3,00

Tramo: De Bypass (A-7) a Glorieta els pous **Longitud tramo:** 4,30 **PK final:** 7,30

IMD 2024: 18.792 **% Pesados:** 9,72% **% Motos:** 2,75%

I_{Lab} (vh/d): 19.462 IP_{Lab} (vh/d): 1.89 IM_{Lab} (vh/d): 535

I_{Fes} (vh/d): - IP_{Fes} (vh/d): - IM_{Fes} (vh/d): -

Aforo **nov**

I_{Af} (vh/día): 19.462

IM_{Af}: 535

IP_{Af}: 1.891

Datos históricos

IMD-2023:	-	Pesados:	-
IMD-2022:	-	Pesados:	-
IMD-2021:	-	Pesados:	-
IMD-2020:	-	Pesados:	-
IMD-2019:	16.752 vh/d	Pesados:	5,72%
IMD-2018:	16.336 vh/d	Pesados:	4,38%

Estaciones afines

Estacional (L): 370025

L1: 1,0014 L2: 0,9864 L3: 1,0493
L4: 0,9620 L5: 0,9463 L6: 0,9519
L7: 0,9428 L8: 1,2189 L9: 1,0293
L10: 0,9669 L11: 1,0422 L12: 0,9601

Festivos (S): 370025

S: 0,9265

OBSERVACIONES

Nuevo tramo

Figura 83 Aforos para el año 2024 de la CV-370 en el punto kilométrico 2.80 y 3.80 (Fuente Libro de aforos de la Diputación de Valencia 2024)

En la Figura 84 se representan los puntos kilométricos de la CV-370, lo que permite identificar con precisión la localización de las estaciones de aforo empleadas para la estimación de la demanda asociada al enlace con la autovía A-7.

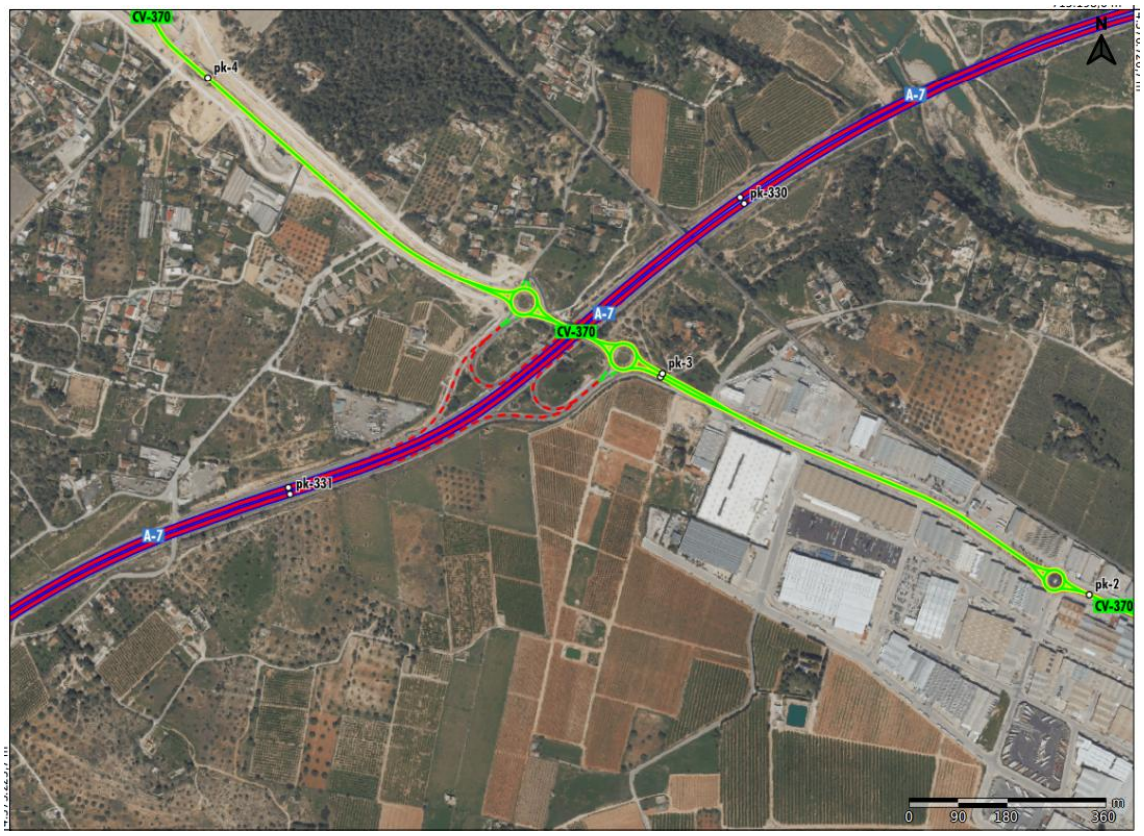

Figura 84 Puntos kilométricos de la carretera autonómica CV-370 en su paso superior con la autovía A-7 (Fuente Visor de la Generalitat Valenciana [16]*)*

De este análisis se desprende que los aforos se realizaron antes y después del enlace que conecta la CV-370 con la A-7, registrándose una IMD de 21,358 vehículos en el margen derecho de la calzada analizada y de 18 792 vehículos en el margen opuesto. Considerando que estos valores corresponden al conjunto de ambos sentidos de circulación, se estima una IMD representativa del enlace. A partir de dicha IMD y aplicando la distribución horaria correspondiente, se obtiene una intensidad aproximada de 350 vehículos ligeros equivalentes por hora, valor que se adopta de forma conservadora ante la ausencia de información más desagregada.

Una vez determinado el valor de v_U, se procede al cálculo del parámetro L_{EQ} para cada hora del día, con el fin de evaluar si el ramal adyacente influye o no en el ramal de salida objeto de estudio. En función de si este valor supera o no la distancia real entre ambos ramales, se selecciona la ecuación correspondiente para la determinación del factor P_{FD} y, en consecuencia, del volumen de tráfico en los carriles 1 y 2 del tronco de la autovía. Los resultados obtenidos se recogen en la Figura 85.

	L0	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15	L16	L17	L18	L19	L20	L21	L22	L23
vf	863	659	564	487	577	1266	2629	4122	3974	3685	3696	3987	4095	4221	4517	4138	3789	4225	4326	3536	2816	2159	1734	1074
vr total	676	521	447	387	455	979	2013	3148	3034	2811	2823	3045	3135	3229	3450	3162	2894	3222	3290	2690	2147	1646	1322	831
LEQ	8859	7522	6994	6630	7042	13624	-16260	-4766	-5134	-6045	-5977	-5094	-4788	-4528	-4010	-4722	-5665	-4562	-4402	-6718	-12782	-78289	33659	10764
PFD 1	0.71	0.72	0.73	0.73	0.72	0.68																		0.69
PFD 2							0.63	0.57	0.58	0.59	0.59	0.58	0.57	0.57	0.55	0.57	0.58	0.57	0.56	0.59	0.62	0.65	0.66	
v12	808	620	532	460	543	1175	2400	3703	3575	3324	3335	3587	3683	3791	4041	3718	3415	3790	3872	3192	2562	1978	1595	1000

Figura 85 Resultados del cálculo de longitud equivalente para el ramal de entrada de la CV-370 aguas arriba y el trafico en los carriles 1 y 2 de la ramal de salida analizada (Fuente Elaboración propia).

Posteriormente, se realizan las dos verificaciones establecidas por la metodología del HCM relativas al tráfico en el carril 3 del tronco de la autovía. En este caso, ambas condiciones se cumplen para todos los períodos analizados, por lo que no es necesario aplicar ninguna corrección adicional al valor de v_{12}. Posteriormente, se procede a verificar la capacidad en

Finalmente, se procede al cálculo de la densidad en la zona de influencia del ramal y a la determinación del correspondiente nivel de servicio, de acuerdo con los criterios definidos en el HCM, obteniendo nivel de servicio D en el 29% del día. Los resultados obtenidos se presentan en la Figura 86.

	L0	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15	L16	L17	L18	L19	L20	L21	L22	L23
Densidad [Dr]	4	2	2	1	2	7	18	29	28	26	26	28	29	30	32	29	26	30	30	25	19	14	11	6
Nivel de Servicio	A	A	A	A	A	A	B	D	C	C	C	C	D	D	D	D	C	D	D	C	B	B	B	A

Figura 86 Resultados del cálculo de densidad y nivel de servicio para el ramal de salida de la calzada de la autovía A-7 dirección ascendente del PK (Fuente Elaboración propia).

Como particularidades del análisis, se observa que para valores elevados de demanda en el ramal de salida el parámetro L_{EQ} adopta valores negativos, circunstancia que conduce a considerar que, en dichos períodos, el ramal adyacente resulta influyente en el ramal de estudio. Asimismo, se obtienen valores de densidad muy bajos en algunos intervalos horarios, lo cual se atribuye la presencia de un carril de desaceleración de longitud amplia.

Continuando con el análisis de la calzada ascendente de la autovía A-7, aguas abajo de el ramal de salida previamente estudiada se localiza la de entrada procedente de la vía colectora**,** que da servicio a los tráficos provenientes de los ramales Madrid–Alicante y Valencia–Alicante. Para este análisis, el tráfico inicial del tronco de la autovía se obtiene restando al volumen aguas arriba los vehículos que abandonan la calzada a través del ramal de salida analizada anteriormente, definiéndose así el tráfico intermedio del enlace. A partir de este volumen se procede al cálculo del parámetro v_{12}. En la Figura 87 se presentan los valores de tráfico considerados, junto con las demandas correspondientes a los ramales de entrada.

Datos de veh.lig.eq Rampa de entrada Madrid/Valencia-Alicante																								
	L0	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15	L16	L17	L18	L19	L20	L21	L22	L23
vf inicial	863	659	564	487	577	1266	2629	4122	3974	3685	3696	3987	4095	4221	4517	4138	3789	4225	4326	3536	2816	2159	1734	1074
vr rampa de salida	676	521	447	387	455	979	2013	3148	3034	2811	2823	3045	3135	3229	3450	3162	2894	3222	3290	2690	2147	1646	1322	831
vf tramo intermedio	187	138	118	100	122	287	616	974	940	874	873	942	960	993	1067	976	895	1003	1036	847	669	512	412	243
vr Madrid-Alicante	80	38	26	35	100	274	492	1022	1050	954	877	894	947	1064	1101	1002	1042	1196	1206	930	697	514	312	154
vr Valencia-Alicante	81	57	52	55	77	238	489	934	951	881	747	728	730	803	862	817	786	886	859	627	450	347	272	148
vr total	161	95	78	90	177	511	981	1956	2001	1835	1624	1622	1677	1867	1964	1819	1828	2082	2065	1557	1147	861	585	302

Figura 87 Intensidad horaria en tronco de autovía A-7 dirección ascendente del PK y de los ramales en el ramal de entrada, valores en vehículos ligeros equivalente por hora (Fuente Elaboración propia)

La sección de la autovía en este tramo es de tres carriles por calzada. Al analizar la posible influencia de ramales adyacentes, se identifica aguas arriba el ramal de salida ya analizada y, aguas abajo, a una distancia aproximada de 2.2 km (7,218 ft), un ramal de salida que da acceso a la CV-36, carretera perteneciente a la Conselleria. Al tratarse de una vía autonómica, sus datos de tráfico se obtienen a partir de los mapas de tráfico de carreteras de la Conselleria (2024). La IMD registrada en el tramo más próximo al enlace es de 29,356 vehículos, con un porcentaje de vehículos pesados del 11 %.

Dado que este valor corresponde al tráfico en ambos sentidos de circulación y que el acceso al enlace se produce a través de dos ramales por cada calzada, se asume que el ramal objeto de análisis representa aproximadamente el 25 % de dicha IMD. A partir de esta estimación, y asignando una distribución horaria equivalente a la de la autovía de la que se deriva el tráfico, se obtiene el volumen horario de vehículos ligeros equivalentes para cada período del día. Los resultados se muestran en la Figura 88.

Tipo	Distribución horaria de vehículos																								IMD aprox.
	L0	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15	L16	L17	L18	L19	L20	L21	L22	L23	
Ligeros	71	49	42	35	44	114	254	406	392	365	363	392	396	411	444	406	372	419	438	357	280	214	172	96	6532
Pesados	15	13	11	10	11	19	32	48	46	42	43	46	50	51	53	49	44	48	46	38	32	24	20	16	807
Total	86	62	53	45	55	132	286	454	438	407	406	438	446	462	497	454	417	467	484	395	312	239	192	112	7339
vd (Veh.lig.eq)	106	77	66	55	68	163	353	559	540	502	501	541	550	569	613	560	514	576	597	487	385	294	237	138	

Figura 88 Distribución de tráfico para ramal de salida entre la autovía A-7 y la CV-36 (Fuente Elaboración propia)

Con esta información, se procede al cálculo de la longitud equivalente L_{EQ} del ramal aguas abajo para cada hora del día. De forma análoga, y conociendo los valores del ramal de salida aguas arriba previamente analizado, se realiza el mismo cálculo para dicho ramal. Los resultados se presentan en la Figura 89. Tras evaluar las longitudes equivalentes obtenidas, se determina que ninguno de los ramales adyacentes ejerce influencia sobre el ramal de entrada objeto de estudio, por lo que esta se considera aislada a efectos del análisis. Bajo esta hipótesis, se procede al cálculo del volumen de tráfico en los carriles 1 y 2 del tronco de la autovía y a la realización de las verificaciones correspondientes con el tráfico del carril 3. En todos los períodos analizados se comprueba que no es necesario aplicar correcciones al valor de v_{12}. Los resultados obtenidos se recogen en la Figura 89.

LEQ UP	L0	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15	L16	L17	L18	L19	L20	L21	L22	L23
	33	9	1	-1	23	130	301	586	588	539	493	507	523	571	607	557	542	619	623	473	347	253	172	75

L UP	4265	ft

LEQ DOWN	L0	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15	L16	L17	L18	L19	L20	L21	L22	L23
	605	440	376	318	392	935	2024	3207	3096	2878	2873	3100	3153	3263	3512	3212	2945	3303	3420	2794	2205	1688	1357	791

L DOWN	7218	ft
PFM	0.6	

v12	111	82	70	59	73	170	366	579	559	519	519	560	571	590	634	580	532	596	616	503	398	305	245	144

Figura 89 Longitudes equivalentes para ramales adyacentes y resultados de la estimación de volumen de tráfico en los carriles 1 y 2 (Fuente Elaboración propia)

Finalmente, se realiza el cálculo de la densidad en la zona de influencia del ramal y se determina el correspondiente nivel de servicio conforme a los criterios establecidos en el HCM. Los resultados obtenidos corresponden a niveles de servicio A, B y C, y se presentan en la Figura 90.

	L0	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15	L16	L17	L18	L19	L20	L21	L22	L23
Densidad [Dr]	4	3	3	3	4	7	12	21	21	19	18	18	19	20	21	20	19	22	22	17	13	10	8	5
Nivel de Servicio	A	A	A	A	A	A	B	C	C	B	B	B	B	C	C	B	B	C	C	B	B	B	A	A

Figura 90 Resultados del cálculo de densidad y nivel de servicio para el ramal de entrada de la calzada de la autovía A-7 dirección ascendente del PK (Fuente Elaboración propia).

6.6.2.2. Calzada A-7 descendente

La calzada de la autovía A-7 en sentido descendente del PK presenta una configuración funcional compuesta por un tramo básico inicial, seguido de un ramal de salida hacia los

ramales Alicante–Valencia y Alicante–Madrid; un tramo básico intermedio; un segmento de entrada procedente de los ramales Madrid–Barcelona y Valencia–Barcelona; y, finalmente, un tramo básico final.

El análisis se inicia con el estudio del ramal de salida, aplicando el procedimiento descrito en el apartado 6.6.1. La Figura 91 muestra la evolución horaria del tráfico durante las 24 horas del día, incluyendo el volumen en el tronco de la autovía expresado en vehículos ligeros equivalentes (v_F) y las demandas asociadas a los ramales correspondientes.

Datos de veh.lig.eq Rampa de salida Alicante-Madrid/Valencia																								
Tráfico	L0	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15	L16	L17	L18	L19	L20	L21	L22	L23
vf	506	358	329	361	476	1348	2577	4026	3941	3388	3184	3248	3452	3683	4082	3801	3598	4262	4057	2806	2187	1595	1167	702
vr Alicante-Valencia	98	73	69	77	97	256	484	756	748	654	610	622	657	697	756	709	677	788	740	513	400	293	211	132
vr Alicante-Madrid	120	92.3	87.8	98.9	122	312	585	914	911	803	747	760	801	847	907	853	820	943	880	610	476	349	250	161
vr total	218	165	156	175	219	568	1069	1670	1659	1457	1357	1382	1459	1544	1664	1562	1498	1731	1621	1124	877	641	461	293

Figura 91 Intensidad horaria en tronco de autovía A-7 dirección descendente del PK y en el ramal de salida, valores en vehículos ligeros equivalente por hora (Fuente Elaboración propia)

Dado que el ramal de salida se encuentra asociada a un tronco de tres carriles por calzada, se analiza la posible influencia de ramales adyacentes. En este caso, aguas arriba se localiza una de entrada correspondiente a la CV-36, situada a una distancia aproximada de 2.5 km (8,200 ft). La caracterización de este ramal se realiza siguiendo el mismo criterio y metodología empleados previamente en el análisis de la calzada A-7 ascendente.

A partir de esta información, se calcula el parámetro L_{EQ} para cada período horario, evaluando si el ramal adyacente resulta influyente en el ramal de salida objeto de estudio. En función de este análisis, se selecciona la expresión correspondiente para la determinación del factor P_{FD} y, en consecuencia, del volumen de tráfico en los carriles 1 y 2 del tronco de la autovía. Los resultados obtenidos se recogen en la Figura 92.

	L0	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15	L16	L17	L18	L19	L20	L21	L22	L23
vu CV-36	106	77	66	55	68	163	353	559	540	502	501	541	550	569	613	560	514	576	597	487	385	294	237	138
vf	506	358	329	361	476	1348	2577	4026	3941	3388	3184	3248	3452	3683	4082	3801	3598	4262	4057	2806	2187	1595	1167	702
vr total	218	165	156	175	219	568	1069	1670	1659	1457	1357	1382	1459	1544	1664	1562	1498	1731	1621	1124	877	641	461	293
LEQ	1599	1151	984	841	1047	2770	7196	15268	15195	13146	12207	13293	13911	14841	15929	14107	12868	15384	14499	9719	7034	4993	3769	2129
PFD 1	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.70	0.65														0.66	0.69	0.71	0.73
PFD2								0.60	0.60	0.62	0.63	0.63	0.62	0.62	0.60	0.61	0.61	0.59	0.60	0.64				
v12	430	308	285	313	409	1114	2044	3087	3035	2658	2508	2558	2700	2860	3122	2928	2789	3233	3089	2206	1748	1300	962	591

Figura 92 Resultados del cálculo de longitud equivalente para el ramal de entrada de la CV-36 aguas arriba y el tráfico en los carriles 1 y 2 del ramal de salida analizada (Fuente Elaboración propia).

Posteriormente, se llevan a cabo las verificaciones establecidas por la metodología del HCM relativas al tráfico en el carril 3. En todos los períodos analizados se comprueba que las condiciones se cumplen, por lo que no es necesario aplicar correcciones adicionales al valor de v_{12}. Finalmente, se procede al cálculo de la densidad en la zona de influencia del ramal y a la determinación del nivel de servicio correspondiente, de acuerdo con los criterios definidos en el HCM. Los resultados obtenidos se presentan en la Figura 93.

	L0	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15	L16	L17	L18	L19	L20	L21	L22	L23
Densidad [Dr]	-6	-7	-7	-7	-6	0	8	17	17	14	12	13	14	15	18	16	15	19	17	10	6	2	-1	-4
Nivel de Servicio	A	A	A	A	A	A	A	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	A	A	A	A	A

Figura 93 Resultados del cálculo de densidad y nivel de servicio para el ramal de salida de la calzada de la autovía A-7 dirección descendente del PK (Fuente Elaboración propia).

Continuando con el análisis de la calzada descendente de la autovía A-7, aguas abajo del ramal de salida previamente estudiada se localiza el ramal de entrada que incorpora los tráficos procedentes de Madrid–Barcelona y Valencia–Barcelona. Para este análisis, el tráfico inicial del tronco de la autovía se obtiene restando al volumen aguas arriba los vehículos que abandonan la calzada a través del ramal de salida analizada anteriormente, definiéndose así el tráfico intermedio del enlace. A partir de este volumen se procede al cálculo del parámetro v_{12}. En la Figura 94 se presentan los valores de tráfico considerados, junto con las demandas correspondientes a los ramales de entrada.

Datos de veh.lig.eq Rampa de entrada Madrid/Valencia-Barcelona																								
	L0	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15	L16	L17	L18	L19	L20	L21	L22	L23
vf inicial	506	358	329	361	476	1348	2577	4026	3941	3388	3184	3248	3452	3683	4082	3801	3598	4262	4057	2806	2187	1595	1167	702
vr rampa de salida	218	165	156	175	219	568	1069	1670	1659	1457	1357	1382	1459	1544	1664	1562	1498	1731	1621	1124	877	641	461	293
vf tramo intermedio	288	193	172	185	257	781	1509	2355	2281	1931	1826	1866	1993	2139	2419	2239	2101	2531	2436	1682	1311	954	706	408
vr Madrid-Barcelona	87	42	28	38	111	305	543	1128	1157	1049	963	980	1036	1168	1207	1094	1136	1310	1325	1026	771	571	350	171
vr Valencia-Barcelona	105	80	76	78	99	267	548	1043	1077	1032	890	881	887	953	994	957	940	1024	969	712	520	396	301	173
vr ajuste	124	104	103	119	137	310	567	887	905	825	757	768	801	836	854	815	800	883	798	556	435	320	222	158
vr total	316	226	207	234	347	882	1658	3059	3139	2906	2611	2630	2724	2956	3054	2865	2877	3216	3092	2295	1726	1287	873	501

Figura 94 Intensidad horaria en tronco de autovía A-7 dirección descendente del PK y en el ramal de entrada, valores en vehículos ligeros equivalente por hora (Fuente Elaboración propia)

La sección de la autovía en este tramo es de tres carriles por calzada. Al evaluar la posible influencia de ramales adyacentes, se identifica aguas arriba el ramal de salida ya analizada y, aguas abajo, a una distancia aproximada de 4.9 km (16,076 ft), un ramal de salida que da acceso a la CV-370. Para la caracterización de este elemento se aplica el mismo procedimiento utilizado en el análisis de la calzada A-7 ascendente, adoptándose una intensidad horaria de 350 vehículos ligeros equivalentes por hora, valor considerado conservador ante la limitada disponibilidad de información desagregada.

A partir de estos datos se calcula la longitud equivalente L_{EQ} para el ramal de salida aguas arriba y para el ramal de salida aguas abajo en cada período horario. El análisis realizado permite concluir que ninguno de los ramales adyacentes ejerce influencia sobre la entrada objeto de estudio. En consecuencia, se procede al cálculo del volumen de tráfico en los carriles 1 y 2 del tronco de la autovía. Los resultados obtenidos se presentan en la Figura 95.

LEQ UP	L0	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15	L16	L17	L18	L19	L20	L21	L22	L23
	-527	-566	-575	-566	-526	-300	22	503	504	379	294	306	354	435	515	436	409	574	527	195	-6	-176	-318	-461

L UP	3691	ft
LEQ DOWN	2297	ft
L DOWN	16076	ft
PFM	0.59	

v12	169	113	101	109	152	460	888	1387	1343	1137	1075	1099	1173	1259	1424	1318	1237	1490	1434	990	772	562	416	240

Figura 95 Longitudes equivalentes para ramales adyacentes y resultados de la estimación de volumen de tráfico en los carriles 1 y 2 (Fuente Elaboración propia)

Posteriormente, se verifican los valores de v_{12} conforme a los criterios establecidos por el HCM y se procede al cálculo de la densidad en la zona de influencia del ramal, así como a la determinación del nivel de servicio correspondiente. Los resultados se recogen en la Figura 96.

	L0	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15	L16	L17	L18	L19	L20	L21	L22	L23
Densidad [Dr]	7	6	5	6	7	13	22	36	37	33	31	31	32	35	37	34	34	38	37	28	22	17	13	9
Nivel de Servicio	A	A	A	A	A	B	C	E	E	D	D	D	D	D	E	D	D	E	E	C	C	B	B	A

Figura 96 Resultados del cálculo de densidad y nivel de servicio para el ramal de entrada de la calzada de la autovía A-7 dirección descendente del PK (Fuente Elaboración propia).

Del análisis de los resultados se observa que, durante los períodos de mayor demanda tanto en la franja horaria de la mañana como en la de la tarde, el nivel de servicio alcanza valores correspondientes al nivel E, lo que pone de manifiesto una afectación apreciable al funcionamiento del tráfico en la zona de influencia del ramal, en contraste con el comportamiento más holgado observado en otros elementos del enlace.

6.6.2.3. Calzada A-3 ascendente

La calzada de la autovía A-3 en sentido ascendente del PK presenta una configuración funcional compuesta por un tramo básico inicial, seguido de un ramal de salida hacia los movimientos Madrid–Barcelona y Madrid–Alicante; un tramo básico intermedio; un segmento con ramal de entrada procedente de los movimientos Alicante–Valencia y Barcelona–Valencia; y, finalmente, un tramo básico final.

El análisis se inicia con el estudio del ramal de salida, aplicando el procedimiento descrito en el apartado 6.6.1. La Figura 97 muestra la evolución horaria del tráfico a lo largo de las 24 horas del día, incluyendo el volumen en el tronco de la autovía expresado en vehículos ligeros equivalentes (v_F) y las demandas asociadas a los ramales correspondientes.

Dado que este ramal de salida se encuentra asociada a un tronco de cuatro carriles por calzada, no resulta necesario analizar la influencia de ramales adyacentes, de acuerdo con los criterios establecidos en el HCM para este tipo de configuración. En consecuencia, el factor P_{FD} adopta un valor constante de 0.44, lo que permite proceder directamente al cálculo del parámetro v_{12} y a la realización de las verificaciones correspondientes. Los resultados obtenidos se presentan en la Figura 97.

Datos de veh.lig.eq Rampa de salida Madrid-Alicante/Barcelona																								
Tráfico	L0	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15	L16	L17	L18	L19	L20	L21	L22	L23
vf	206	102	64	90	288	808	1379	2869	2909	2606	2389	2412	2528	2883	2964	2633	2714	3195	3284	2597	1977	1488	945	443
vr Madrid-Barcelona	87	42	28	38	111	305	543	1128	1157	1049	963	980	1036	1168	1207	1094	1136	1310	1325	1026	771	571	350	171
vr Madrid-Alicante	80	38	26	35	100	274	492	1022	1050	954	877	894	947	1064	1101	1002	1042	1196	1206	930	697	514	312	154
vr+vr	166	80	54	72	210	579	1035	2150	2207	2003	1841	1874	1983	2232	2308	2096	2179	2506	2531	1957	1468	1086	662	325

v12	184	90	58	80	244	679	1185	2464	2513	2266	2080	2109	2221	2516	2594	2330	2412	2806	2859	2236	1690	1261	785	376

Figura 97 Intensidad horaria en tronco de autovía A-3 dirección Ascendente del PK y en el ramal de salida, valores en vehículos ligeros equivalente por hora (Fuente Elaboración propia)

Sin embargo, se realiza la comprobación de capacidad en el ramal de desaceleración el cual cuenta con un único carril y se obtiene que se supera la capacidad en determinadas horas del día .A continuación, se procede al cálculo de la densidad en las demás horas de la zona de influencia del ramal y a la determinación del nivel de servicio correspondiente, conforme a los criterios definidos en el HCM. Los resultados se recogen en la Figura 98.

	L0	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15	L16	L17	L18	L19	L20	L21	L22	L23
Densidad [Dr]	1	1	0	0	2	6	10	21	21	19	18	18	19	21	22	20	20	24	24	19	14	11	7	3
Nivel de Servicio	A	A	A	A	A	A	A	C	C	B	B	B	B	C	C	B	C	F	F	B	B	B	A	A

Figura 98 Resultados del cálculo de densidad y nivel de servicio para el ramal de salida de la calzada de la autovía A-3 dirección ascendente del PK (Fuente Elaboración propia).

Continuando con el análisis de la calzada ascendente de la autovía A-3, aguas abajo del ramal de salida previamente estudiada se localiza el ramal de entrada que incorpora los tráficos procedentes de los movimientos Alicante–Valencia y Barcelona–Valencia. Para este análisis, el tráfico inicial del tronco de la autovía se obtiene restando al volumen aguas arriba los vehículos que abandonan la calzada a través la salida analizada anteriormente, definiéndose así el tráfico intermedio del enlace. A partir de este volumen se procede al cálculo del parámetro v_{12}. En la Figura 99 se presentan los valores de tráfico considerados, junto con las demandas correspondientes a los ramales de entrada.

Datos de veh.lig.eq Rampa de entrada Barcelona/Alicante-Valencia																								
	L0	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15	L16	L17	L18	L19	L20	L21	L22	L23
vf inicial	206	102	64	90	288	808	1379	2869	2909	2606	2389	2412	2528	2883	2964	2633	2714	3195	3284	2597	1977	1488	945	443
vr rampa de salida	166	80	54	72	210	579	1035	2150	2207	2003	1841	1874	1983	2232	2308	2096	2179	2506	2531	1957	1468	1086	662	325
vf tramo intermedio	40	22	10	17	77	230	344	719	703	603	549	538	545	651	656	537	536	689	754	641	509	402	283	118
vr Alicante-Valencia	98	73	69	77	97	256	484	756	748	654	610	622	657	697	756	709	677	788	740	513	400	293	211	132
vr Barcelona-Valencia	216	172	148	129	148	301	599	928	894	826	833	898	933	957	1018	934	854	946	956	782	629	483	388	256
vr total	314	245	216	206	245	558	1083	1684	1642	1480	1444	1520	1590	1655	1774	1643	1531	1734	1697	1296	1030	776	599	389

Figura 99 Intensidad horaria en tronco de autovía A-3 dirección Ascendente del PK y en el ramal de entrada, valores en vehículos ligeros equivalente por hora (Fuente Elaboración propia)

La sección de la autovía en este tramo es de tres carriles por calzada. Al evaluar la posible influencia de ramales adyacentes, se identifica aguas arriba el ramal de salida ya analizado y, aguas abajo, un ramal de entrada procedente de un polígono industrial. Al tratarse de un ramal de entrada aguas abajo, esta no ejerce influencia sobre el elemento objeto de estudio, de acuerdo con los criterios del HCM.

Con esta consideración, se calcula la longitud equivalente L_{EQ} del ramal de salida aguas arriba para cada período horario. El análisis realizado permite concluir que dicho ramal tampoco resulta influyente en el ramal de entrada estudiada. En consecuencia, se procede al cálculo del volumen de tráfico en los carriles 1 y 2 del tronco de la autovía. Los resultados obtenidos se presentan en la Figura 100.

LEQ UP	L0	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15	L16	L17	L18	L19	L20	L21	L22	L23
	-2	-20	-29	-29	-8	91	228	437	425	369	349	363	380	416	443	389	365	441	447	337	252	175	112	31

L UP	8425	ft
PFM	0.59	

v12	23	13	6	10	46	136	204	426	416	357	325	318	323	385	389	318	317	408	446	379	302	238	168	70

Figura 100 Longitudes equivalentes para ramales adyacentes y resultados de la estimación de volumen de tráfico en los carriles 1 y 2 (Fuente Elaboración propia)

Finalmente, se verifican los valores de v_{12} conforme a los criterios establecidos por el HCM y se procede al cálculo de la densidad en la zona de influencia del ramal, así como a la determinación del nivel de servicio correspondiente. Los resultados se recogen en la Figura 101.

	L0	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15	L16	L17	L18	L19	L20	L21	L22	L23
Densidad [Dr]	5	4	4	4	4	7	12	18	18	16	15	16	16	17	18	17	16	18	18	15	12	10	8	6
Nivel de Servicio	A	A	A	A	A	A	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	A	A	A

Figura 101 Resultados del cálculo de densidad y nivel de servicio para el ramal de entrada de la calzada de la autovía A-3 dirección ascendente del PK (Fuente Elaboración propia).

6.6.2.4. Calzada A-3 descendente

La calzada de la autovía A-3 en sentido descendente del PK presenta una configuración funcional compuesta por un tramo básico inicial, seguido de un ramal de salida hacia los movimientos Valencia–Barcelona y Valencia–Alicante; un tramo básico intermedio; un segmento con ramal de entrada procedente de los movimientos Barcelona–Madrid y Alicante–Madrid; y, finalmente, un tramo básico final.

El análisis se inicia con el estudio del ramal de salida, aplicando el procedimiento descrito en el apartado 6.6.1. La Figura 102 muestra la evolución horaria del tráfico a lo largo de las 24 horas del día, incluyendo el volumen en el tronco de la autovía expresado en vehículos ligeros equivalentes (v_F) y las demandas asociadas a los ramales correspondientes.

Datos de veh.lig.eq Rampa de salida Valencia-Barcelona/Alicante																								
Tráfico	L0	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15	L16	L17	L18	L19	L20	L21	L22	L23
vf	282	191	175	188	270	868	1784	3414	3461	3175	2677	2598	2604	2885	3124	2944	2816	3206	3132	2279	1627	1258	998	533
vr (Ajuste)	27	15	12	15	26	108	222	427	424	370	303	286	286	330	374	343	317	381	386	278	193	152	126	62
vr Barcelona-Madrid	105	80	76	78	99	267	548	1043	1077	1032	890	881	887	953	994	957	940	1024	969	712	520	396	301	173
vr Barcelona-Valencia	81	57	52	55	77	238	489	934	951	881	747	728	730	803	862	817	786	886	859	627	450	347	272	148
vr total	213	151	140	147	203	613	1258	2405	2452	2283	1940	1896	1903	2085	2230	2117	2043	2291	2215	1617	1163	895	700	383

Figura 102 Intensidad horaria en tronco de autovía A-3 dirección descendente del PK y en el ramal de salida, valores en vehículos ligeros equivalente por hora (Fuente Elaboración propia)

Dado que este ramal de salida se encuentra asociada a un tronco de tres carriles por calzada, se analiza la posible influencia de ramales adyacentes. Aguas arriba se localiza una salida que da acceso al polígono industrial L'Oliveral, la cual, de acuerdo con los criterios del HCM, no ejerce influencia sobre el ramal objeto de estudio. Aguas abajo se identifica una entrada, que tampoco resulta influyente en el funcionamiento del ramal de salida analizado. En consecuencia, el ramal puede considerarse aislado, lo que permite proceder directamente al cálculo del parámetro v_{12} y a la realización de las verificaciones correspondientes. Los resultados obtenidos se presentan en la Figura 103.

PFD 1	0.74	0.75	0.75	0.75	0.74	0.71	0.66	0.56	0.56	0.58	0.60	0.61	0.61	0.59	0.58	0.59	0.60	0.57	0.58	0.63	0.67	0.69	0.70	0.73
v12	264	181	166	177	252	794	1604	2974	3018	2796	2385	2323	2329	2559	2748	2604	2503	2816	2747	2033	1472	1145	909	492

Figura 103 resultados de la estimación de volumen de tráfico en los carriles 1 y 2 (Fuente Elaboración propia)

A continuación, se procede al cálculo de la densidad en la zona de influencia del ramal y a la determinación del nivel de servicio correspondiente, conforme a los criterios definidos en el HCM. Los resultados se recogen en la Figura 104.

	L0	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15	L16	L17	L18	L19	L20	L21	L22	L23
Densidad [Dr]	0	0	0	0	0	5	12	24	24	22	19	18	18	20	22	21	20	22	22	16	11	8	6	2
Nivel de Servicio	A	A	A	A	A	A	B	C	C	C	B	B	B	C	C	C	B	C	C	B	B	A	A	A

Figura 104 Resultados del cálculo de densidad y nivel de servicio para el ramal de salida de la calzada de la autovía A-3 dirección descendente del PK (Fuente Elaboración propia)

Continuando con el análisis de la calzada descendente de la autovía A-3, aguas abajo del ramal de salida previamente estudiado se localiza el ramal de entrada que incorpora los tráficos procedentes de los movimientos Barcelona–Madrid y Alicante–Madrid. Para este análisis, el tráfico inicial del tronco de la autovía se obtiene restando al volumen aguas arriba los vehículos que abandonan la calzada a través de la salida analizada anteriormente, definiéndose así el tráfico intermedio del enlace. A partir de este volumen

se procede al cálculo del parámetro v_{12}. En la Figura 105 se presentan los valores de tráfico considerados, junto con las demandas correspondientes a los ramales de entrada.

Datos de veh.lig.eq Rampa de entrada Alicante/Barcelona-Madrid																								
	L0	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15	L16	L17	L18	L19	L20	L21	L22	L23
vf inicial	282	191	175	188	270	868	1784	3414	3461	3175	2677	2598	2604	2885	3124	2944	2816	3206	3132	2279	1627	1258	998	533
vr rampa de salida	213	151	140	147	203	613	1258	2405	2452	2283	1940	1896	1903	2085	2230	2117	2043	2291	2215	1617	1163	895	700	383
vf tramo intermedio	69	41	35	40	67	256	526	1010	1009	892	737	702	701	800	894	827	772	915	917	662	464	364	298	150
vr Barcelona-Madrid	324	255	218	191	221	459	924	1438	1385	1281	1290	1391	1439	1479	1575	1445	1322	1468	1489	1218	977	750	602	390
vr Alicante-Madrid	120	92	88	99	122	312	585	914	911	803	747	760	801	847	907	853	820	943	880	610	476	349	250	161
vr total	444	347	306	290	343	770	1509	2352	2295	2084	2037	2151	2240	2326	2483	2299	2142	2411	2369	1829	1453	1098	852	551

Figura 105 Intensidad horaria en tronco de autovía A-3 dirección descendente del PK y en el ramal de entrada, valores en vehículos ligeros equivalente por hora (Fuente Elaboración propia)

La sección de la autovía en este tramo es de tres carriles por calzada. Al evaluar la posible influencia de ramales adyacentes, se identifica aguas arriba un ramal de entrada correspondiente a la CV-374. Al tratarse de una entrada situada aguas abajo del ramal objeto de estudio, esta no ejerce influencia sobre su funcionamiento, de acuerdo con los criterios establecidos por el HCM.

Con esta consideración, se calcula la longitud equivalente L_{EQ} del ramal de salida aguas arriba para cada período horario. El análisis realizado permite concluir que dicho ramal no resulta influyente en la entrada estudiada. En consecuencia, se procede al cálculo del volumen de tráfico en los carriles 1 y 2 del tronco de la autovía. Los resultados obtenidos se presentan en la Figura 106.

LEQ UP	L0	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15	L16	L17	L18	L19	L20	L21	L22	L23
	33	6	-4	-7	11	143	358	642	630	560	517	534	552	592	646	592	547	635	626	456	333	236	169	73

L UP	6480	ft
PFM	0.59	

v12	41	24	21	24	40	151	311	598	597	528	437	416	415	474	530	490	457	542	543	392	274	215	176	89

Figura 106 Longitudes equivalentes para ramales adyacentes y resultados de la estimación de volumen de tráfico en los carriles 1 y 2 (Fuente Elaboración propia)

Finalmente, se verifican los valores de v_{12}conforme a los criterios establecidos por el HCM y se procede al cálculo de la densidad en la zona de influencia del ramal, así como a la determinación del nivel de servicio correspondiente. Los resultados se recogen en la Figura 107.

	L0	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15	L16	L17	L18	L19	L20	L21	L22	L23
Densidad [Dr]	6	5	5	5	5	9	16	24	24	22	21	21	22	23	25	23	22	24	24	19	15	12	10	7
Nivel de Servicio	A	A	A	A	A	A	B	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	B	B	B	A	A

Figura 107 Resultados del cálculo de densidad y nivel de servicio para el ramal de entrada de la calzada de la autovía A-3 dirección descendente del PK (Fuente Elaboración propia)

6.6.3. Comprobación de capacidad

De acuerdo con lo establecido en el apartado 6.6.1.3, la estimación de la capacidad del enlace se realiza mediante la verificación de tres puntos de chequeo definidos por la metodología del Highway Capacity Manual. Adicionalmente, y con el objetivo de reforzar la validez de los resultados obtenidos, esta comprobación se aborda de forma global para cada uno de los elementos analizados.

El primer punto de chequeo corresponde a la verificación de la capacidad en los troncos de las autovías, tanto aguas arriba como aguas abajo de los ramales. Para este análisis se toma como referencia el estudio realizado mediante el software Freeval, en el cual estos tramos fueron evaluados sin que se identificaran problemas de capacidad ni situaciones próximas al colapso, confirmando que el tronco principal opera dentro de márgenes aceptables para las demandas consideradas.

El segundo punto de chequeo se centra en las calzadas de los ramales. En este caso, se adoptan como referencia las capacidades teóricas definidas en la Guía de nudos viarios, que establece valores de capacidad en función de la velocidad específica de cada elemento y de la tipología del ramal. En la Figura 108 se presenta, para cada ramal, la capacidad teórica correspondiente, junto con su demanda horaria expresada en vehículos ligeros equivalentes. Asimismo, se representa la relación demanda–capacidad mediante una escala cromática común, tomando como referencia el menor valor de capacidad teórica identificado.

Ramal		Tipología	Capacidad por velocidad específica [Veh.lig.eq/h]	Capacidad por tipo de ramal [Veh.lig.eq/h]	Intensidad horaria [Veh.lig.eq/h]																								
Origen	Destino				L0	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15	L16	L17	L18	L19	L20	L21	L22	L23
Barcelona	Madrid	Directo	2000	2500	324	255	218	191	221	459	924	1438	1385	1281	1290	1391	1439	1479	1575	1445	1322	1468	1489	1218	977	750	602	390
Barcelona	Valencia	Lazo	1800	1250	216	172	148	129	148	301	599	928	894	826	833	898	933	957	1018	934	854	946	956	782	629	483	388	256
Alicante	Madrid	Lazo	1900	1250	120	92	88	99	122	312	585	914	911	803	747	760	801	847	907	853	820	943	880	610	476	349	250	161
Alicante	Valencia	Directo	2000	2500	96	73	69	77	97	256	484	756	748	654	610	622	657	697	756	709	677	788	740	513	400	293	211	132
Madrid	Alicante	Directo	2000	2500	80	38	26	35	100	274	492	1022	1050	954	877	894	947	1064	1101	1002	1042	1196	1206	930	697	514	312	154
Madrid	Barcelona	Circulo	1900	1250	87	42	28	38	111	305	543	1128	1157	1049	963	980	1036	1168	1207	1094	1136	1310	1325	1026	771	571	350	171
Valencia	Alicante	Lazo	1900	1250	81	57	52	55	77	238	489	934	951	881	747	728	730	803	862	817	786	886	859	627	450	347	272	148
Valencia	Barcelona	Directo	1900	2500	105	80	76	78	99	267	548	1043	1077	1032	890	881	887	953	994	957	940	1024	969	712	520	396	301	173

Figura 108 capacidades teóricas por ramal según la velocidad específica del elemento y la tipología, adicionalmente se presenta la demanda horaria junto a una escala monocromática para cada ramal (Fuente Elaboración propia a partir de datos de la Guia de Nudos Viarios).

La Figura 108 permite observar que, durante determinadas franjas horarias, algunos ramales presentan intensidades elevadas en relación con su capacidad teórica. Destacan especialmente los movimientos Barcelona–Madrid y Madrid–Barcelona, siendo este último el que llega a superar puntualmente su capacidad teórica entre las 17:00 y las 19:00 horas. No obstante, se continúa con la aplicación de la metodología del HCM, dado que estas capacidades teóricas están sujetas a variaciones según el criterio para determinar la capacidad.

El tercer punto de chequeo corresponde a la verificación del flujo máximo deseable a la entrada de la zona de influencia de cada ramal. Para ello, se emplean los límites establecidos por el HCM en función de la velocidad de flujo libre del tronco de la autovía, representados en la Figura 81. Las Figura 109 a Figura 112 recogen los valores obtenidos para los ocho ramales objeto de estudio.

Autovía A-7 sentido ascendente del PK																								
Tráfico	L0	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15	L16	L17	L18	L19	L20	L21	L22	L23
Tronco de autovía[1]	639	488	418	360	427	937	1947	3053	2943	2729	2737	2952	3032	3126	3345	3064	2805	3128	3203	2619	2085	1598	1284	795
Rampa de salida	676	521	447	387	455	979	2013	3148	3034	2811	2823	3045	3135	3229	3450	3162	2894	3222	3290	2690	2147	1646	1322	831
Carriles 1 y 2 (v12)[2]	808	620	532	460	543	1175	2400	3703	3575	3324	3335	3587	3683	3791	4041	3718	3415	3790	3872	3192	2562	1978	1595	1000
Tronco de autovía	187	138	118	100	122	287	616	974	940	874	873	942	960	993	1067	976	895	1003	1036	847	669	512	412	243
Rampa de entrada	161	95	78	90	177	511	981	1956	2001	1835	1624	1622	1677	1867	1964	1819	1828	2082	2065	1557	1147	861	585	302
Carriles 1 y 2	111	82	70	59	73	170	366	579	559	519	519	560	571	590	634	580	532	596	616	503	398	305	245	144
vr12[3]	272	177	148	149	249	682	1347	2535	2560	2355	2143	2182	2248	2457	2598	2399	2360	2678	2681	2060	1544	1166	829	446

Figura 109 Demanda en autovía A-7 sentido ascendente de PK en vehículos ligeros equivalentes por hora (Fuente Elaboración propia).
[1] Demanda en tronco de autovía aguas arriba de ramal de salida.
[2] Demanda en zona de influencia de ramal de salida.
[3] Demanda en zona de influencia de ramal de entrada.

Autovía A-7 sentido descendente del PK																								
Tráfico	**L0**	**L1**	**L2**	**L3**	**L4**	**L5**	**L6**	**L7**	**L8**	**L9**	**L10**	**L11**	**L12**	**L13**	**L14**	**L15**	**L16**	**L17**	**L18**	**L19**	**L20**	**L21**	**L22**	**L23**
Tronco de autovía[1]	506	358	329	361	476	1348	2577	4026	3941	3388	3184	3248	3452	3683	4082	3801	3598	4262	4057	2806	2187	1595	1167	702
Rampa de salida	218	165	156	175	219	568	1069	1670	1659	1457	1357	1382	1459	1544	1664	1562	1498	1731	1621	1124	877	641	461	293
Carriles 1 y 2 (v12)[2]	430	308	285	313	409	1114	2044	3087	3035	2658	2508	2558	2700	2860	3122	2928	2789	3233	3089	2206	1748	1300	962	591
Tronco de autovía	288	193	172	185	257	781	1509	2355	2281	1931	1826	1866	1993	2139	2419	2239	2101	2531	2436	1682	1311	954	706	408
Rampa de entrada	316	226	207	234	347	882	1658	3059	3139	2906	2611	2630	2724	2956	3054	2865	2877	3216	3092	2295	1726	1287	873	501
Carriles 1 y 2	169	113	101	109	152	460	888	1387	1343	1137	1075	1099	1173	1259	1424	1318	1237	1490	1434	990	772	562	416	240
vr12[3]	485	339	308	343	498	1341	2546	4446	4482	4043	3686	3728	3898	4216	4478	4183	4114	4706	4527	3285	2498	1849	1289	742

Figura 110 Demanda en autovía A-7 sentido descendente de PK en vehículos ligeros equivalentes por hora (Fuente Elaboración propia).
[1] Demanda en tronco de autovía aguas arriba de ramal de salida.
[2] Demanda en zona de influencia de ramal de salida.
[3] Demanda en zona de influencia de ramal de entrada.

Autovía A-3 sentido ascendente del PK																								
Tráfico	**L0**	**L1**	**L2**	**L3**	**L4**	**L5**	**L6**	**L7**	**L8**	**L9**	**L10**	**L11**	**L12**	**L13**	**L14**	**L15**	**L16**	**L17**	**L18**	**L19**	**L20**	**L21**	**L22**	**L23**
Tronco de autovía[1]	206	102	64	90	288	808	1379	2869	2909	2606	2389	2412	2528	2883	2964	2633	2714	3195	3284	2597	1977	1488	945	443
Rampa de salida	166	80	54	72	210	579	1035	2150	2207	2003	1841	1874	1983	2232	2308	2096	2179	2506	2531	1957	1468	1086	662	325
Carriles 1 y 2 (v12)[2]	184	90	58	80	244	679	1185	2464	2513	2266	2080	2109	2221	2516	2594	2330	2412	2806	2859	2236	1690	1261	785	376
Tronco de autovía	40	22	10	17	77	230	344	719	703	603	549	538	545	651	656	537	536	689	754	641	509	402	283	118
Rampa de salida	314	245	216	206	245	558	1083	1684	1642	1480	1444	1520	1590	1655	1774	1643	1531	1734	1697	1296	1030	776	599	389
Carriles 1 y 2 (v12)	23	13	6	10	46	136	204	426	416	357	325	318	323	385	389	318	317	408	446	379	302	238	168	70
vr12[3]	337	258	222	216	291	694	1286	2110	2058	1837	1769	1838	1913	2040	2162	1961	1849	2142	2143	1675	1331	1014	767	459

Figura 111 Demanda en autovía A-3 sentido ascendente de PK en vehículos ligeros equivalentes por hora (Fuente Elaboración propia).
[1] Demanda en tronco de autovía aguas arriba de ramal de salida.
[2] Demanda en zona de influencia de ramal de salida.
[3] Demanda en zona de influencia de ramal de entrada.

Autovía A-3 sentido descendente del PK																								
Tráfico	**L0**	**L1**	**L2**	**L3**	**L4**	**L5**	**L6**	**L7**	**L8**	**L9**	**L10**	**L11**	**L12**	**L13**	**L14**	**L15**	**L16**	**L17**	**L18**	**L19**	**L20**	**L21**	**L22**	**L23**
Tronco de autovía[1]	282	191	175	188	270	868	1784	3414	3461	3175	2677	2598	2604	2885	3124	2944	2816	3206	3132	2279	1627	1258	998	533
Rampa de salida	213	151	140	147	203	613	1258	2405	2452	2283	1940	1896	1903	2085	2230	2117	2043	2291	2215	1617	1163	895	700	383
Carriles 1 y 2 (v12)[2]	264	181	166	177	252	794	1604	2974	3018	2796	2385	2323	2329	2559	2748	2604	2503	2816	2747	2033	1472	1145	909	492
Tronco de autovía	69	41	35	40	67	256	526	1010	1009	892	737	702	701	800	894	827	772	915	917	662	464	364	298	150
Rampa de salida	444	347	306	290	343	770	1509	2352	2295	2084	2037	2151	2240	2326	2483	2299	2142	2411	2369	1829	1453	1098	852	551
Carriles 1 y 2	41	24	21	24	40	151	311	598	597	528	437	416	415	474	530	490	457	542	543	392	274	215	176	89
vr12[3]	485	371	327	313	382	922	1820	2950	2893	2613	2474	2567	2656	2800	3012	2789	2600	2953	2913	2221	1728	1314	1028	640

Figura 112 Demanda en autovía A-3 sentido descendente de PK en vehículos ligeros equivalentes por hora (Fuente Elaboración propia).
[1] Demanda en tronco de autovía aguas arriba de ramal de salida.
[2] Demanda en zona de influencia de ramal de salida.
[3] Demanda en zona de influencia de ramal de entrada.

Del análisis de estos resultados se desprende que, en ningún caso, la demanda en el tronco —considerando los carriles 1 y 2 en ramales de salida y los carriles 1 y 2 más el flujo del movimiento en ramales de entrada— supera los límites máximos recomendados por el HCM. Este hecho confirma que, desde el punto de vista de la capacidad, el funcionamiento del enlace es compatible con las demandas actuales analizadas.

6.6.4. Análisis de resultados de metodología complementaria del HCM

El análisis de resultados del enlace se ha llevado a cabo mediante la evaluación individualizada de cada calzada y sentido de circulación, integrando de manera explícita la influencia de los ramales de acceso y salida, así como su interacción con los troncos de las autovías A-7 y A-3. La aplicación sistemática de la metodología del Highway Capacity Manual (HCM) ha permitido caracterizar el comportamiento operativo del conjunto en condiciones de demanda horaria variable, identificando los tramos y periodos con condiciones más desfavorables en términos de Nivel de Servicio (LOS). De la Figura 113 a la Figura 116 se presenta a manera de resumen los resultados obtenidos del análisis ejecutado, resaltando los niveles de servicio que se presentan en cada ramal de salida y entrada.

Autovía A-7 sentido ascendente del PK																								
Tráfico	L0	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15	L16	L17	L18	L19	L20	L21	L22	L23
Tronco de autovía	639	488	418	360	427	937	1947	3053	2943	2729	2737	2952	3032	3126	3345	3064	2805	3128	3203	2619	2085	1598	1284	795
Rampa de salida	676	521	447	387	455	979	2013	3148	3034	2811	2823	3045	3135	3229	3450	3162	2894	3222	3290	2690	2147	1646	1322	831
Carriles 1 y 2	808	620	532	460	543	1175	2400	3703	3575	3324	3335	3587	3683	3791	4041	3718	3415	3790	3872	3192	2562	1978	1595	1000
Nivel de Servicio	A	A	A	A	A	A	B	D	C	C	C	C	D	D	D	D	C	D	D	C	B	B	B	A
Tronco de autovía	187	138	118	100	122	287	616	974	940	874	873	942	960	993	1067	976	895	1003	1036	847	669	512	412	243
Rampa de entrada	161	95	78	90	177	511	981	1956	2001	1835	1624	1622	1677	1867	1964	1819	1828	2082	2065	1557	1147	861	585	302
Carriles 1 y 2	111	82	70	59	73	170	366	579	559	519	519	560	571	590	634	580	532	596	616	503	398	305	245	144
Nivel de Servicio	A	A	A	A	A	A	B	C	C	B	B	B	B	C	C	B	B	C	C	B	B	B	A	A

Figura 113 Resumen de análisis de ramales de entrada y salida calzada de autovía A-7 sentido ascendente del PK (Fuente Elaboración propia).

Autovía A-7 sentido descendente del PK																								
Tráfico	L0	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15	L16	L17	L18	L19	L20	L21	L22	L23
Tronco de autovía	506	358	329	361	476	1348	2577	4026	3941	3388	3184	3248	3452	3683	4082	3801	3598	4262	4057	2806	2187	1595	1167	702
Rampa de salida	218	165	156	175	219	568	1069	1670	1659	1457	1357	1382	1459	1544	1664	1562	1498	1731	1621	1124	877	641	461	293
Carriles 1 y 2	430	308	285	313	409	1114	2044	3087	3035	2658	2508	2558	2700	2860	3122	2928	2789	3233	3089	2206	1748	1300	962	591
Nivel de Servicio	A	A	A	A	A	A	A	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	A	A	A	A	A
Tronco de autovía	288	193	172	185	257	781	1509	2355	2281	1931	1826	1866	1993	2139	2419	2239	2101	2531	2436	1682	1311	954	706	408
Rampa de entrada	316	226	207	234	347	882	1658	3059	3139	2906	2611	2630	2724	2956	3054	2865	2877	3216	3092	2295	1726	1287	873	501
Carriles 1 y 2	169	113	101	109	152	460	888	1387	1343	1137	1075	1099	1173	1259	1424	1318	1237	1490	1434	990	772	562	416	240
Nivel de Servicio	A	A	A	A	A	B	C	E	E	D	D	D	D	D	E	D	D	E	E	C	C	B	B	A

Figura 114 Resumen de análisis de ramales de entrada y salida calzada de autovía A-7 sentido descendente del PK (Fuente Elaboración propia).

Autovía A-3 sentido ascendente del PK																								
Tráfico	L0	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15	L16	L17	L18	L19	L20	L21	L22	L23
Tronco de autovía	206	102	64	90	288	808	1379	2869	2909	2606	2389	2412	2528	2883	2964	2633	2714	3195	3284	2597	1977	1488	945	443
Rampa de salida	166	80	54	72	210	579	1035	2150	2207	2003	1841	1874	1983	2232	2308	2096	2179	2506	2531	1957	1468	1086	662	325
Carriles 1 y 2	184	90	58	80	244	679	1185	2464	2513	2266	2080	2109	2221	2516	2594	2330	2412	2806	2859	2236	1690	1261	785	376
Nivel de Servicio	A	A	A	A	A	A	A	C	C	B	B	B	B	C	C	B	C	F	F	B	B	B	A	A
Tronco de autovía	40	22	10	17	77	230	344	719	703	603	549	538	545	651	656	537	536	689	754	641	509	402	283	118
Rampa de salida	314	245	216	206	245	558	1083	1684	1642	1480	1444	1520	1590	1655	1774	1643	1531	1734	1697	1296	1030	776	599	389
Carriles 1 y 2	23	13	6	10	46	136	204	426	416	357	325	318	323	385	389	318	317	408	446	379	302	238	168	70
Nivel de Servicio	A	A	A	A	A	A	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	A	A	A

Figura 115 Resumen de análisis de ramales de entrada y salida calzada de autovía A-3 sentido ascendente del PK (Fuente Elaboración propia).

Autovía A-3 sentido descendente del PK																								
Tráfico	L0	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15	L16	L17	L18	L19	L20	L21	L22	L23
Tronco de autovía	282	191	175	188	270	868	1784	3414	3461	3175	2677	2598	2604	2885	3124	2944	2816	3206	3132	2279	1627	1258	998	533
Rampa de salida	213	151	140	147	203	613	1258	2405	2452	2283	1940	1896	1903	2085	2230	2117	2043	2291	2215	1617	1163	895	700	383
Carriles 1 y 2	264	181	166	177	252	794	1604	2974	3018	2796	2385	2323	2329	2559	2748	2604	2503	2816	2747	2033	1472	1145	909	492
Nivel de Servicio	A	A	A	A	A	A	B	C	C	C	B	B	B	C	C	C	B	C	C	B	B	A	A	A
Tronco de autovía	69	41	35	40	67	256	526	1010	1009	892	737	702	701	800	894	827	772	915	917	662	464	364	298	150
Rampa de salida	444	347	306	290	343	770	1509	2352	2295	2084	2037	2151	2240	2326	2483	2299	2142	2411	2369	1829	1453	1098	852	551
Carriles 1 y 2	41	24	21	24	40	151	311	598	597	528	437	416	415	474	530	490	457	542	543	392	274	215	176	89
Nivel de Servicio	A	A	A	A	A	A	B	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	B	B	B	A	A

Figura 116 Resumen de análisis de ramales de entrada y salida calzada de autovía A-3 sentido descendente del PK (Fuente Elaboración propia).

Los resultados globales muestran un comportamiento heterogéneo, condicionado fundamentalmente por la intensidad de los movimientos direccionales dominantes, la configuración de carriles (tres o cuatro por calzada) y la proximidad entre ramales consecutivas. Se constata una clara diferenciación operativa entre calzadas. La autovía A-7 presenta mayor demanda alcanzando niveles de servicio D y E en sus dos calzadas, en cambio la autovía A-3 presenta mayor robustes, principalmente en sentido ascendente con 4 carriles antes del ramal de salida, sin embargo, esta robustes pierde relevancia al presentar un cuello de botella en el ramal de salida con un único carril y haciendo que la demanda supere la capacidad.

Por el contrario, las calzadas con tres carriles exhiben una mayor vulnerabilidad operativa, especialmente en tramos donde confluyen volúmenes elevados en ramales de entrada. Aunque, conforme a los criterios del HCM, varios ramales puedan analizarse como aislados, la congestión en el carril derecho del tronco principal induce un aumento

apreciable de la densidad vehicular. Este efecto se acentúa durante los periodos punta (mañana y tarde), llegando a registrar niveles de servicio D o E.

Las condiciones operativas más desfavorables se concentran en determinados ramales de entrada, en particular la salida de la A-7 en sentido ascendente con los movimientos Barcelona-Madrid y Barcelona-Valencia, y en la incorporación a la A-7 sentido descendente que recibe el tráfico procedente de los orígenes Valencia y Madrid. En este punto, la redistribución de vehículos hacia los carriles 1 y 2 del tronco genera condiciones de operación próximas a la capacidad, con densidades que justifican los niveles de servicio degradados identificados. Esta situación es coherente con el análisis de capacidad individual del ramal Madrid-Barcelona, que presenta el ratio demanda/capacidad más elevada del sistema.

Paralelamente, el modelo refleja correctamente el comportamiento en condiciones de baja demanda. En periodos valle y en ramales con carriles de aceleración/deceleración de longitud generosa, se registran densidades muy reducidas, consistentes con un nivel de servicio A. Estos valores, lejos de ser anomalías, validan la correcta aplicación de la metodología HCM cuando la demanda es sustancialmente inferior a la capacidad.

Cabe destacar que, los elementos con mayor presión son la rampa de salida de la calzada ascendente de la A-7, la rampa de entrada de la calzada descendente de la A-7 y la rampa de salida de la calzada ascendente de la A-3 por el cuello de botella que se genera en el carril de desaceleración. No obstante, el ramal Madrid-Barcelona, al operar cercano a su capacidad teórica, transfiere dicha congestión a la salida de la A-7. Por otro lado, los ramales Barcelona-Madrid y Barcelona-Valencia, si bien soportan demandas elevadas, se benefician de la longitud de sus carriles de deceleración (superior a los 1,500 ft recomendados por el HCM), lo que mitiga localmente su impacto operativo. Este equilibrio, sin embargo, es susceptible de degradarse ante condiciones atípicas (adversidades meteorológicas, incidentes), que podrían provocar una caída de los niveles de servicio a rangos no aceptables.

Desde una perspectiva global, el enlace presenta una operativa ajustada para los volúmenes actuales, sin evidencia de colapso generalizado. Sin embargo, se identifican condiciones localmente desfavorables en movimientos y franjas horarias específicas. Estas no comprometen la funcionalidad global del enlace, pero lo señalan como un punto sensible para la explotación, particularmente en escenarios futuros de crecimiento de la demanda. Los resultados permiten concluir que la geometría existente es adecuada para las condiciones analizadas, si bien el escaso margen operativo en ciertos ramales de entrada indica que cualquier incremento significativo de tráfico conduciría a una degradación apreciable del nivel de servicio en dichos puntos.

6.7. Análisis de resultados

El análisis operativo del enlace se ha abordado mediante dos enfoques complementarios, con alcances diferenciados pero coherentes entre sí. Por un lado, el análisis realizado con FREEVAL se ha centrado en el comportamiento de los troncos de las autovías A-7 y A-3, incorporando factores de variabilidad no recurrente como la climatología y la accidentalidad. Por otro, se ha aplicado la metodología específica del HCM para el análisis detallado de ramales, con el fin de evaluar el funcionamiento local de los ramales de entrada y salida y su interacción con los troncos principales.

Los resultados obtenidos con FREEVAL evidencian un funcionamiento adecuado de los troncos de las autovías. Los niveles de servicio se encuentran entre A y C en la mayoría de las horas del día registrados en todos los segmentos, confirman que la infraestructura troncal dispone de una capacidad adecuada a la demanda actual. Las perturbaciones observadas en la velocidad de circulación se concentran de forma puntual en segmentos asociados a ramales y responden principalmente a factores externos, sin traducirse en pérdidas significativas de nivel de servicio ni en situaciones próximas a la saturación. Estos resultados permiten descartar la existencia de problemas estructurales de capacidad en los troncos del enlace.

No obstante, el carácter agregado del análisis con FREEVAL limita su capacidad para discriminar el comportamiento operativo de elementos singulares, especialmente en las zonas de convergencia y divergencia. En este contexto, el análisis complementario mediante la metodología del HCM aplicada a ramales ha permitido identificar afecciones locales que no resultan evidentes en el análisis troncal. Los resultados muestran una mayor heterogeneidad operativa, condicionada por la configuración de carriles, la intensidad de los movimientos dominantes y la proximidad entre ramales consecutivas.

Las calzadas con cuatro carriles presentan un comportamiento más robusto, manteniendo niveles de servicio elevados con excepción de problemas localizados. Por el contrario, en calzadas de tres carriles se identifican degradaciones puntuales del nivel de servicio, especialmente en ramales de entrada durante los periodos punta, donde la redistribución de flujos hacia los carriles derechos del tronco incrementa la densidad y reduce el margen operativo. Estas afecciones son coherentes con los resultados del análisis de capacidad de los ramales más exigidos, en particular aquellos que operan próximos a su capacidad teórica. En la siguiente figura se localizan los problemas detectados en una vista en planta del enlace, y se corresponde con el Plano Nº 7.

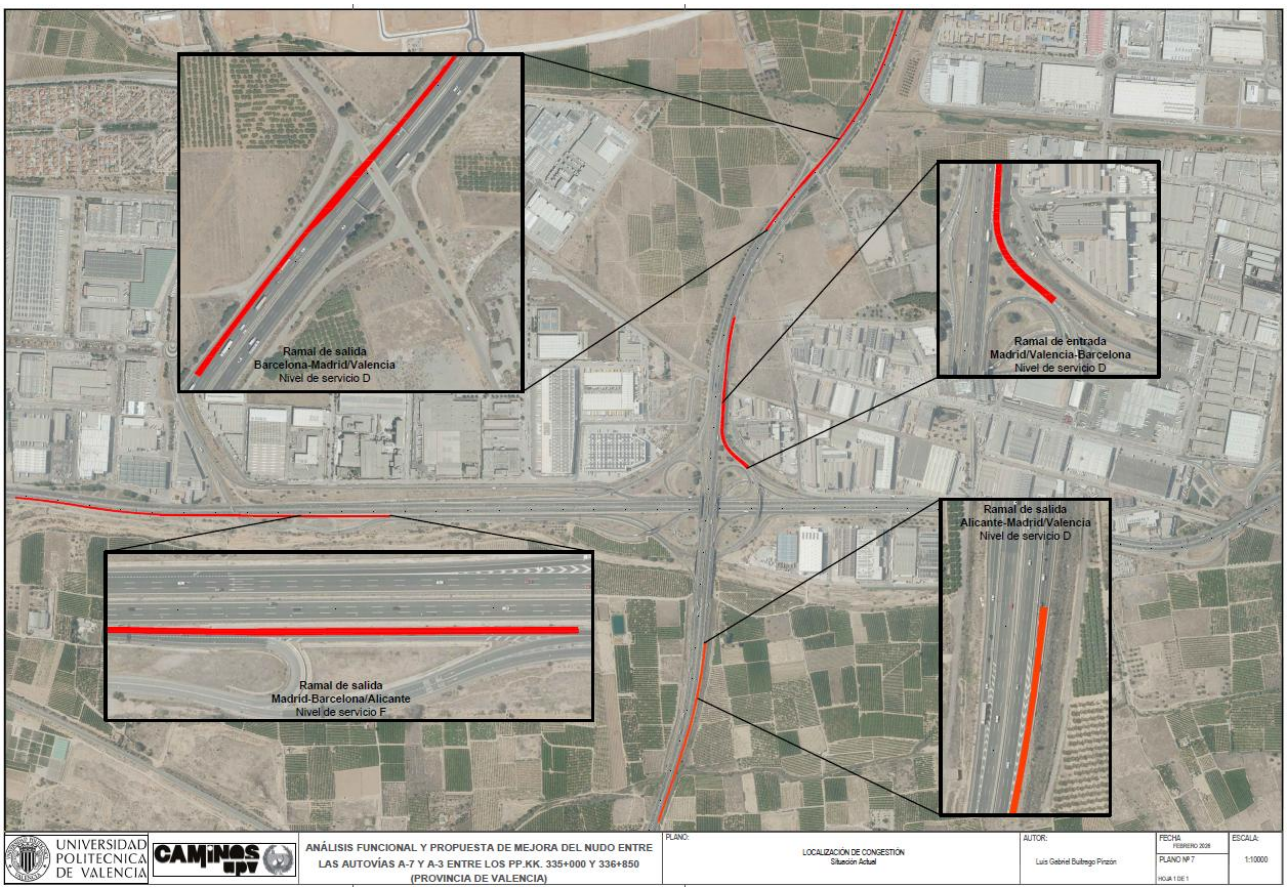

Figura 117 Localización de zonas de congestión (Fuente Elaboración propia)

En conjunto, ambos análisis resultan consistentes y complementarios. Mientras que FREEVAL confirma la suficiencia funcional del sistema troncal, el análisis de los ramales identifica degradación en los niveles de servicio en el carril de desaceleración de los movimientos Barcelona-Madrid y Barcelona-Valencia en la A-7 calzada ascendente y el cuello de botella en el carril de desaceleración de la calzada de la A-3 ascendente, Además se identifica degradación en el nivel de servicio en el carril de aceleración en la incorporación de la A-7 sentido descendente que da servicio a los movimientos Madrid-Barcelona y Valencia-Barcelona. Estas condiciones representan niveles de servicio D y E, superando o estando próximo a superar el nivel de servicio mínimo para el año horizonte.

7. ANALISIS DE LA ACCIDENTALIDAD

El presente análisis de accidentalidad tiene como objetivo realizar un estudio detallado de los accidentes de tráfico con víctimas registrados en el tramo de estudio durante el periodo 2020–2024. Para ello, se dispone del fichero de microdatos de accidentes con víctimas, de la Dirección General de Tráfico, correspondiente a dichos años, lo que permite una caracterización precisa de los siniestros desde una perspectiva temporal, espacial y tipológica.

Este análisis se plantea como un complemento directo al estudio operativo del tráfico desarrollado en los capítulos anteriores. En particular, parte de la información obtenida se ha incorporado al análisis de confiabilidad realizado mediante el software FREEVAL, donde la frecuencia de accidentes constituye una de las variables necesarias para la

evaluación del desempeño operativo bajo condiciones no recurrentes. De este modo, el análisis de accidentalidad y el análisis de tráfico se encuentran vinculados y se complementan mutuamente.

Más allá de su aplicación directa en el modelo de confiabilidad, el estudio tiene como finalidad identificar posibles concentraciones de accidentes y analizar su evolución temporal, así como caracterizar las condiciones bajo las cuales se producen. Para ello, se examinan factores concurrentes como la intensidad del tráfico, la configuración funcional de las calzadas y ramales, las condiciones de iluminación, el estado del firme y las condiciones meteorológicas, con el objetivo de detectar patrones recurrentes sin establecer relaciones causales directas.

El análisis se desarrolla de forma desagregada por calzadas y sentidos de circulación, manteniendo la coherencia con la estructura adoptada en el análisis de tráfico. El ámbito espacial del estudio comprende el tramo de la autovía A-7 entre los PK 331+200 y 338+450, así como el tramo de la autovía A-3 entre los PK 337+500 y 341+500, abarcando tanto los tramos troncales como las zonas de influencia de los ramales de entrada y salida, donde habitualmente se concentran mayores niveles de complejidad operativa.

El enfoque adoptado combina un análisis descriptivo de la accidentalidad con el cálculo de los principales índices de seguridad vial, permitiendo evaluar el comportamiento del enlace desde la perspectiva de la seguridad y contrastar los resultados obtenidos con el funcionamiento operativo analizado previamente.

7.1. Metodología de análisis y variables de accidentalidad

El análisis de accidentalidad se desarrolla a partir de la base de datos de microdatos de accidentes con víctimas proporcionada por la Dirección General de Tráfico (DGT). El primer paso consiste en el filtrado y tratamiento de la información disponible, seleccionando los registros correspondientes a las carreteras y puntos kilométricos que delimitan el ámbito de estudio. Este proceso permite acotar el análisis exclusivamente a los tramos de las autovías A-7 y A-3 considerados en el trabajo.

Una vez filtrada la información, los accidentes se desagregan por sentido de circulación, de forma coherente con la estructura adoptada en el análisis de tráfico. Esta desagregación permite analizar la evolución anual del número de accidentes en cada calzada durante el periodo 2020–2024, así como estudiar la distribución mensual de los siniestros. El análisis mensual tiene como objetivo identificar posibles patrones de estacionalidad y contrastar el comportamiento agregado de los cinco años con el registrado en el año 2024, con el fin de determinar si este último presenta un comportamiento representativo o, por el contrario, atípico.

Adicionalmente, se analiza la distribución horaria de los accidentes, tanto para el conjunto del periodo como de forma específica para el año 2024. Este análisis resulta especialmente relevante por su relación directa con las condiciones de iluminación natural y artificial, así como con la variabilidad horaria de la demanda de tráfico, permitiendo identificar franjas temporales de mayor concentración de siniestros.

Desde el punto de vista espacial, se estudia la localización de los accidentes a lo largo del tramo, con especial atención a su proximidad a los ramales de entrada y salida del enlace, donde se concentran mayores niveles de complejidad operativa. Asimismo, se analiza la tipología de los accidentes atendiendo a variables externas, como el estado

del firme, las condiciones meteorológicas y las condiciones de iluminación, así como a variables propias del siniestro, tales como la gravedad y el tipo de accidente.

Finalmente, a partir de la información procesada, se calculan los principales índices de accidentalidad, que permiten sintetizar el comportamiento del tramo desde la perspectiva de la seguridad vial. En la Figura 118 se presenta la clasificación de las variables empleadas en la base de datos utilizada.

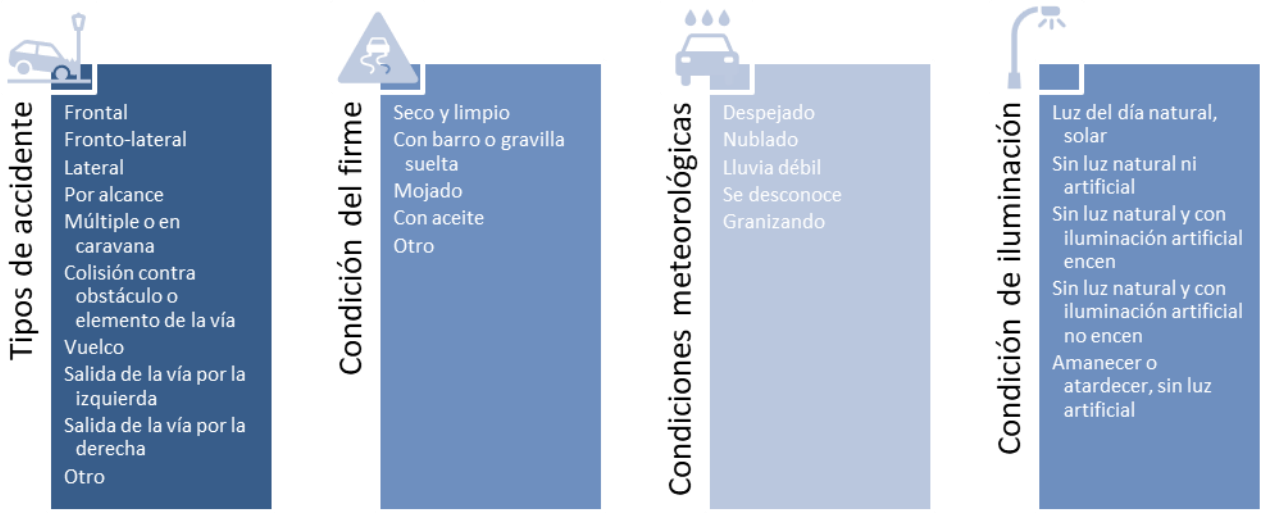

Figura 118 Clasificación de variables (Fuente Elaboración propia)

7.2. Calzada A-7 ascendente

- Evolución anual de la accidentalidad: A lo largo del periodo de estudio 2020–2024 se han registrado un total de 19 accidentes con víctimas en la calzada A-7 en sentido ascendente del PK. La Figura 119 recoge la evolución anual de la accidentalidad en el tramo analizado.

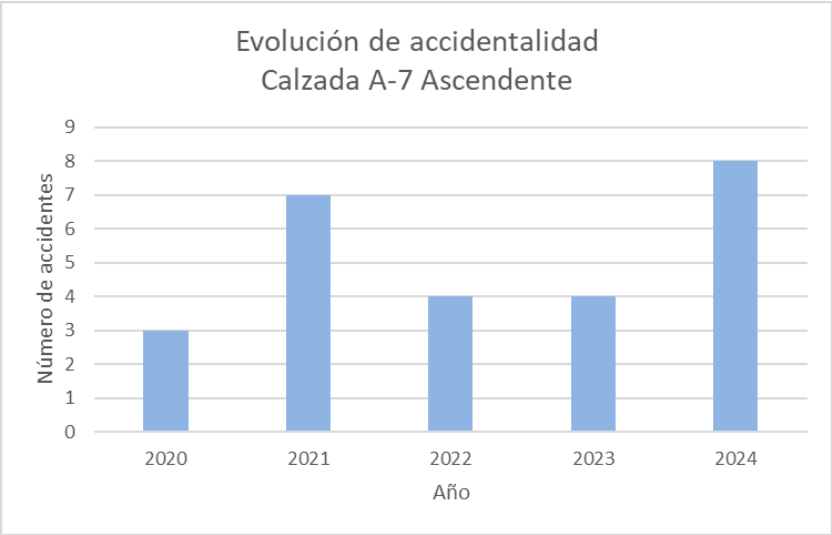

Figura 119 Evolución de accidentalidad, calzada A-7 ascendente (Fuente Elaboración propia)

Se observa que durante el año 2021 y 2024 se incrementaron el número de accidentes, mientras que en el resto de los años los valores se mantienen relativamente homogéneos.

- Distribución mensual de los accidentes: La Figura 120 presenta la distribución mensual de los accidentes, tanto para el conjunto del periodo 2020–2024 como de forma individual para el año 2024. Se identifican patrones temporales consistentes en ambos análisis, destacando la baja ocurrencia de accidentes en los meses de enero, febrero, abril, mayo, octubre y noviembre. Asimismo, se observan picos de accidentalidad en el mes de marzo y, de forma más acusada, durante el periodo estival, con máximos en los meses de julio y agosto. Este comportamiento presenta una evolución progresiva, con incrementos en los meses previos al verano y descensos posteriores, lo que sugiere una relación con el aumento estacional de la demanda de tráfico y de los desplazamientos de largo recorrido.

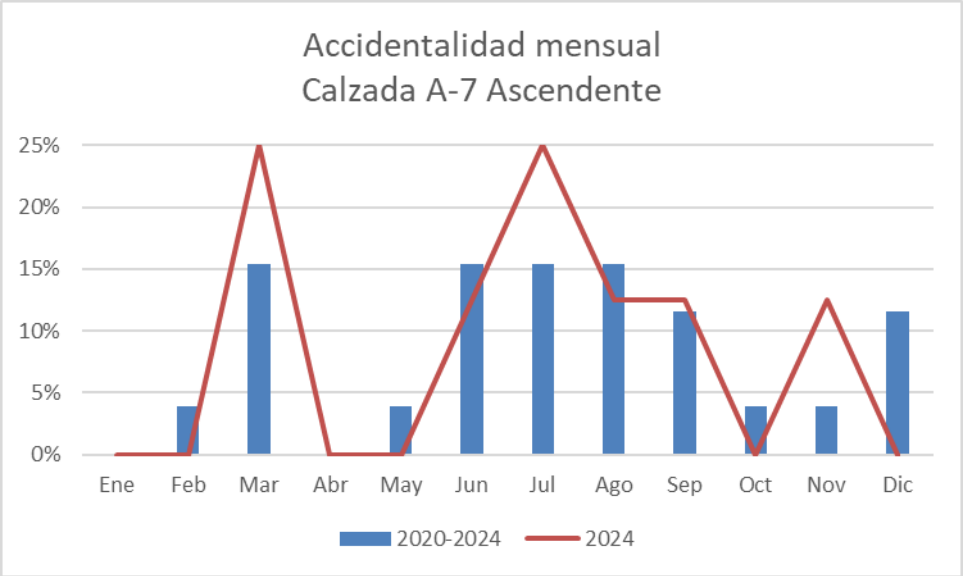

Figura 120 Accidentalidad mensual, calzada A-7 ascendente (Fuente Elaboración propia)

- Distribución horaria de los accidentes: Con el objetivo de relacionar la accidentalidad con las condiciones de iluminación y la distribución horaria del tráfico, los accidentes se han clasificado según su hora de ocurrencia. Los resultados se muestran en la Figura 121.

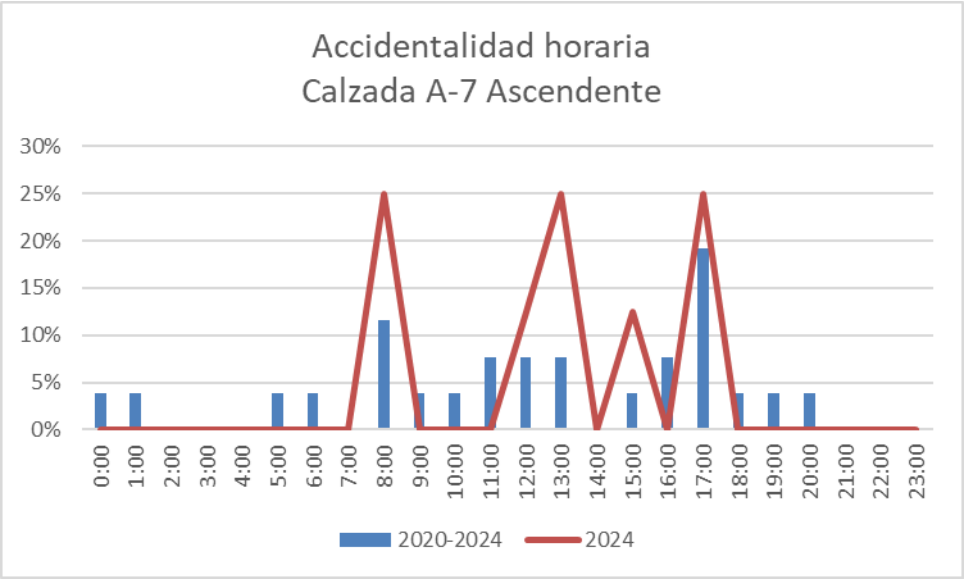

Figura 121 Accidentalidad horaria, calzada A-7 ascendente (Fuente Elaboración propia)

Se observa que la accidentalidad se concentra a partir de las 7:00 h, alcanzando un máximo en torno a las 17:00 h, franja que coincide con periodos de elevada intensidad de tráfico. El comportamiento del año 2024 resulta coherente con el patrón del conjunto del periodo, no registrándose accidentes durante el horario nocturno, lo que refuerza la hipótesis de una mayor exposición al riesgo asociada a la demanda y no a la falta de iluminación.

- Localización espacial de los accidentes: El análisis espacial de la accidentalidad, representado en la Figura 122, muestra la distribución de los accidentes por puntos kilométricos, expresados como porcentaje del total, tanto para el periodo completo como para el año 2024.

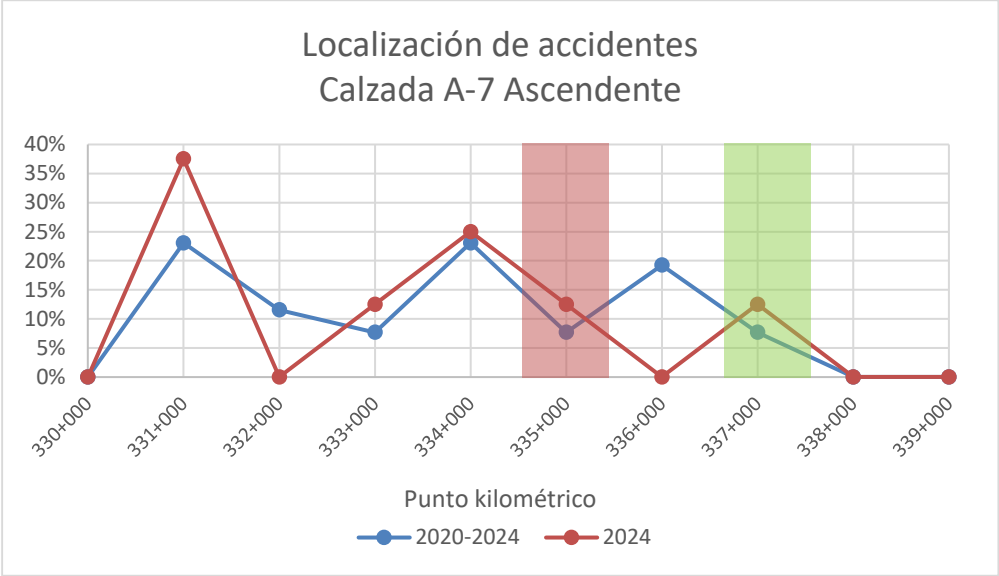

Figura 122 Localización de accidentes, calzada A-7 ascendente (Fuente Elaboración propia)

La franja roja identifica la zona de influencia del ramal de salida y la franja verde la correspondiente a el ramal de entrada. Se aprecia una clara concentración de accidentes en el entorno del PK 331, coincidente con la zona previa al enlace, así como una tendencia decreciente de la accidentalidad conforme aumenta el

PK. Este patrón sugiere una mayor complejidad operativa aguas arriba del ramal de salida, coherente con los resultados del análisis de tráfico.

- Clasificación de los accidentes: La Figura 123 presenta la clasificación de los accidentes según su tipología. Los accidentes por alcance constituyen el tipo predominante, con un 27 % del total, seguidos por las salidas de vía por la izquierda y vuelcos con 15%, en menor proporción, los accidentes frontolaterales y laterales. La elevada presencia de accidentes por alcance resulta coherente con la intensidad de tráfico registrada en el tramo y con la concentración espacial de siniestros en zonas de aproximación a el ramal de salida, donde se producen maniobras de deceleración y cambios de carril.

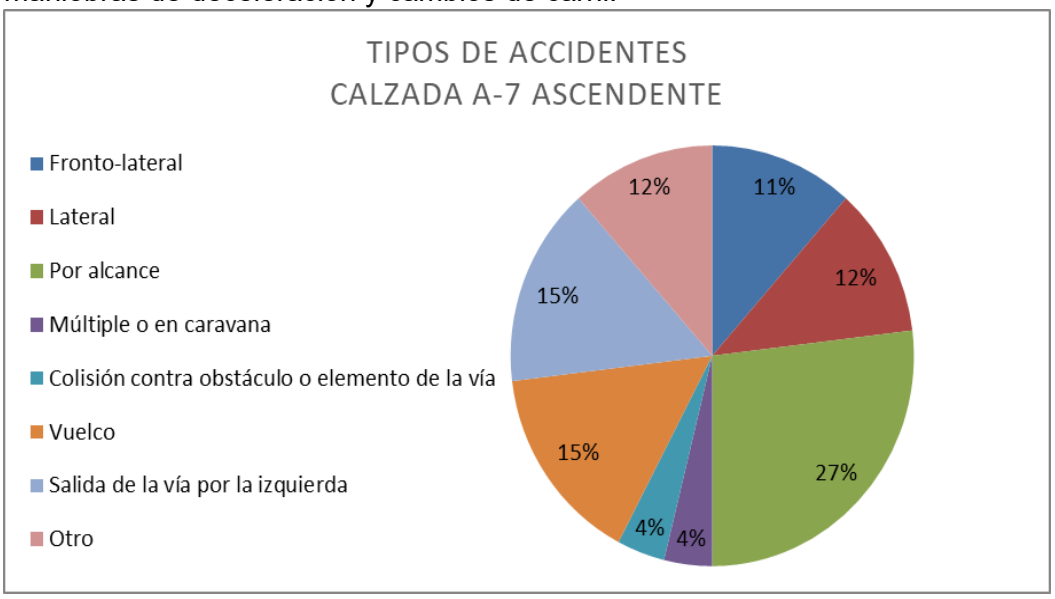

Figura 123 Tipos de accidentes, calzada A-7 ascendente (Fuente Elaboración propia)

En cuanto a las condiciones externas, la Figura 124 muestra que en el 73 % de los accidentes el firme se encontraba seco y limpio, seguido por condiciones con barro o gravilla suelta (11 %) y firme mojado (12 %). La Figura 125 indica que la mayoría de los accidentes se produjeron bajo iluminación natural diurna (81 %), mientras que un 19 % tuvo lugar sin iluminación natural ni artificial. Finalmente, la Figura 126 refleja que las condiciones meteorológicas predominantes fueron de tiempo despejado (77 %), seguidas por cielo nublado (15 %).

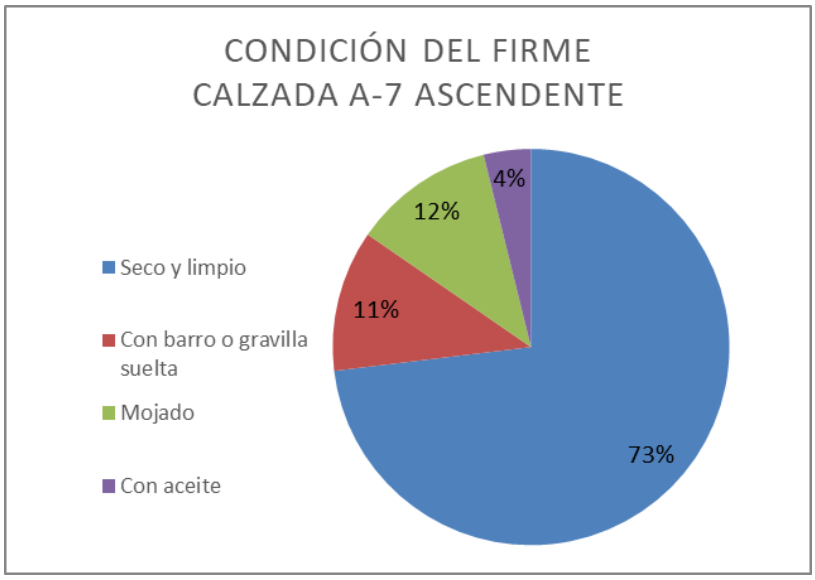

Figura 124 Condición del firme, calzada A-7 ascendente (Fuente Elaboración propia)

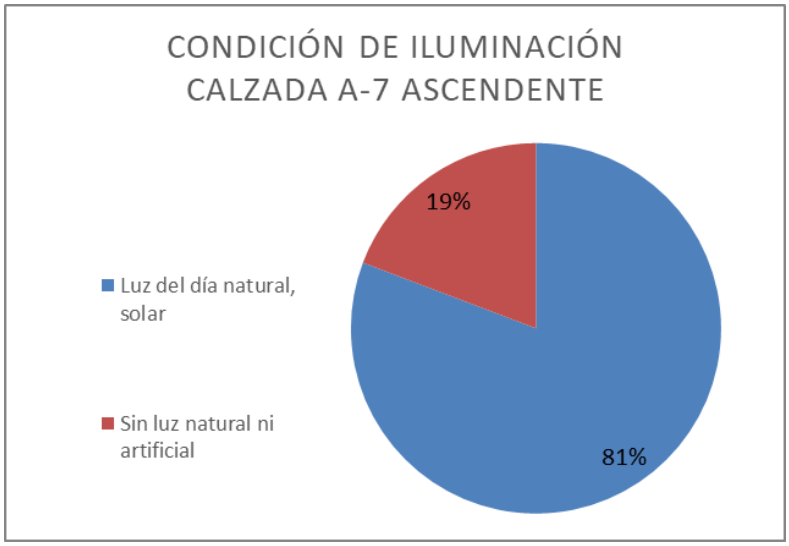

Figura 125 Condición de iluminación, calzada A-7 ascendente (Fuente Elaboración propia)

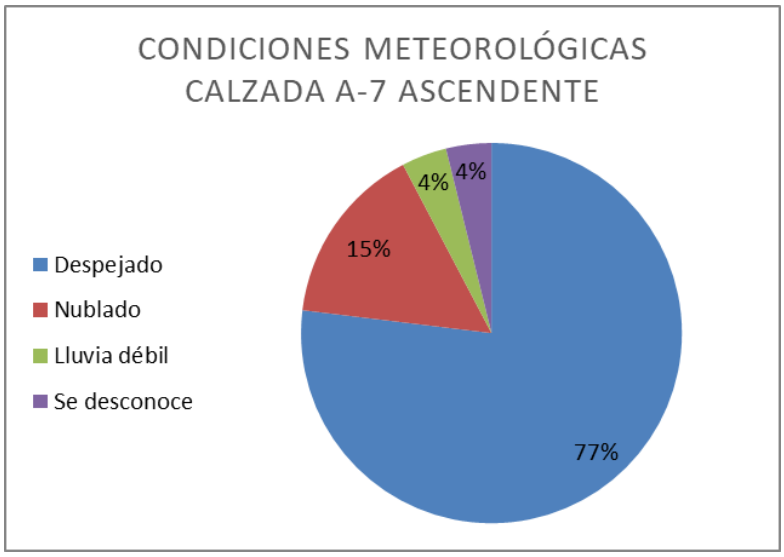

Figura 126 Condiciones meteorológicas, calzada A-7 ascendente (Fuente Elaboración propia)

En conjunto, estas variables refuerzan la hipótesis de que la accidentalidad en esta calzada está más relacionada con factores operativos y de demanda que con condiciones ambientales adversas.

7.3. Calzada A-7 descendente

- Evolución temporal de la accidentalidad: a lo largo del periodo de estudio 2020–2024 se han registrado un total de 37 accidentes con víctimas en la calzada A-7 en sentido descendente del PK. La Figura 127 recoge la evolución anual de la accidentalidad en el tramo analizado.

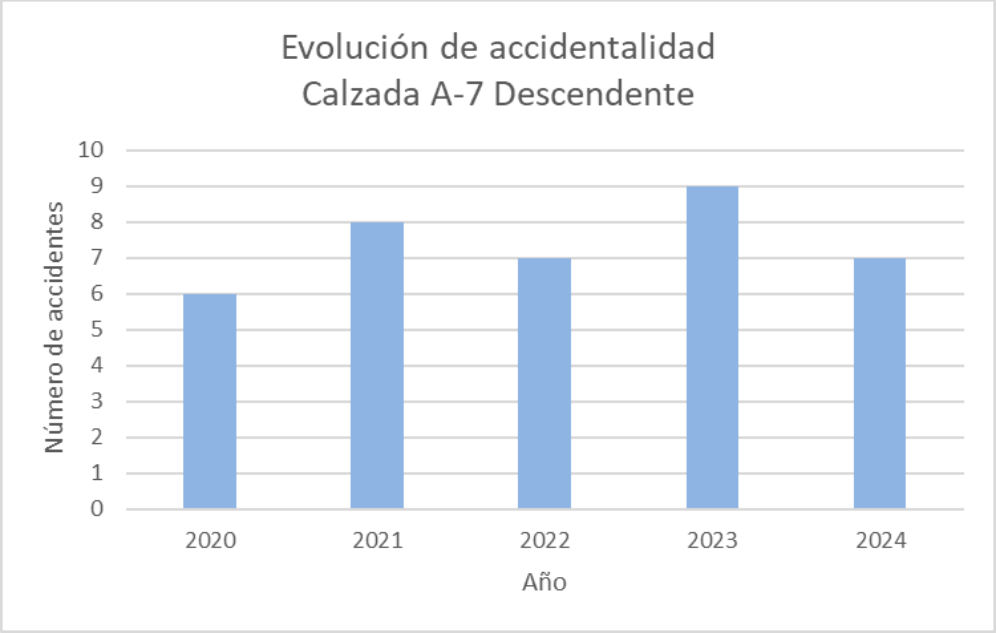

Figura 127 Evolución de accidentalidad, calzada A-7 descendente (Fuente Elaboración propia)

Se observa un comportamiento similar en los últimos 5 años, con variaciones entre 6 y 9 accidentes por año, siendo un comportamiento más regular en comparación al otro sentido de circulación.

- Distribución mensual de los accidentes: La Figura 128 presenta la distribución mensual de los accidentes tanto para el conjunto del periodo 2020–2024 como de forma individual para el año 2024. En esta calzada no se identifica un patrón de estacionalidad tan marcado como el observado en la calzada ascendente. A diferencia de aquella, la accidentalidad se concentra mayoritariamente en el segundo semestre del año, sin que se detecten picos claramente definidos en meses concretos.

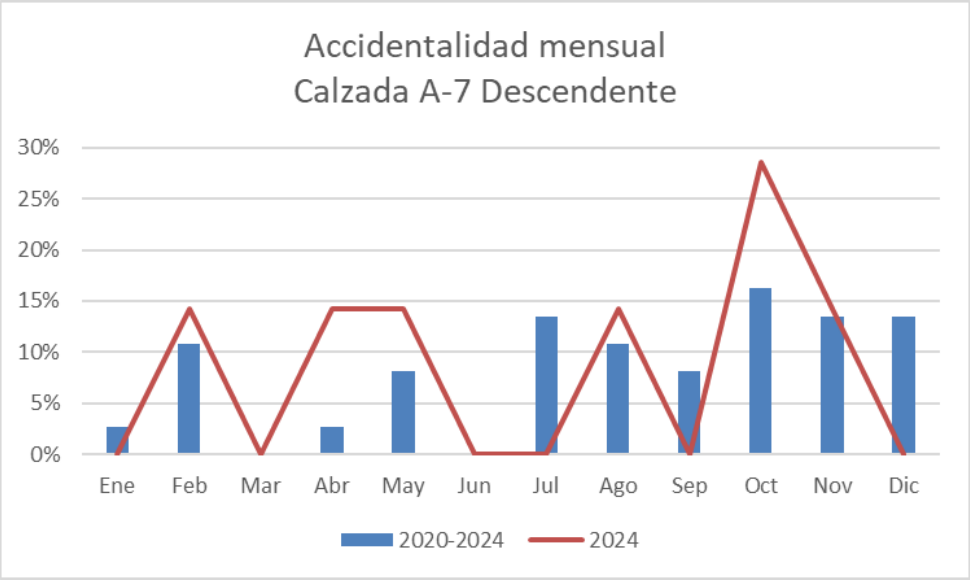

Figura 128 Accidentalidad mensual, calzada A-7 descendente (Fuente Elaboración propia)

El comportamiento observado en el año 2024 resulta coherente con la tendencia global del periodo de análisis, reproduciendo una distribución mensual similar y sin desviaciones significativas respecto al patrón histórico.

- Distribución horaria de los accidentes: Con el objetivo de relacionar la accidentalidad con las condiciones de iluminación y la distribución horaria del tráfico, los accidentes se han clasificado según su hora de ocurrencia. Los resultados se muestran en la Figura 129.

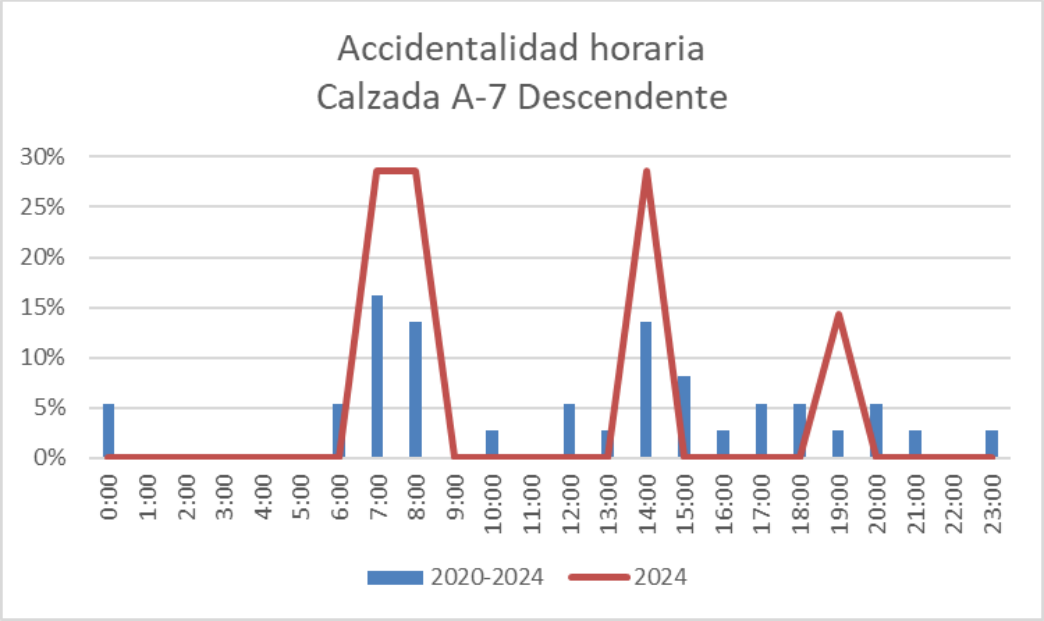

Figura 129 Accidentalidad horaria, calzada A-7 descendente (Fuente Elaboración propia)

Se observa que la accidentalidad se concentra a partir de las 6:00 h, coincidiendo con las franjas de mayor demanda de tráfico. El comportamiento del año 2024 resulta consistente con el del conjunto del periodo 2020–2024, sin registrarse accidentes durante el horario nocturno. Este hecho refuerza la hipótesis de que la accidentalidad está más vinculada a la exposición al tráfico que a las condiciones de iluminación artificial.

- Localización espacial de los accidentes: El análisis espacial de la accidentalidad, representado en la Figura 130, muestra la distribución de los accidentes por puntos kilométricos, expresados como porcentaje del total, tanto para el periodo completo como para el año 2024.

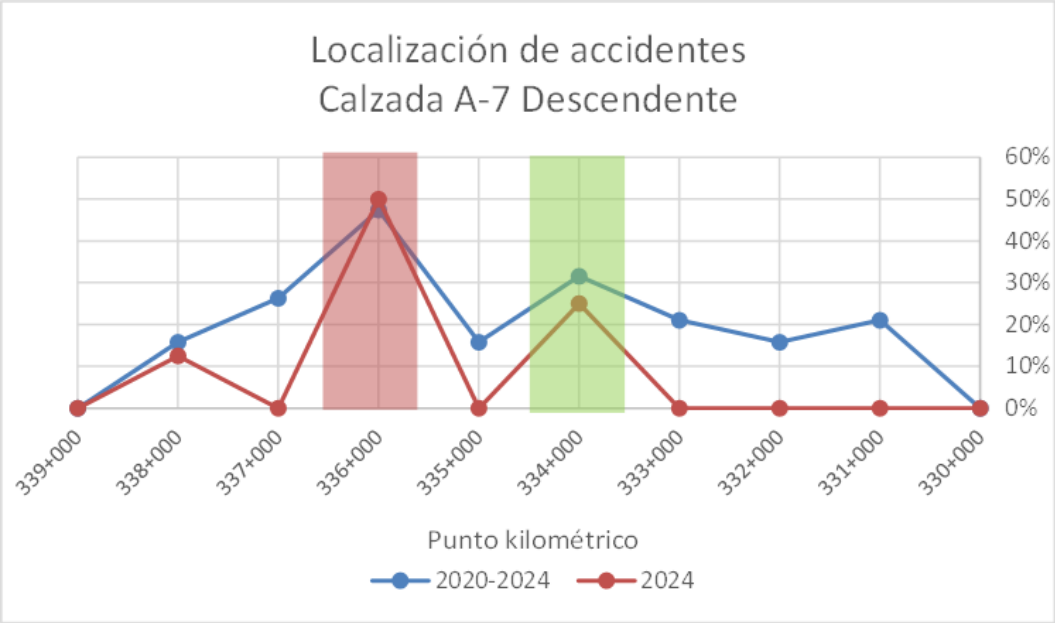

Figura 130 Localización de accidentes, calzada A-7 descendente (Fuente Elaboración propia)

La franja roja identifica la zona de influencia del ramal de salida y la franja verde la correspondiente a el ramal de entrada. Se aprecia una clara concentración de accidentes en las zonas de influencia de ambos ramales, así como en el tramo inmediatamente anterior a la salida. Este patrón es indicativo de una mayor complejidad operativa en las zonas de las ramales y aproximación al enlace, en coherencia con los resultados obtenidos en el análisis de tráfico.

- Clasificación de los accidentes: La Figura 131 presenta la clasificación de los accidentes según su tipología. Los accidentes por alcance constituyen el tipo predominante, representando el 43 % del total, seguidos por las salidas de vía por la izquierda y los choques laterales. La elevada proporción de accidentes por alcance resulta coherente con la intensidad de tráfico registrada en esta calzada y con la concentración espacial de siniestros en zonas donde se producen maniobras de deceleración y cambios de carril asociados a los ramales.

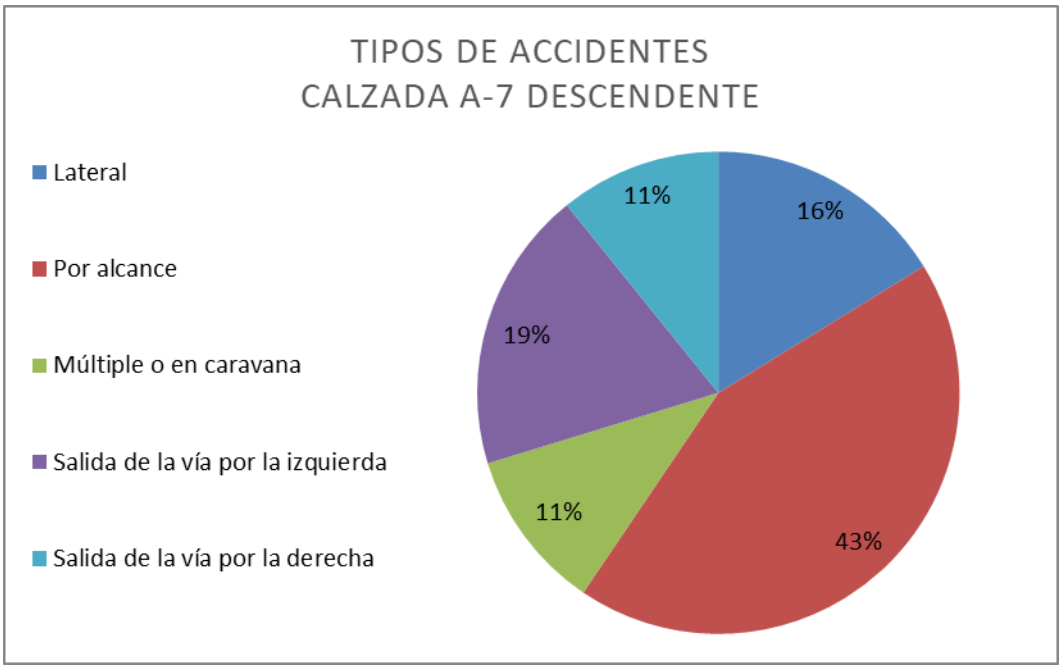

Figura 131 Tipos de accidente, calzada A-7 descendente (Fuente Elaboración propia)

En cuanto a las condiciones externas, la Figura 132 muestra que en el 84 % de los accidentes el firme se encontraba seco y limpio, seguido por condiciones de firme mojado con un 11 %. La Figura 133 indica que la mayoría de los accidentes se produjeron bajo iluminación natural diurna (84 %), mientras que un 16 % tuvo lugar durante el amanecer o el atardecer, condiciones potencialmente asociadas a fenómenos de deslumbramiento. Por último, la Figura 134 refleja que las condiciones meteorológicas predominantes fueron de tiempo despejado (87 %).

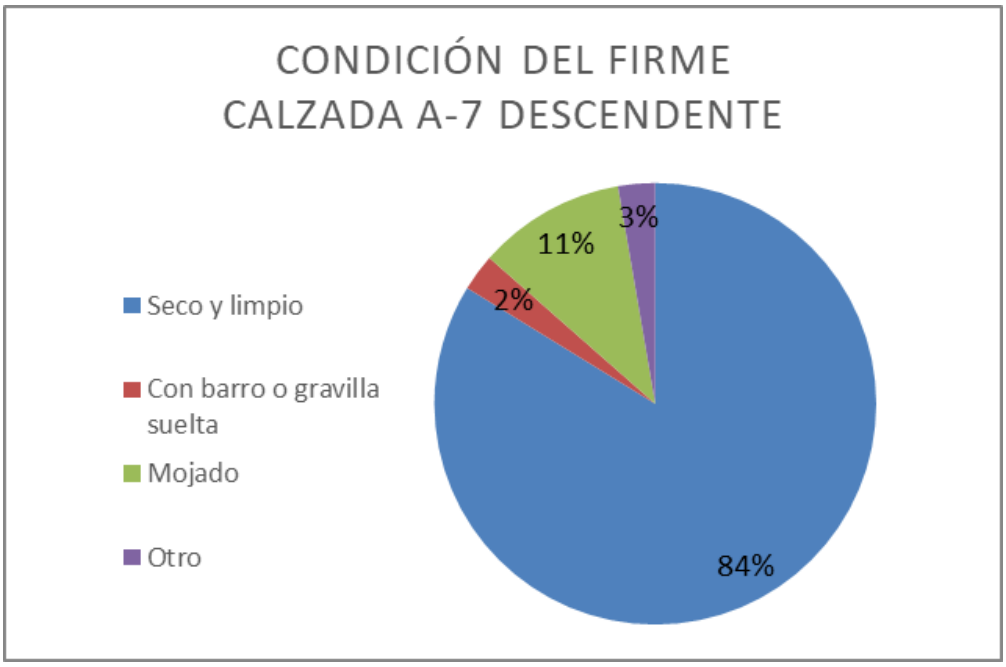

Figura 132 Condición del firme, calzada A-7 descendente (Fuente Elaboración propia)

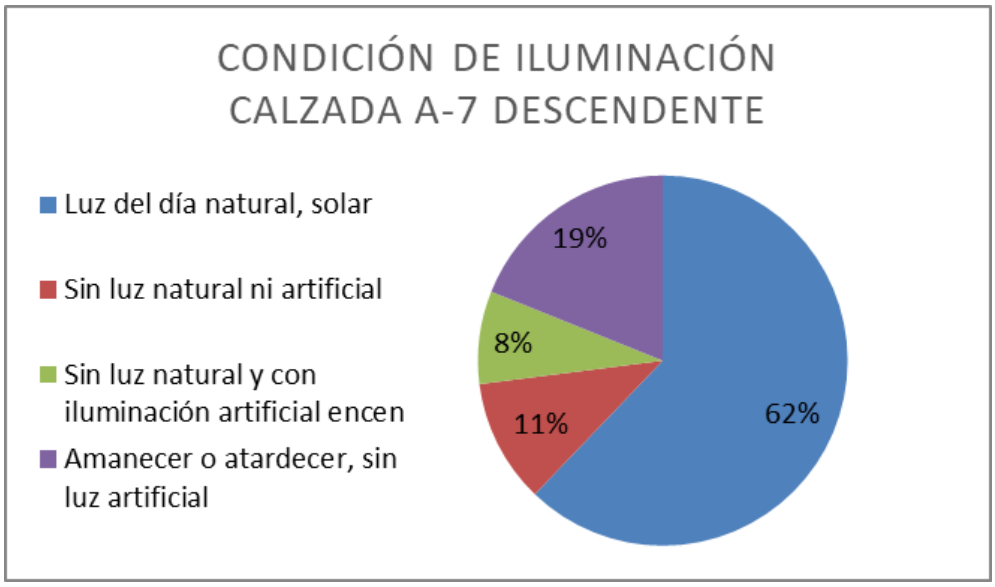

Figura 133 Condición de iluminación, calzada A-7 descendente (Fuente Elaboración propia)

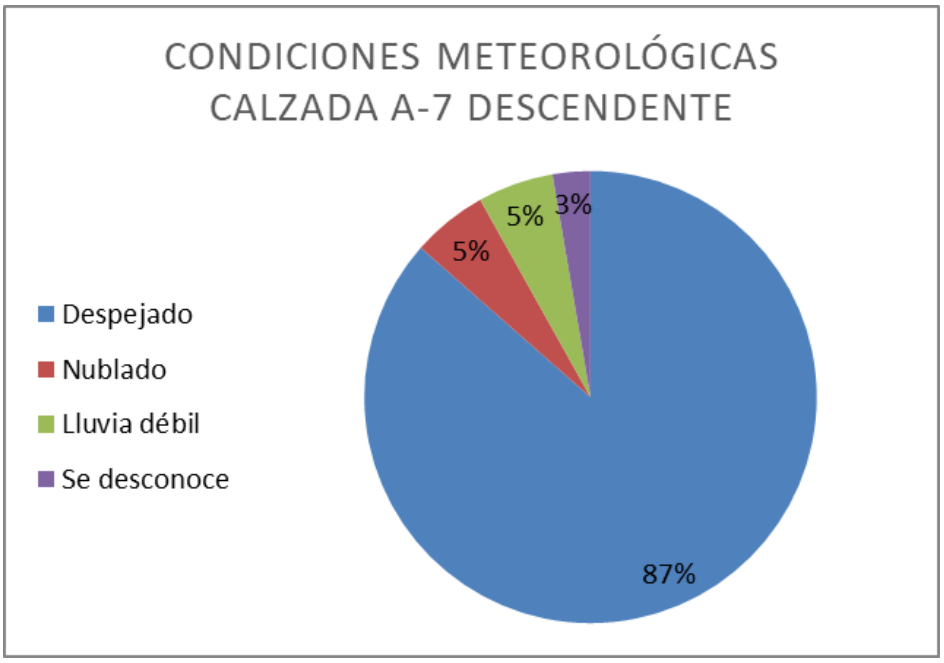

Figura 134 Condiciones meteorológicas, calzada A-7 descendente (Fuente Elaboración propia)

En conjunto, los resultados obtenidos refuerzan la hipótesis de que la accidentalidad en esta calzada está principalmente condicionada por factores operativos y por la intensidad de la demanda de tráfico, más que por la influencia directa de condiciones ambientales adversas.

7.4. Calzada A-3 ascendente

- Evolución temporal de la accidentalidad: A lo largo del periodo de estudio 2020–2024 se han registrado un total de 31 accidentes con víctimas en la calzada de la autovía A-3 en sentido ascendente del PK. La Figura 135 recoge la evolución anual de la accidentalidad en el tramo analizado.

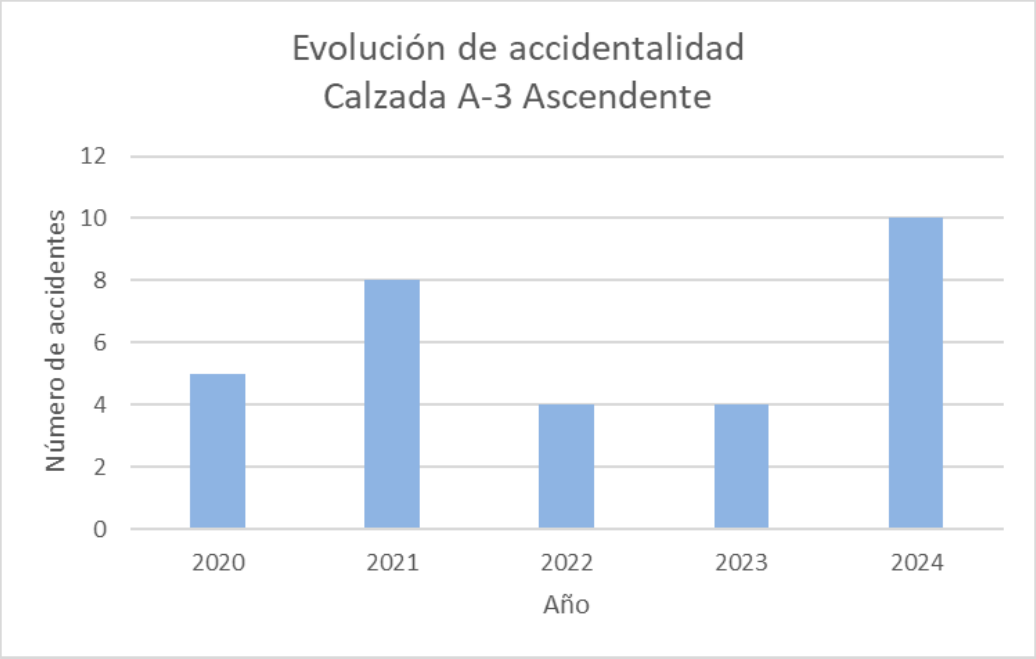

Figura 135 Evolución de accidentalidad, calzada A-3 ascendente (Fuente Elaboración propia)

Se observa que los años 2021 y 2024 concentran el mayor número de accidentes del periodo, mientras que el resto de los años presentan valores más moderados, sin una tendencia claramente creciente o decreciente a lo largo del tiempo.

- Distribución mensual de los accidentes: La Figura 136 presenta la distribución mensual de los accidentes tanto para el conjunto del periodo 2020–2024 como de forma individual para el año 2024. El mes de julio destaca como el de mayor número de accidentes en el análisis agregado, coincidiendo con el periodo estival y previsiblemente con un incremento de la demanda de tráfico. No obstante, de forma general, la accidentalidad se distribuye de manera relativamente homogénea a lo largo del año.

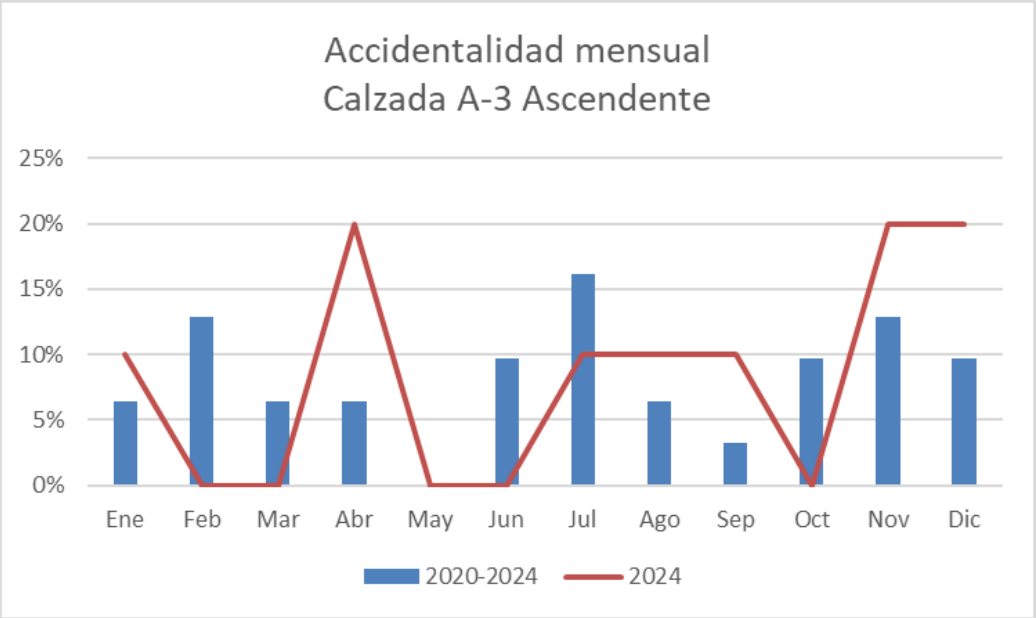

Figura 136 Accidentalidad mensual, calzada A-3 ascendente (Fuente Elaboración propia)

En el caso particular de 2024, se identifican picos de accidentalidad en el mes de abril y en los meses de noviembre y diciembre, sin reproducir exactamente el patrón estacional observado en el conjunto del periodo.

- Distribución horaria de los accidentes: Con el objetivo de relacionar la accidentalidad con las condiciones de iluminación y la distribución horaria del tráfico, los accidentes se han clasificado según su hora de ocurrencia. Los resultados se muestran en la Figura 137.

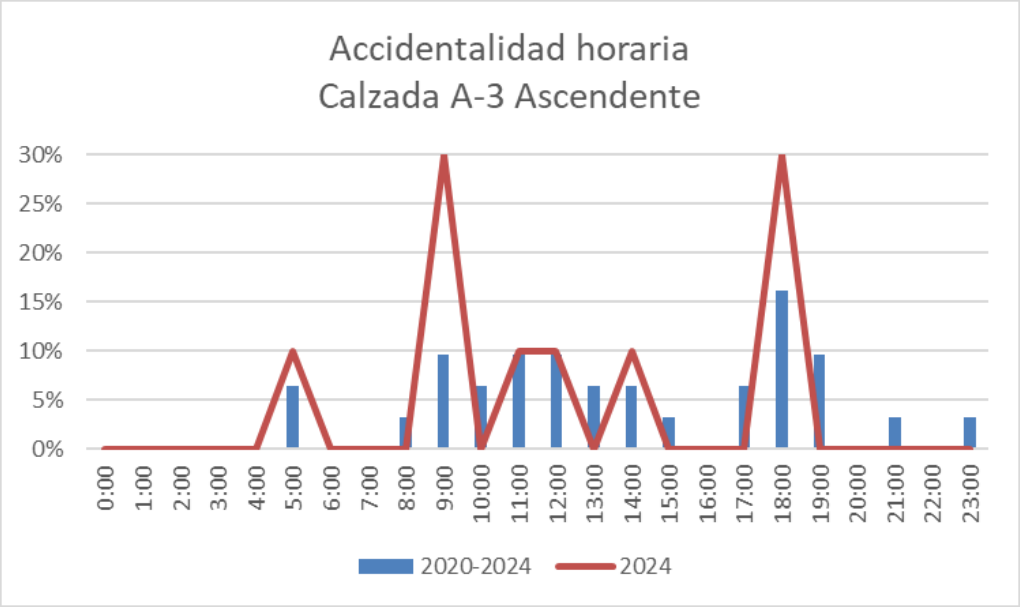

Figura 137 Accidentalidad horaria, calzada A-3 ascendente (Fuente Elaboración propia)

Se observa que la accidentalidad se concentra a partir de las 8:00 h, alcanzando máximos en torno a las 9:00 h y las 18:00 h, franjas que coinciden con periodos de elevada intensidad de tráfico. El comportamiento del año 2024 resulta coherente con el patrón del conjunto del periodo, sin registrarse accidentes durante el horario nocturno, lo que refuerza la hipótesis de que el riesgo está principalmente asociado a la exposición al tráfico y no a deficiencias en la iluminación.

- Localización espacial de los accidentes: El análisis espacial de la accidentalidad, representado en la Figura 138, muestra la distribución de los accidentes por puntos kilométricos, expresados como porcentaje del total, tanto para el periodo completo como para el año 2024.

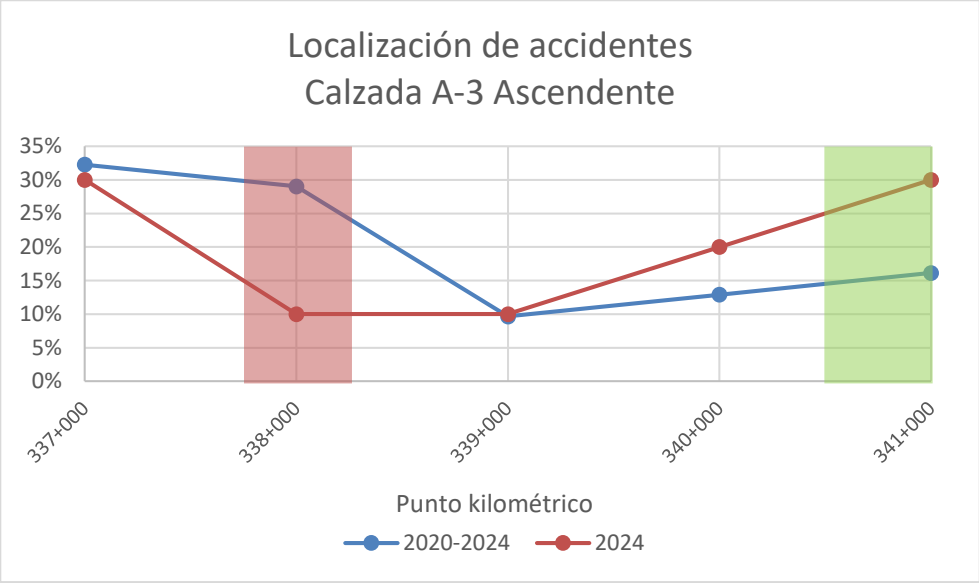

Figura 138 Localización de accidentes, calzada A-3 ascendente (Fuente Elaboración propia)

La franja roja identifica la zona de influencia del ramal de salida y la franja verde la correspondiente a el ramal de entrada. Se aprecia una concentración significativa de accidentes en las zonas de influencia de los ramales. No obstante, resulta destacable la presencia de accidentes en el tramo intermedio entre ramales, a pesar de que en esta zona los niveles de tráfico son sensiblemente inferiores, lo que sugiere la existencia de factores adicionales de riesgo más allá de la mera intensidad circulatoria.

- Clasificación de los accidentes: La Figura 139 presenta la clasificación de los accidentes según su tipología. Los accidentes por alcance constituyen el tipo claramente predominante, representando el 52 % del total, seguidos por los choques laterales, con un 23 %. Esta distribución es coherente con la intensidad de tráfico del tramo y con la concentración espacial de siniestros en zonas de aproximación a el ramal de salida, donde son frecuentes las maniobras de deceleración y los cambios de carril.

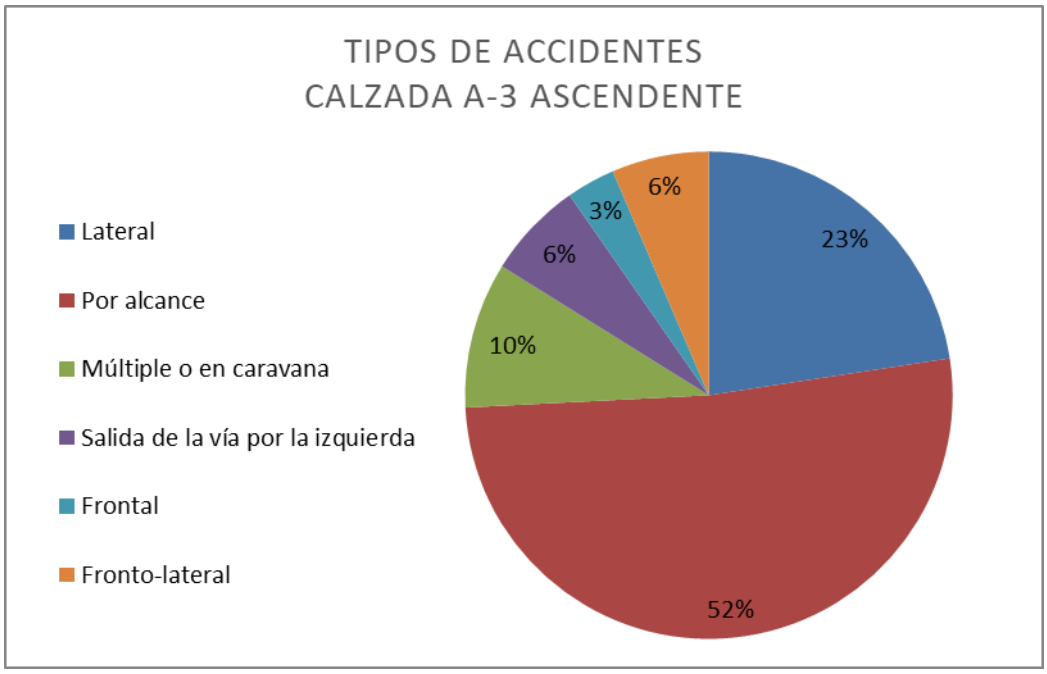

Figura 139 Tipos de accidentes, calzada A-3 ascendente (Fuente Elaboración propia)

En cuanto a las condiciones externas, la Figura 140 muestra que en el 74 % de los accidentes el firme se encontraba seco y limpio, seguido por condiciones de firme mojado con un 20 %, porcentaje relativamente elevado en comparación con las otras calzadas analizadas. La Figura 141 indica que la mayoría de los accidentes se produjeron bajo iluminación natural diurna (74 %), mientras que un 16 % tuvo lugar sin iluminación natural ni artificial. Finalmente, la Figura 142 refleja que las condiciones meteorológicas predominantes fueron de tiempo despejado (71 %), seguidas por cielo nublado y lluvia débil (10 %).

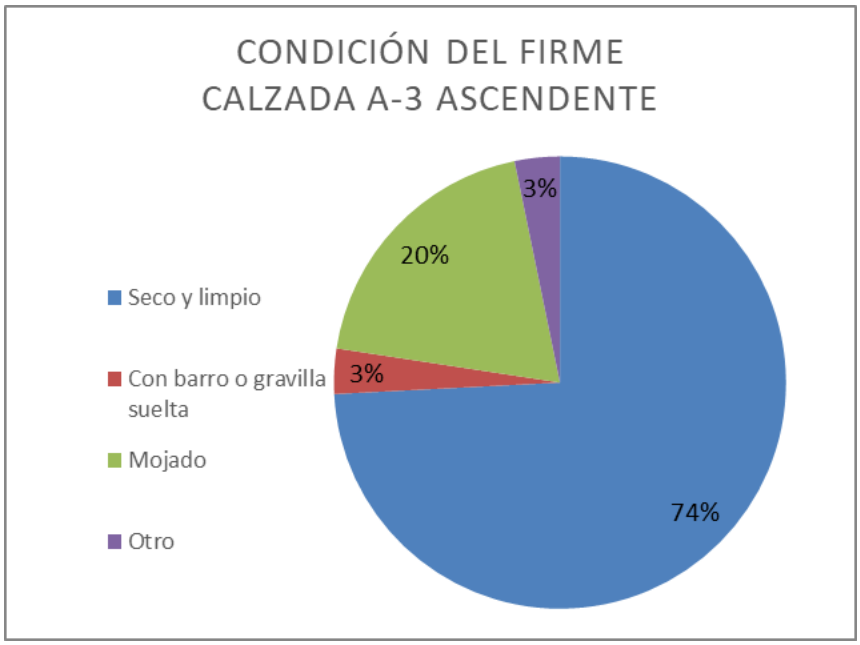

Figura 140 Condición del firme, calzada A-3 ascendente (Fuente Elaboración propia)

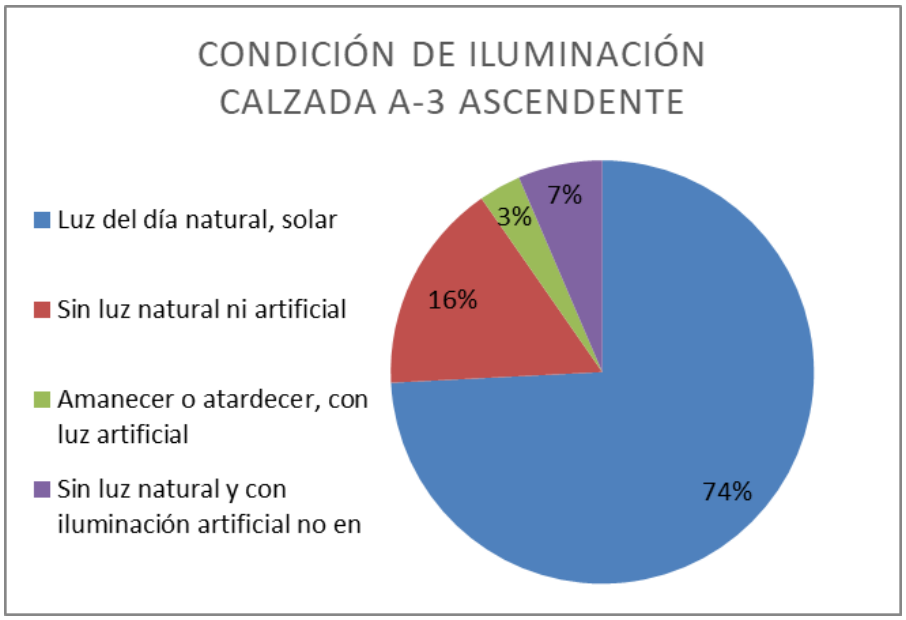

Figura 141 Condición de iluminación, calzada A-3 ascendente (Fuente Elaboración propia)

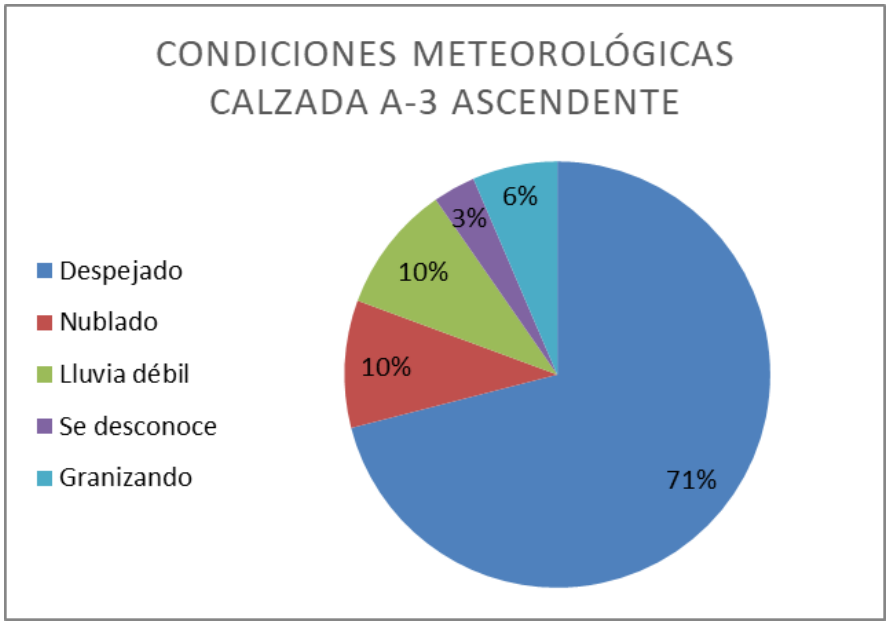

Figura 142 Condiciones meteorológicas, calzada A-3 ascendente (Fuente Elaboración propia)

7.5. Calzada A-3 descendente

- Evolución temporal de la accidentalidad: A lo largo del periodo de estudio 2020–2024 se han registrado un total de 21 accidentes con víctimas en la calzada de la autovía A-3 en sentido descendente del PK. La Figura 143 recoge la evolución anual de la accidentalidad en el tramo analizado.

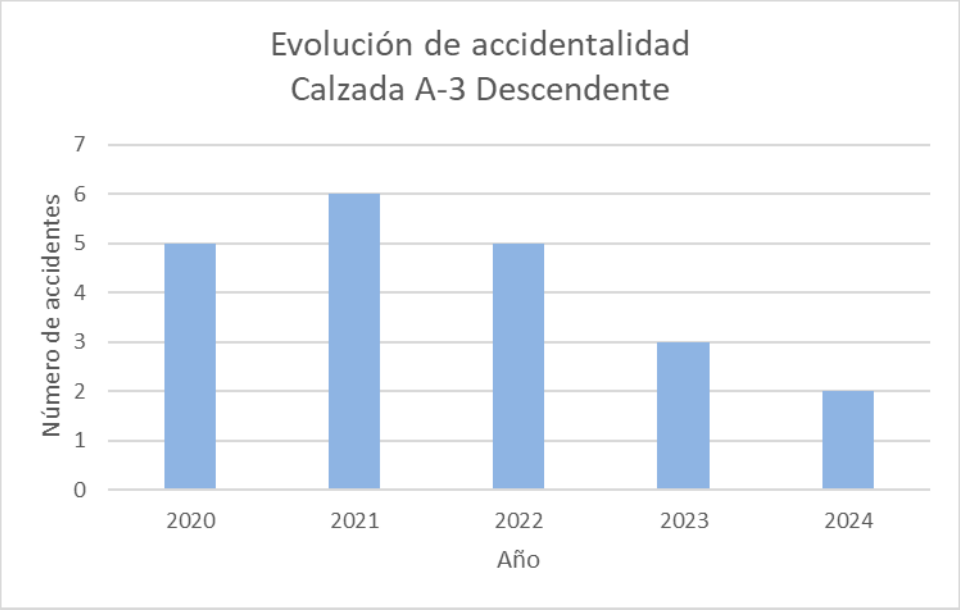

Figura 143 Evolución de accidentalidad, calzada A-3 descendente (Fuente Elaboración propia)

Se observa una tendencia decreciente a partir del año 2021, si bien la interpretación de esta evolución requeriría un análisis más detallado que permita identificar posibles causas, como la implantación de actuaciones blandas, cambios en la gestión del tráfico o variaciones en la demanda.

- Distribución mensual de los accidentes: La Figura 144 presenta la distribución mensual de los accidentes tanto para el conjunto del periodo 2020–2024 como de forma individual para el año 2024. Los meses de julio y agosto destacan como los de mayor número de accidentes en el análisis agregado, coincidiendo con el periodo estival y previsiblemente con un incremento significativo de la demanda de tráfico. Por el contrario, los meses de septiembre y octubre no registran accidentes en el tramo analizado, lo que rompe parcialmente el patrón estacional observado en otras calzadas del enlace

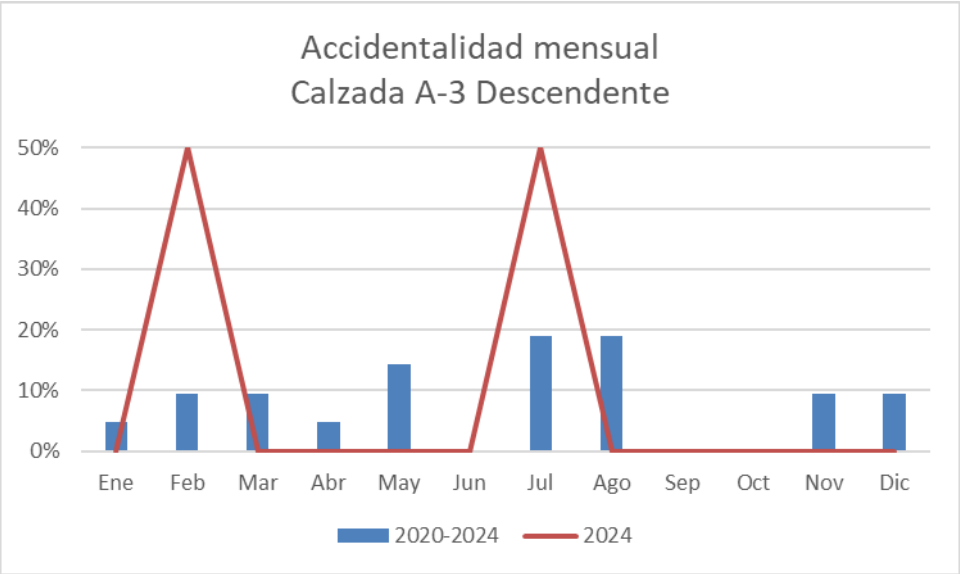

Figura 144 Accidentalidad mensual, calzada A-3 descendente (Fuente Elaboración propia)

- Distribución horaria de los accidentes: Con el objetivo de relacionar la accidentalidad con las condiciones de iluminación y la distribución horaria del tráfico, los accidentes se han clasificado según su hora de ocurrencia. Los resultados se muestran en la Figura 145.

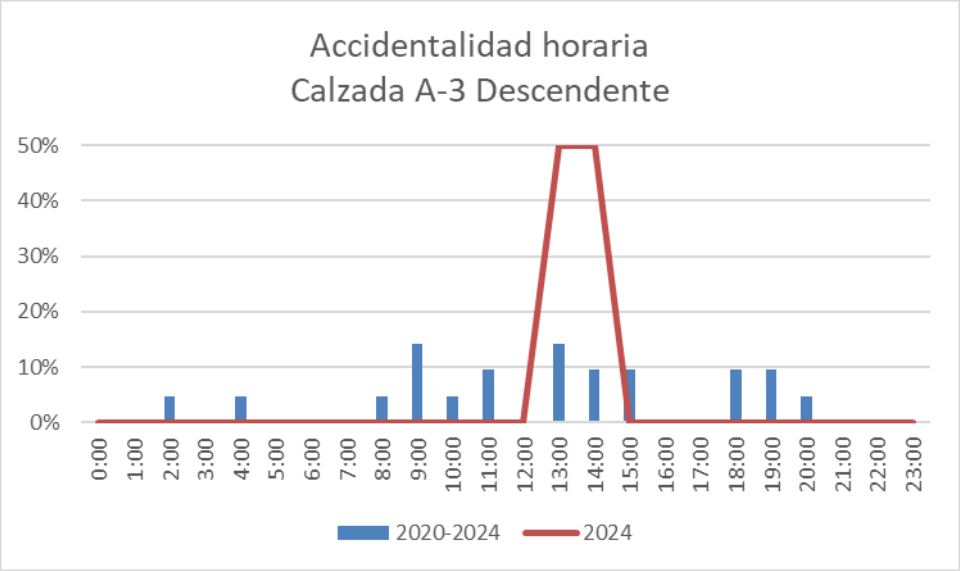

Figura 145 Accidentalidad horaria, calzada A-3 descendente (Fuente Elaboración propia)

Se observa que la accidentalidad se concentra fundamentalmente en el periodo comprendido entre las 8:00 y las 15:00 h, coincidiendo con franjas de elevada intensidad de tráfico diurna, sin registrarse accidentes en horario nocturno.

- Localización espacial de los accidentes: El análisis espacial de la accidentalidad, representado en la Figura 146, muestra la distribución de los accidentes por puntos kilométricos, expresados como porcentaje del total, tanto para el periodo completo como para el año 2024.

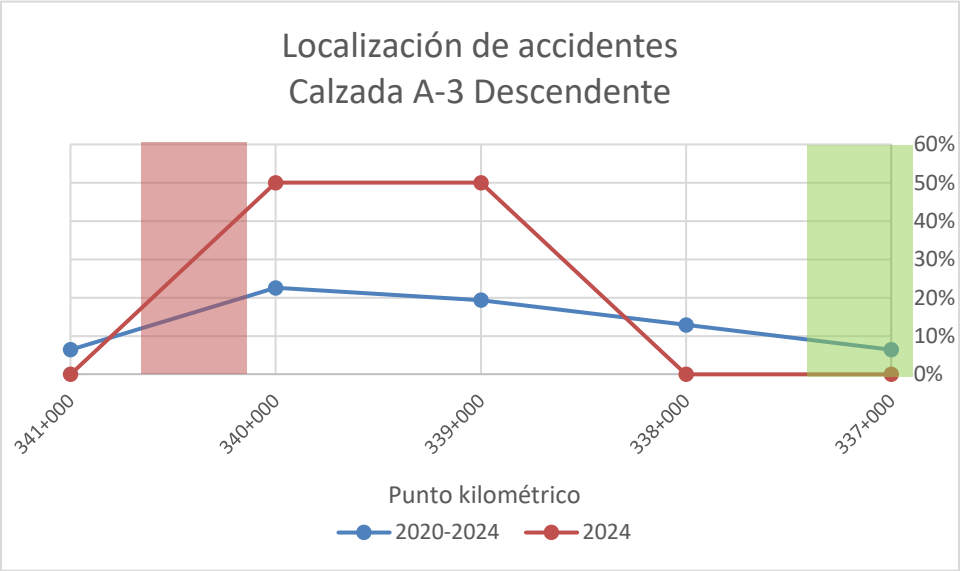

Figura 146 Localización de accidentes, calzada A-3 descendente (Fuente Elaboración propia)

La franja roja identifica la zona de influencia del ramal de salida y la franja verde la correspondiente a el ramal de entrada. A diferencia de las demás calzadas analizadas, en este caso la mayor parte de los accidentes se localiza en la zona intermedia del tramo, fuera de la influencia directa de los ramales. Adicionalmente, se identifican accidentes en la vía de servicio que da acceso al polígono industrial, lo que sugiere una problemática específica asociada a la interacción entre tráfico principal y tráfico local.

- Clasificación de los accidentes: La Figura 147 presenta la clasificación de los accidentes según su tipología. Los accidentes por alcance constituyen el tipo claramente predominante, representando el 48 % del total, seguidos por los choques laterales y las salidas de vía por la derecha, ambos con un 14 %. La elevada proporción de accidentes por alcance resulta coherente con una circulación relativamente homogénea y con la posible presencia de perturbaciones locales asociadas a accesos y salidas de la vía de servicio, que pueden inducir maniobras inesperadas de frenado.

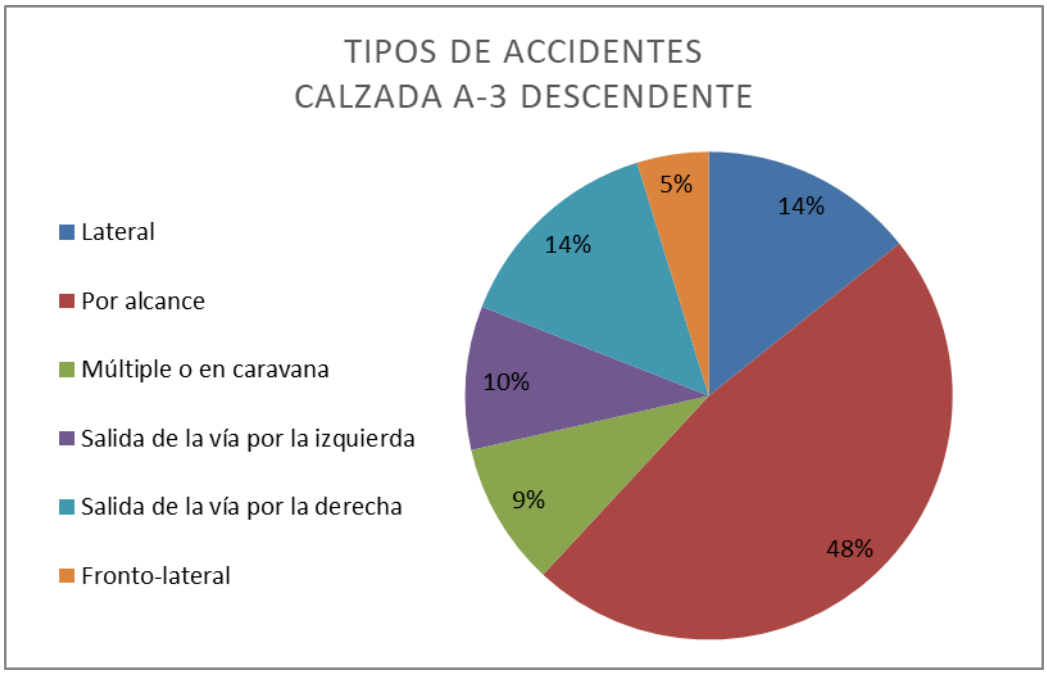

Figura 147 Tipos de accidentes, calzada A-3 descendente (Fuente Elaboración propia)

En cuanto a las condiciones externas, la Figura 148 muestra que en el 74 % de los accidentes el firme se encontraba seco y limpio, seguido por condiciones de firme mojado con un 24 %, porcentaje relativamente elevado en comparación con las otras calzadas analizadas. La Figura 149 indica que la mayoría de los accidentes se produjeron bajo iluminación natural diurna (86 %), mientras que un 9 % tuvo lugar sin iluminación natural y con luz artificial. Finalmente, la Figura 150 refleja que las condiciones meteorológicas predominantes fueron de tiempo despejado (71 %), seguidas por episodios de granizo y lluvia fuerte, con un 10 % y un 9 %, respectivamente.

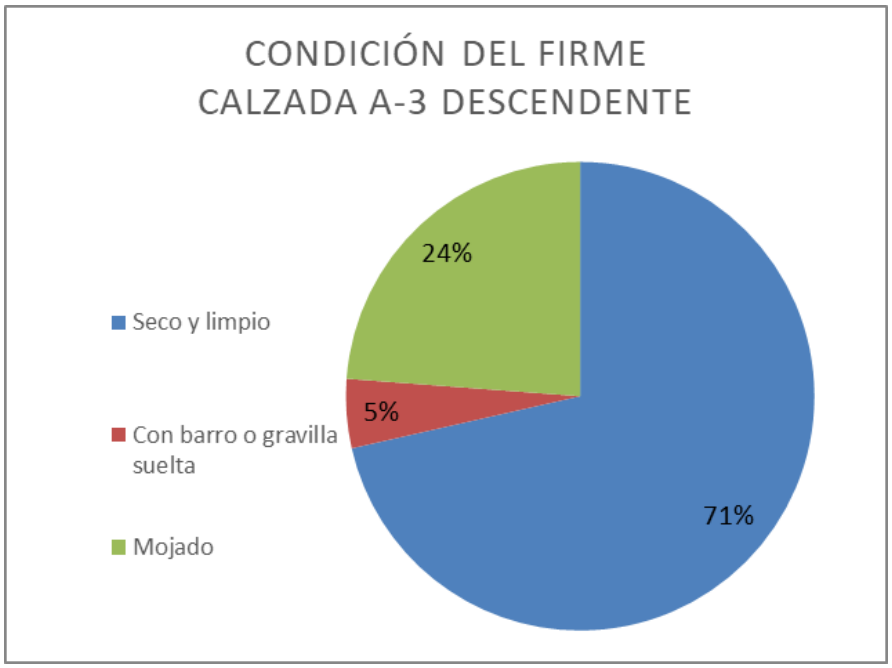

Figura 148 Condición del firme, calzada A-3 descendente (Fuente Elaboración propia)

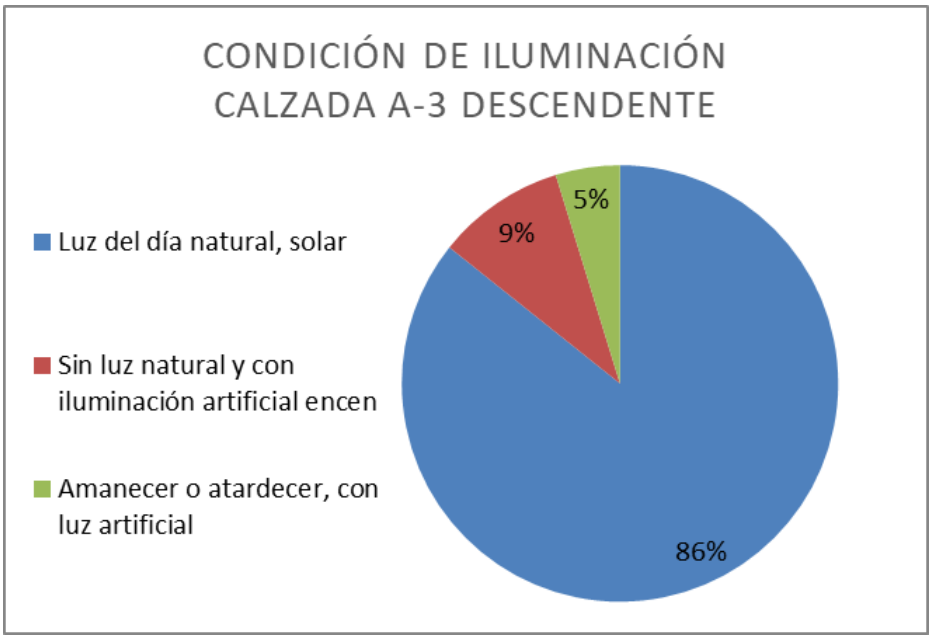

Figura 149 Condición de iluminación, calzada A-3 descendente (Fuente Elaboración propia)

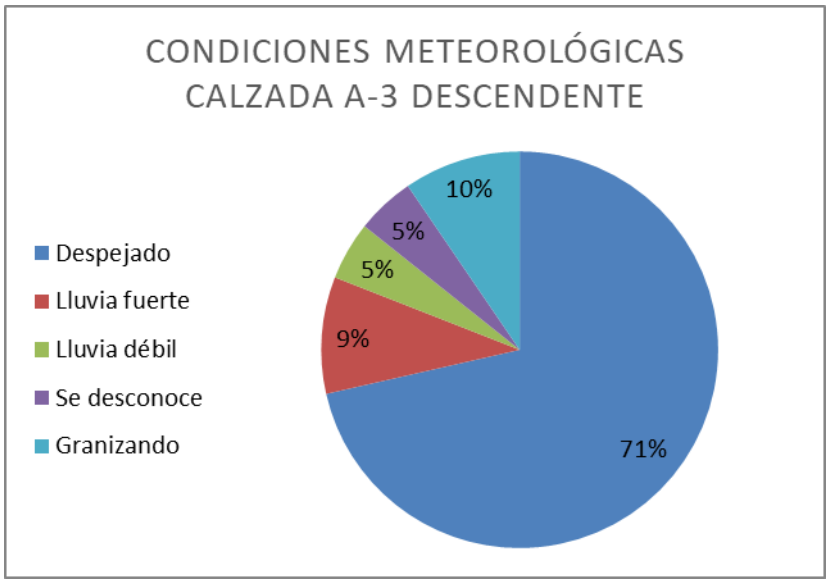

Figura 150 Condiciones meteorológicas, calzada A-3 descendente (Fuente Elaboración propia)

7.6. Índices de accidentalidad

Con la finalidad de complementar el análisis descriptivo de la accidentalidad realizado en los apartados anteriores, se procede a la determinación de los principales índices de accidentalidad, con el objetivo de caracterizar los tramos de estudio en términos de seguridad vial en relación con su exposición al riesgo, representada por la Intensidad Media Diaria (IMD). El uso de estos índices permite una comparación más homogénea entre calzadas y sentidos de circulación, minimizando el efecto del volumen de tráfico sobre el número absoluto de accidentes.

La formulación de los índices empleados se basa en los criterios habitualmente utilizados en los estudios de seguridad vial para la caracterización de la accidentalidad, ampliamente recogidos en la literatura técnica y en la práctica habitual de los organismos responsables de la gestión del tráfico y la seguridad vial en España. Estos indicadores permiten relacionar la siniestralidad observada con la exposición al riesgo, representada mediante la Intensidad Media Diaria (IMD), y facilitan la comparación objetiva entre tramos con diferentes niveles de tráfico, siendo una herramienta habitual en análisis comparativos de infraestructuras viarias [17].

De este modo, se definen y calculan los siguientes índices:

$$\text{Índice de accidentalidad} \rightarrow IA = \frac{\text{Nº de accidentes con victimas} * 10^8}{IMD * 365 * \text{Longitud en Km}}$$

$$\text{Índice de peligrosidad} \rightarrow IP = \frac{\text{Nº de accidentes con Heridos}(\text{graves} + \text{leves}) * 10^8}{IMD * 365 * \text{Longitud en Km}}$$

$$\text{Índice de mortalidad} \rightarrow IM = \frac{\text{Nº victimas mortales} * 10^8}{IMD * 365 * \text{Longitud en Km}}$$

El cálculo de estos índices se realiza de forma independiente para cada calzada, utilizando los datos de accidentalidad correspondientes al año 2024 y las IMD asociadas a cada sentido de circulación. Los valores obtenidos se presentan de manera sintética

en la Figura 151, mientras que en la Figura 152 se muestran comparativamente los índices calculados para cada calzada del ámbito de estudio.

Tramos	IMD	Longitud de tramo [km]	ACV	ACH graves	ACH leves	Víctimas mortales
A-7 ascendente	49717	7.3	8	1	7	1
A-7 descendente	45815	7.7	7	0	8	1
A-3 ascendente	39023	4.0	10	0	10	0
A-3 descendente	36585	4.2	2	0	2	0

Figura 151 Datos de accidentalidad en los tramos analizados (Fuente Elaboración propia a partir de fichero de microdatos de la Dirección General de tráfico)

Tramos	Índice de accidentalidad	Índice de peligrosidad	Índice de mortalidad
A-7 ascendente	6.08	6.08	0.76
A-7 descendente	5.45	6.22	0.78
A-3 ascendente	17.50	17.50	0.00
A-3 descendente	3.56	3.56	0.00

Figura 152 Índices de accidentalidad (Fuente Elaboración propia)

A partir de los resultados obtenidos, se observa que la autovía A-7 presenta un comportamiento relativamente similar en ambas calzadas, con valores próximos tanto en el índice de accidentalidad como en el de peligrosidad. Este patrón contrasta con el observado en la autovía A-3, donde el sentido ascendente registra índices de accidentalidad y peligrosidad significativamente superiores a los del sentido descendente. De manera general, la calzada ascendente de la A-3 se identifica como la que presenta los mayores niveles relativos de accidentalidad y peligrosidad dentro del ámbito de estudio. No obstante, las calzadas de la A-7 muestran valores más elevados del índice de mortalidad, lo que pone de manifiesto una mayor gravedad relativa de los accidentes registrados en esta autovía. En cualquier caso, debe tenerse en cuenta que la reducida longitud de los tramos analizados y el número limitado de accidentes en determinadas calzadas pueden introducir cierto sesgo en la interpretación de los índices, por lo que los resultados deben analizarse con cautela y siempre de forma complementaria al análisis cualitativo previo.

7.7. Análisis de resultados

El análisis conjunto de la accidentalidad en el periodo 2020–2024 no evidencia variaciones anuales significativas en ninguna de las calzadas estudiadas, observándose

un comportamiento relativamente estable en el número de accidentes. A escala mensual, los meses de julio y agosto concentran una mayor frecuencia de siniestros en la mayoría de los tramos, coincidiendo con el periodo estival y con un incremento generalizado de la demanda de tráfico. Desde el punto de vista horario, los accidentes se producen mayoritariamente en horario diurno y durante las franjas de mayor intensidad de tráfico, lo que sugiere que la exposición al riesgo asociada al volumen de tráfico es un factor determinante frente a otros condicionantes como la iluminación artificial o la conducción nocturna.

El análisis espacial muestra que, en tres de las cuatro calzadas, los accidentes se concentran principalmente en las zonas de influencia de los ramales o en los tramos de aproximación a los ramales de salida, identificándose estos puntos como áreas de mayor complejidad operativa. Este patrón no se reproduce en la calzada de la autovía A-3 en sentido descendente, donde la accidentalidad se localiza preferentemente en tramos intermedios y fuera de la influencia directa de los ramales. El comportamiento del año 2024 resulta coherente con el conjunto del periodo analizado, sin presentar desviaciones significativas ni patrones anómalos, lo que refuerza la representatividad de los resultados obtenidos.

Desde el punto de vista tipológico y de las condiciones externas, el accidente más frecuente en todas las calzadas es el alcance entre dos vehículos, con presencia habitual de un herido leve, firme seco y limpio, iluminación natural diurna y condiciones meteorológicas despejadas. En la calzada A-7 ascendente, estos accidentes se producen mayoritariamente bajo condiciones de circulación fluida, mientras que en la A-7 descendente y en ambas calzadas de la A-3 predominan situaciones de circulación discontinua. Este hecho sugiere que el nivel de servicio y las perturbaciones del flujo, especialmente en entornos de ramales y zonas de transición, pueden influir de forma relevante en la ocurrencia de accidentes, en coherencia con los resultados obtenidos en el análisis de tráfico desarrollado previamente.

8. DIAGNOSTICO INTEGRADO

El enlace objeto de estudio presenta, en su configuración actual, un funcionamiento limitado en algunos de sus movimientos, alcanzando niveles de servicio D e incluso E, superando el nivel de servicio mínimo para la hora de proyecto en el año horizonte, y presenta un cuello de botella en el carril de desaceleración del ramal de salida de la A-3 ascendente que genera 2 horas en nivel de servicio F.

Respecto a su configuración, se trata de un enlace de trébol modificado que cumple, en términos generales, las recomendaciones relativas a longitudes de carriles de aceleración y deceleración, así como a la separación entre bifurcaciones y confluencias. La presencia de vías colectoras constituye un elemento clave en su concepción, al permitir canalizar los tráficos procedentes de los ramales y de los accesos a los polígonos industriales adyacentes, reduciendo las perturbaciones sobre los troncos principales y segregando adecuadamente los movimientos locales de los de largo recorrido. Asimismo, se observa una clara priorización de los movimientos Barcelona–Madrid, resuelto mediante ramal directo, y Madrid–Barcelona, resuelto mediante un ramal en círculo que ofrece una mayor capacidad que una solución en lazo convencional, si bien su radio de curvatura principal, inferior a 200 m, constituye un condicionante geométrico relevante que influye directamente en su capacidad teórica y en su comportamiento operativo.

Desde el punto de vista de los troncos de las autovías A-7 y A-3, el análisis evidencia una capacidad suficiente. Las calzadas, mayoritariamente de tres carriles por sentido —con tramos puntuales de cuatro carriles—, discurren en terreno llano, con buena visibilidad, secciones transversales adecuadas y arcenes con condiciones adecuadas, lo que se traduce en elevadas velocidades de flujo libre y en una capacidad adecuada frente a la demanda actual. Este comportamiento se ve confirmado por los resultados del análisis realizado con el software FREEVAL, basado en la metodología del Highway Capacity Manual, que integra de forma explícita factores como la climatología, la accidentalidad y la variabilidad temporal del tráfico. Aun considerando escenarios desfavorables y velocidades de flujo libre ajustadas respecto a la señalización existente, los troncos mantienen niveles de servicio adecuados durante el periodo analizado, con reducciones puntuales de velocidad que no llegan a comprometer el desempeño global del sistema.

No obstante, esta lectura globalmente favorable del funcionamiento del enlace se matiza de forma significativa cuando el análisis se focaliza en los ramales y en sus zonas de influencia. La aplicación de la metodología específica del HCM permite considerar de forma explícita la interacción con ramales adyacentes y la redistribución de flujos en los carriles del tronco, pone de manifiesto la existencia de márgenes operativos reducidos en estos elementos. En particular, los movimientos asociados a el ramal de entrada de la autovía A-7 en sentido descendente, procedentes de Madrid y Valencia, presentan niveles de servicio D y E durante amplios periodos del día, llegando a operar en condiciones próximas o incluso superiores a su capacidad teórica en las horas punta. Este comportamiento contrasta con la mayor holgura observada en los troncos y confirma que el elemento crítico del enlace no es la infraestructura principal, sino las transiciones asociadas a las incorporaciones y salidas, donde confluyen elevados volúmenes de tráfico y se concentran las maniobras más complejas.

La verificación de la capacidad teórica de los ramales refuerza este diagnóstico. Los resultados muestran que determinados ramales, como el Madrid-Barcelona resuelto mediante ramal en círculo, alcanzan o superan puntualmente su capacidad teórica, penalizada por la Guía de Nudos Viarios debido a que radio de curvatura no supera los 200 metros. Si bien estos valores responden a criterios conservadores, su superación no puede ser ignorada, ya que revela una explotación intensiva de la infraestructura y una elevada sensibilidad ante perturbaciones externas. En este contexto, el enlace puede considerarse con poco margen operativo en el movimiento Barcelona-Madrid/Valencia y el movimiento Madrid/Valencia-Barcelona el cual alcanza el nivel de servicio E y que operan gran porcentaje del día en nivel de servicio D, lo que incrementa su vulnerabilidad frente a incrementos de tráfico, episodios de climatología adversa o incidentes de tráfico.

Esta lectura se ve reforzada por el análisis de la accidentalidad. Los resultados muestran una clara concentración de accidentes en las zonas de influencia de los ramales, especialmente aguas arriba de salidas, donde predominan los accidentes por alcance en condiciones ambientales favorables. La elevada frecuencia de este tipo de siniestros, asociados mayoritariamente a circulación discontinua y a maniobras de deceleración y cambio de carril, orientado a causas de naturaleza operativa más que a factores climáticos o de infraestructura deficiente. La coherencia entre la localización de los accidentes y los tramos identificados como más exigidos desde el punto de vista del nivel de servicio refuerza la validez del diagnóstico integrado, evidenciando una relación

directa entre complejidad operativa, degradación del flujo y aumento del riesgo de accidente.

En conjunto, el enlace presenta un diseño coherente y ajustado a las limitaciones del entorno, caracterizado por una elevada capacidad en los troncos y por una gestión razonable de los flujos mediante vías colectoras. Sin embargo, su inserción en un entorno urbano-metropolitano en expansión, la proximidad de importantes polos logísticos generadores de tráfico pesado, la presencia del cauce del barranco del Poyo y de infraestructuras ferroviarias, así como la limitada disponibilidad de espacio para futuras ampliaciones, configuran un escenario de rigidez geométrica que condiciona su evolución. Bajo estas premisas, el análisis integrado permite concluir que el enlace muestra signos claros de tensión operativa en los ramales Barcelona-Madrid, Madrid-Barcelona y Valencia-Barcelona en determinadas franjas horarias, anticipando que incrementos futuros de demanda podrían traducirse en una degradación significativa de su nivel de servicio y de sus condiciones de seguridad vial.

9. PROYECCIÓN DE LA DEMANDA Y EVALUACION DEL FUNCIONAMIENTO FUTURO

A partir del diagnóstico integrado del enlace, se considera necesario analizar su comportamiento bajo escenarios futuros de demanda, con el objetivo de evaluar la evolución de su funcionamiento operativo y anticipar posibles situaciones de degradación del nivel de servicio. Para ello, se plantea una proyección del tráfico basada en la información histórica disponible en las estaciones de aforo de referencia.

En primer lugar, se presentan los datos anuales de intensidad media diaria correspondientes a las cuatro estaciones de aforo seleccionadas, abarcando un periodo de diez años, junto con el cálculo de los crecimientos medios observados. Asimismo, se analiza la evolución del porcentaje de vehículos pesados a partir de los últimos cinco años disponibles, al considerarse un periodo suficientemente representativo de las condiciones actuales de explotación.

Año	V-311-1				
	IMD total	Ligeros	Pesados	%P	%Crec
2024	110482	81757	28725	26.0%	-
2023	111428	82997	28431	25.5%	-0.8%
2022	65372	47582	17790	27.2%	70.5%
2021	72349	52256	20093	27.8%	-9.6%
2020	58644	42190	16454	28.1%	23.4%
2019	72203	53488	18715	25.9%	-18.8%
2018	53971	38557	15414	28.6%	33.8%
2017	93149	68906	24243	26.0%	-42.1%
2016	78953	54026	24927	31.6%	18.0%
2015	71664	48604	22863	31.9%	10.2%
2014	75876	46288	28760	37.9%	-5.6%

%P (5 años) 26.9% **% Crec (10 años)** 7.9%

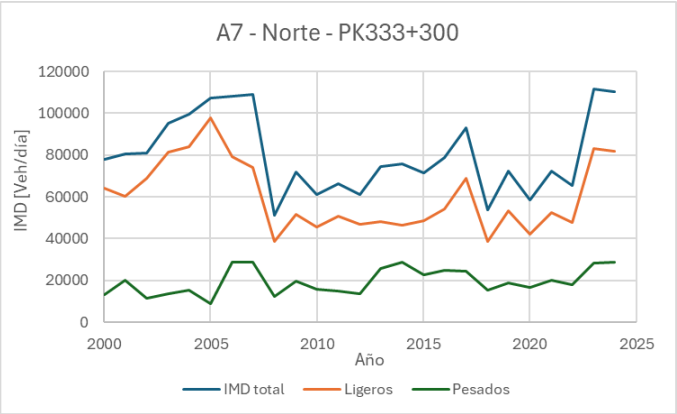

Figura 153 Evolución del tráfico desde el año 2014 al 2024, estación de aforo V-311-1 (Fuente Elaboración propia)

El análisis de la estación mostrada en la Figura 151 refleja un crecimiento sostenido del tráfico hasta el año 2007, seguido de una caída significativa asociada a factores macroeconómicos, tras la cual se observa una recuperación progresiva en los años posteriores, alcanzando valores similares en 2023 y 2024.

Año	V-312-2				
	IMD total	Ligeros	Pesados	%P	%Crec
2024	78992	60423	18568	23.5%	-
2023	79704	61390	18314	23.0%	-0.9%
2022	77593	58157	19436	25.0%	2.7%
2021	78357	58224	20133	25.7%	-1.0%
2020	61858	44535	17323	28.0%	26.7%
2019	81100	60323	20777	25.6%	-23.7%
2018	76763	56838	19925	26.0%	5.6%
2017	51778	38844	12934	25.0%	48.3%
2016	55607	41670	13937	25.1%	-6.9%
2015	68845	53530	15083	21.9%	-19.2%
2014	61073	46896	14030	23.0%	12.7%

%P (5 años) 25.0% **% Crec (10 años)** 4.4%

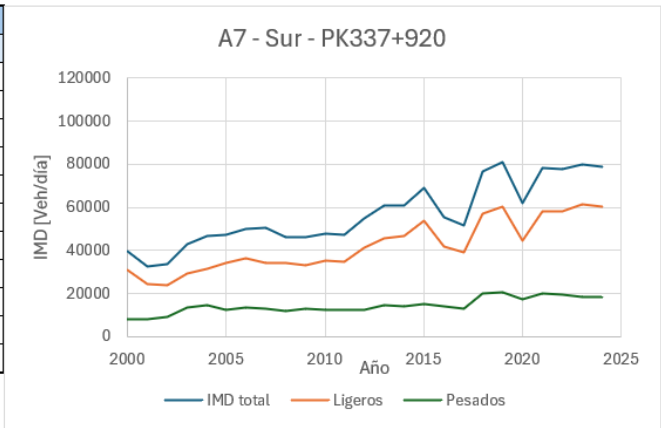

Figura 154 Evolución del tráfico desde el año 2014 al 2024, estación de aforo V-312-2 (Fuente Elaboración propia)

Por su parte, la estación V-312-2, también ubicada en la autovía A-7, ver Figura 154, presenta una tendencia de crecimiento más estable, con descensos puntuales en 2016 y 2020, manteniendo en términos generales una evolución positiva.

Las estaciones situadas en la autovía A-3 (Figuras 153 y 154) muestran una mayor variabilidad interanual, coincidiendo con descensos en determinados años que también se observan en el resto de la red.

Año	V-213-2				
	IMD total	Ligeros	Pesados	%P	%Crec
2024	72645	61101	11544	15.9%	0.0%
2023	74139	61752	12387	16.7%	-2.0%
2022	73279	61100	12179	16.6%	1.2%
2021	76439	63553	12886	16.9%	-4.1%
2020	59375	49502	9873	16.6%	28.7%
2019	69662	58149	11513	16.5%	-14.8%
2018	78248	66966	11282	14.4%	-11.0%
2017	53036	43544	9492	17.9%	47.5%
2016	53712	42678	11034	20.5%	-1.3%
2015	56344	44151	12105	21.5%	-4.7%
2014	56342	44154	12105	21.5%	0.0%

%P (5 años) 16.5% **% Crec (10 años)** 4.0%

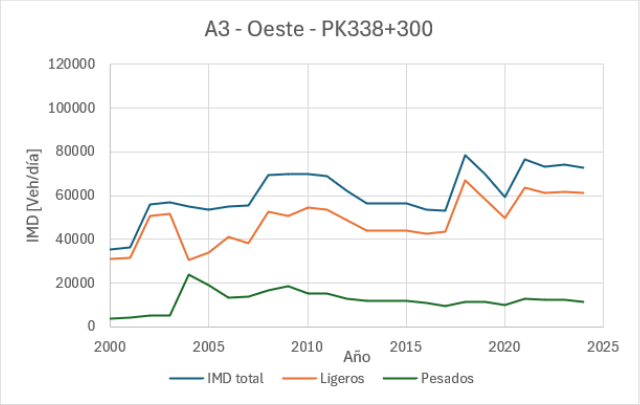

Figura 155 Evolución del tráfico desde el año 2014 al 2024, estación de aforo V-213-2 (Fuente Elaboración propia)

Año	V-337-2				
	IMD total	Ligeros	Pesados	%P	%Crec
2024	67426	54609	12817	19.0%	
2023	66823	53310	13513	20.2%	0.9%
2022	64808	52330	12478	19.3%	3.1%
2021	66861	53064	13797	20.6%	-3.1%
2020	50257	40250	10007	19.9%	33.0%
2019	62960	52125	10835	17.2%	-20.2%
2018	73218	62612	10606	14.5%	-14.0%
2017	53318	44220	9098	17.1%	37.3%
2016	-	-	-	-	-
2015	56651	44946	11603	20.5%	-5.9%
2014	56642	44956	11603	20.5%	0.0%
2013	56319	44532	11390	0.2022	0.6%
	%P (5 años)	19.8%	% Crec (10 años)	3.2%	

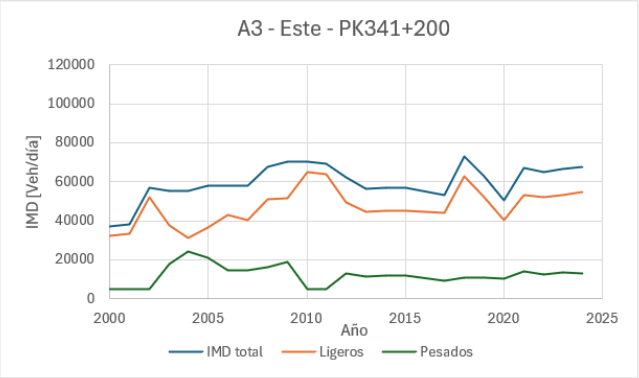

Figura 156 Evolución del tráfico desde el año 2013 al 2024, estación de aforo V-337-2 (Fuente Elaboración propia)

Finalmente, el análisis conjunto pone de manifiesto una tendencia de crecimiento sostenido a medio y largo plazo. En relación con la composición del tráfico, se observa que el porcentaje de vehículos pesados es especialmente elevado en la A-7, con valores comprendidos entre el 25.0 % y el 26.9 %, mientras que en la A-3 se sitúa entre el 16.5 % y el 19.8 %, lo que resulta particularmente relevante para la evaluación futura de la capacidad y el nivel de servicio.

9.1. Hipótesis de crecimiento

Dada la variabilidad interanual observada en las tasas de crecimiento del tráfico, que oscilan entre valores aproximados del 3.2 % y el 7.9 %, se definen dos escenarios de proyección con el fin de acotar un rango razonable de evolución futura.

El primer escenario adopta un crecimiento normativo del 1.44 %, conforme a lo establecido en la Orden FOM/3317/2010, representando una hipótesis conservadora alineada con criterios reglamentarios. El segundo escenario considera un crecimiento anual del 4.0 %, que, si bien resulta más exigente, se considera coherente con la tendencia observada en los últimos años y permite evaluar una situación más desfavorable desde el punto de vista operativo.

El porcentaje de vehículos pesados se mantiene constante en cada escenario, tomando como referencia el promedio de los últimos cinco años disponibles, de acuerdo con las recomendaciones de la Norma 6.1-IC. Asimismo, conforme a la Norma 3.1-IC de trazado, se plantean horizontes de análisis a 5, 10 y 20 años, con el objetivo de evaluar la evolución progresiva del funcionamiento del enlace en distintos periodos temporales.

En la Figura 157 se presentan las intensidades medias diarias proyectadas para cada estación de aforo bajo los escenarios definidos, que servirán de base para el análisis del funcionamiento futuro del enlace desarrollado en el apartado siguiente.

Estación de aforo	% Pesados	IMD 2024	Escenario 1 (Crec 1.44%)			Escenario 2 (Crec 4.0%)		
			IMD 2029	IMD 2034	IMD 2044	IMD 2029	IMD 2034	IMD 2044
V-311-1 A7 - Norte - PK333+300	26.9%	110482	118669	127463	147054	134418	163540	242079
V-312-2 A7 - Sur - PK337+920	25.0%	78992	84845	91132	105139	96105	116927	173080
V-213-2 A3 - Oeste - PK338+300	16.5%	72645	78028	83810	96692	88384	107532	159174
V-337-2 A3 - Este - PK341+200	19.8%	67426	72423	77789	89745	82034	99807	147739

Figura 157 Intensidades medias diarias a 5, 10 y 20 años para el escenario 1, crecimiento del 1.44%, y del escenario 2, crecimiento del 4.0% (Fuente Elaboración propia)

9.2. Evaluación de funcionamiento del enlace

Una vez definidos los volúmenes de tráfico proyectados para cada año horizonte y para cada escenario de crecimiento, se procede a evaluar el funcionamiento futuro del enlace mediante el software Freeval. El análisis se apoya en el modelo previamente desarrollado para el año base 2024, sobre el cual se aplican los factores de crecimiento correspondientes a cada escenario. Para ello, se ajustan los volúmenes de entrada en los troncos de cada calzada y los flujos asociados a los ramales de entrada y salida, empleando la herramienta Fill Data, que permite aplicar de forma homogénea los factores de crecimiento a todos los intervalos temporales considerados en el día medio de análisis. Este procedimiento garantiza la coherencia interna del modelo y la comparabilidad directa entre escenarios y horizontes temporales.

Los resultados obtenidos para los troncos de autovía se presentan en las Figura 158 a la Figura 165, una por cada calzada analizada. En ellas se recogen, para cada escenario, variables agregadas como el tiempo medio de viaje, los indicadores de movilidad VMTD y VMTV, las horas vehículo recorridas (VHT), las horas totales de demora (VHD), así como la densidad y el valor máximo del cociente densidad-capacidad durante el periodo de análisis.

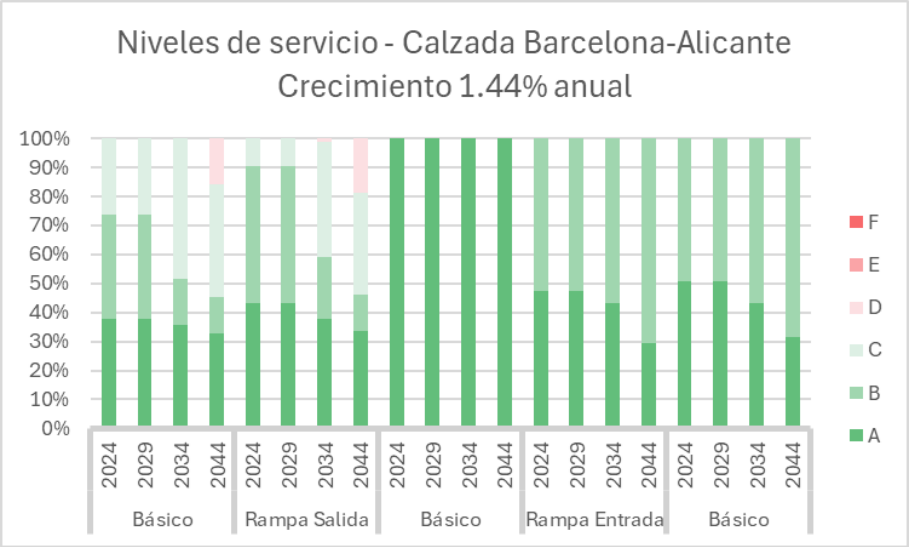

Figura 158 Resultados de análisis de Freeval con crecimiento del 1.44% para la calzada de la autovía A-7 sentido Barcelona-Alicante (Fuente Elaboración propia)

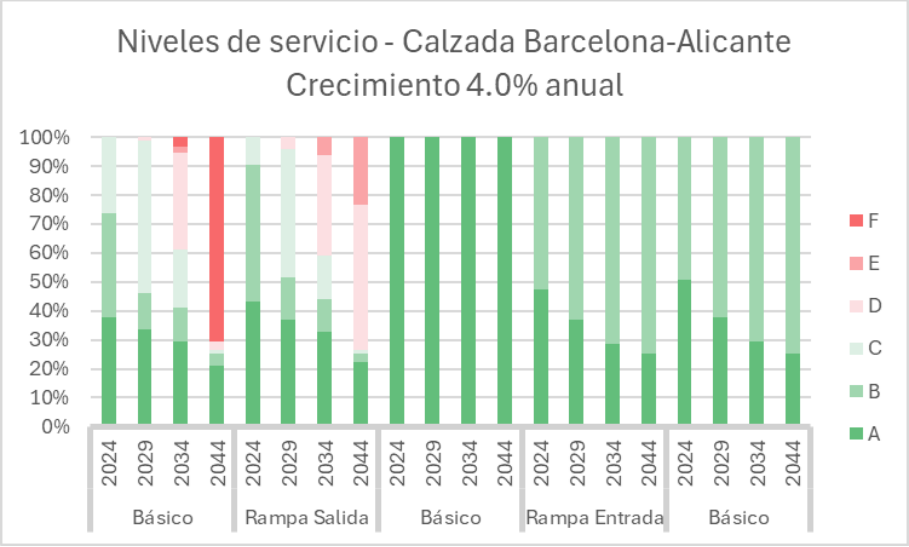

Figura 159 Resultados de análisis de Freeval con crecimiento del 4.0% para la calzada de la autovía A-7 sentido Barcelona-Alicante (Fuente Elaboración propia)

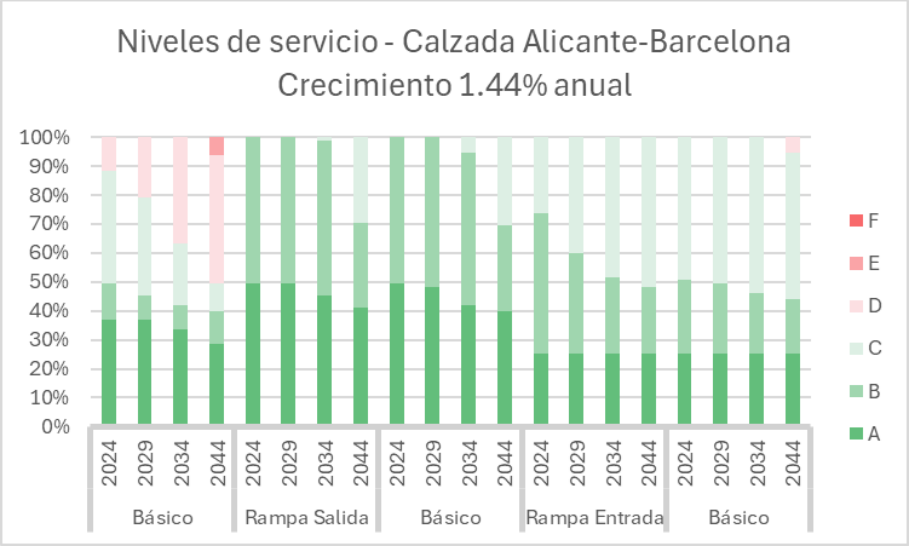

Figura 160 Resultados de análisis de Freeval con crecimiento 1.44% para la calzada de la autovía A-7 sentido Alicante-Barcelona (Fuente Elaboración propia)

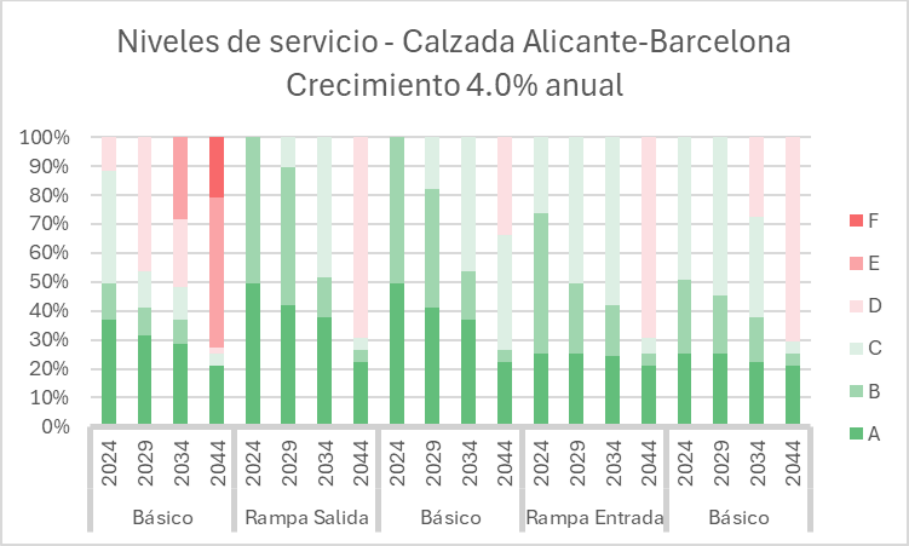

Figura 161 Resultados de análisis de Freeval con crecimiento 4.0% para la calzada de la autovía A-7 sentido Alicante-Barcelona (Fuente Elaboración propia)

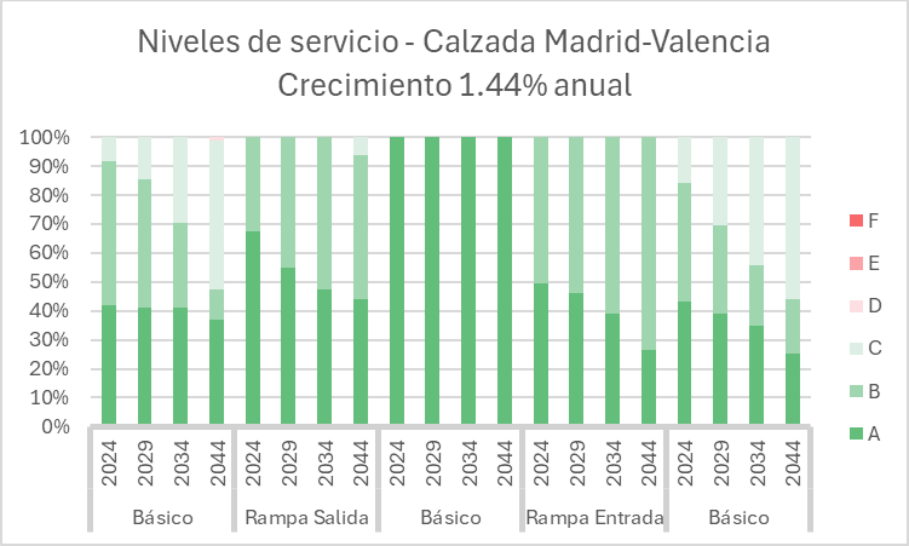

Figura 162 Resultados de análisis de Freeval con crecimiento 1.44% para la calzada de la autovía A-3 sentido Madrid-Alicante (Fuente Elaboración propia)

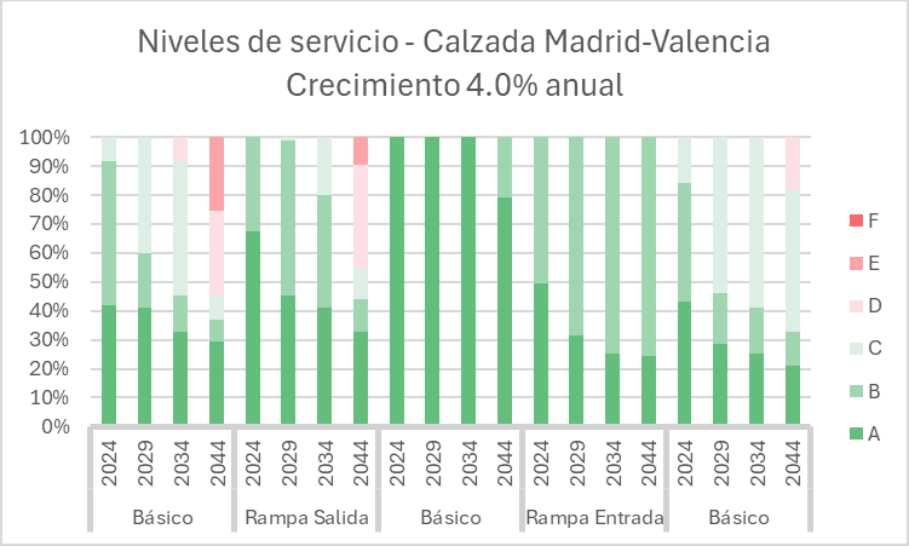

Figura 163 Resultados de análisis de Freeval con crecimiento 4.0% para la calzada de la autovía A-3 sentido Madrid-Alicante (Fuente Elaboración propia)

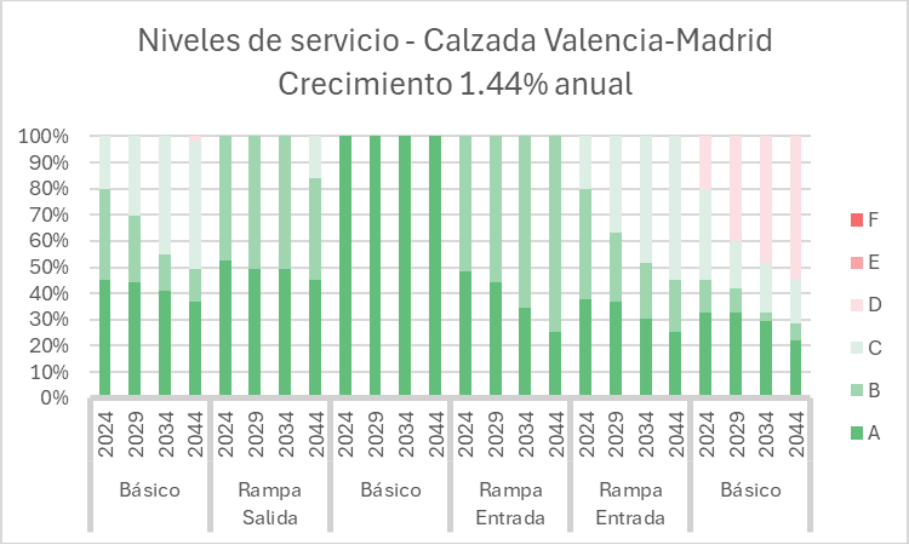

Figura 164 Resultados de análisis de Freeval con crecimiento 1.44% para la calzada de la autovía A-3 sentido Valencia-Madrid (Fuente Elaboración propia)

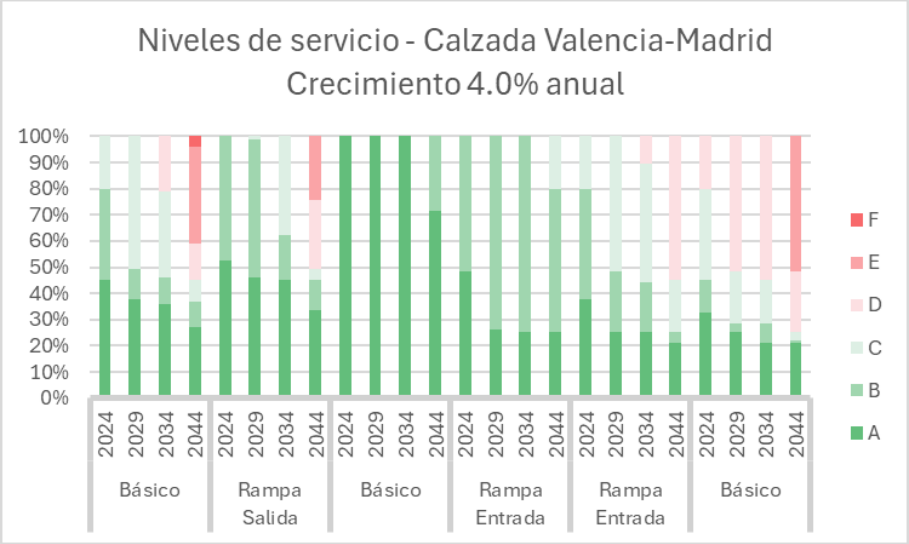

Figura 165 Resultados de análisis de Freeval con crecimiento 4.0% para la calzada de la autovía A-3 sentido Valencia-Madrid (Fuente Elaboración propia)

Se observa que, en el escenario de crecimiento 1, el ramal de salida de la calzada de la autovía A-7 en sentido Alicante–Barcelona alcanza el nivel de servicio E durante menos del 10 % del día. Sin embargo, en el escenario de crecimiento 2 se evidencia un comportamiento significativamente más desfavorable, alcanzándose el nivel de servicio F en este mismo ramal durante aproximadamente el 70 % del periodo diario analizado. Asimismo, en el resto de las calzadas se alcanza el nivel de servicio E en el segmento básico inmediatamente anterior a el ramal de salida, lo que pone de manifiesto la influencia de la perturbación generada por dicho elemento sobre el funcionamiento del tronco principal. En términos generales, el escenario de crecimiento 1 presenta perturbaciones relevantes en la operación del enlace, aunque sin llegar al colapso de la red, mientras que en el escenario de crecimiento 2 se supera la capacidad en varios tramos, produciéndose una expansión rápida de la congestión a lo largo del día y dando lugar a un estado del tráfico inestable y de elevada complejidad para su evaluación.

Complementariamente, se evalúa el funcionamiento futuro de los ramales mediante la metodología específica aplicada en el apartado 6.6, utilizando los nuevos volúmenes proyectados. En este análisis no solo se incrementan los tráficos de los troncos, sino también los de los ramales y de los ramales adyacentes al enlace, manteniendo la proporcionalidad de las distribuciones de tráfico con el fin de preservar la coherencia del sistema. Los resultados se presentan de forma sintética mediante una tabla por calzada, en la que se recoge el nivel de servicio de las zonas de influencia de los ramales para cada escenario y año horizonte.

N.S. Autovía A-7 sentido Ascendente del PK																									
Año	Elemento	L0	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15	L16	L17	L18	L19	L20	L21	L22	L23
2024	Rampa de salida	A	A	A	A	A	A	B	D	C	C	C	C	D	D	D	D	C	D	D	C	B	B	B	A
	Rampa de entrada	A	A	A	A	A	A	B	C	C	B	B	B	B	C	C	B	B	C	C	B	B	B	A	A
2029	Rampa de salida	A	A	A	A	A	A	B	D	D	C	C	D	D	D	D	D	D	D	D	C	C	B	B	A
E1	Rampa de entrada	A	A	A	A	A	A	B	C	C	C	B	B	B	C	C	C	C	C	C	B	B	B	A	A
2029	Rampa de salida	A	A	A	A	A	A	C	E	D	D	D	D	E	E	E	E	D	E	E	D	C	B	B	A
E2	Rampa de entrada	A	A	A	A	A	A	B	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	B	B	A	A
2034	Rampa de salida	A	A	A	A	A	A	C	D	D	D	D	D	D	D	E	D	D	D	E	D	C	B	B	A
E1	Rampa de entrada	A	A	A	A	A	A	B	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	B	B	B	A	A
2034	Rampa de salida	A	A	A	A	A	B	C	E	E	E	E	E	E	E	F	E	E	E	F	E	D	C	B	A
E2	Rampa de entrada	A	A	A	A	A	A	B	D	D	C	C	C	C	D	D	D	C	D	D	C	B	B	B	A
2044	Rampa de salida	A	A	A	A	A	B	C	E	E	D	D	E	E	E	E	E	E	E	E	D	C	B	B	A
E1	Rampa de entrada	A	A	A	A	A	A	B	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	D	D	C	B	B	B	A
2044	Rampa de salida	B	A	A	A	A	B	E	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	E	D	C	B
E2	Rampa de entrada	A	A	A	A	A	B	C	F	F	F	E	F	F	F	F	F	F	F	F	E	C	C	B	A

Figura 166 Niveles de servicio de ramales de entrada y salida para la calzada de la autovía A-7 sentido ascendente del PK para los escenarios de crecimiento 1 y 2 en los años 2029, 2034 y 2044 (Fuente Elaboración propia)

En la calzada de la autovía A-7 en sentido ascendente, cuyos resultados se muestran en la Figura 166, se observa una degradación progresiva del nivel de servicio a medida que aumenta la demanda, siendo el carril de desaceleración del ramal de salida el primer elemento en alcanzar y superar la capacidad. En todos los escenarios analizados, el ramal de salida presenta un comportamiento más desfavorable que el ramal de entrada, reproduciendo el patrón ya identificado en el año base, donde los carriles de incorporación constituyen el elemento más restrictivo desde el punto de vista operativo.

N.S. Autovía A-7 sentido Descendente del PK																									
Año	Elemento	L0	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15	L16	L17	L18	L19	L20	L21	L22	L23
2024	Rampa de salida	A	A	A	A	A	A	A	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	A	A	A	A	A
	Rampa de entrada	A	A	A	A	A	B	C	E	E	D	D	D	D	D	E	D	D	E	E	C	C	B	B	A
2029	Rampa de salida	A	A	A	A	A	A	A	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	C	B	B	A	A	A	A
E1	Rampa de entrada	A	A	A	A	A	B	C	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	D	C	B	B	A
2029	Rampa de salida	A	A	A	A	A	A	B	C	C	B	B	B	B	C	C	C	B	C	C	B	A	A	A	A
E2	Rampa de entrada	A	A	A	A	A	B	C	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	C	B	B	A
2034	Rampa de salida	A	A	A	A	A	A	B	C	C	B	B	B	B	B	C	B	B	C	C	B	A	A	A	A
E1	Rampa de entrada	A	A	A	A	A	B	C	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	C	B	B	A
2034	Rampa de salida	A	A	A	A	A	A	B	F	F	C	C	C	C	C	F	C	C	F	D	B	B	A	A	A
E2	Rampa de entrada	A	A	A	A	A	B	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	C	B	B
2044	Rampa de salida	A	A	A	A	A	A	B	C	C	C	B	B	C	C	C	C	C	C	C	B	B	A	A	A
E1	Rampa de entrada	A	A	A	A	A	B	D	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	D	C	B	B
2044	Rampa de salida	A	A	A	A	A	B	C	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	C	B	A	A
E2	Rampa de entrada	B	A	A	A	B	C	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	C	B

Figura 167 Niveles de servicio de ramales de entrada y salida para la calzada de la autovía A-7 sentido descendente del PK para los escenarios de crecimiento 1 y 2 en los años 2029, 2034 y 2044 (Fuente Elaboración propia)

En la calzada de la A-7 en sentido descendente, cuyos resultados se recogen en la Figura 167, el análisis confirma la situación crítica detectada en el año 2024. El ramal de entrada entra en colapso desde el primer escenario de crecimiento, ampliándose progresivamente la franja horaria con nivel de servicio F conforme aumenta la demanda. El ramal de salida presenta un comportamiento más contenido en el escenario de crecimiento moderado, alcanzando el colapso únicamente en el horizonte a veinte años, mientras que en el escenario más exigente se producen situaciones de saturación ya a partir del horizonte a diez años.

N.S. Autovía A-3 sentido Ascendente del PK																									
Año	Elemento	L0	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15	L16	L17	L18	L19	L20	L21	L22	L23
2024	Rampa de salida	A	A	A	A	A	A	A	C	C	B	B	B	B	C	C	B	C	F	F	B	B	B	A	A
	Rampa de entrada	A	A	A	A	A	A	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	A	A	A
2029	Rampa de salida	A	A	A	A	A	A	A	B	B	B	B	B	B	B	F	B	B	F	F	B	A	A	A	A
E1	Rampa de entrada	A	A	A	A	A	A	B	C	B	B	B	B	B	B	C	B	B	C	C	B	B	B	A	A
2029	Rampa de salida	A	A	A	A	A	A	A	F	F	F	B	B	F	F	F	F	F	F	F	B	A	A	A	A
E2	Rampa de entrada	A	A	A	A	A	A	B	C	C	C	B	C	C	C	C	C	C	C	C	B	B	B	A	A
2034	Rampa de salida	A	A	A	A	A	A	A	F	F	B	B	B	B	F	F	F	F	F	F	B	A	A	A	A
E1	Rampa de entrada	A	A	A	A	A	A	B	C	C	B	B	B	C	C	C	C	B	C	C	B	B	B	A	A
2034	Rampa de salida	A	A	A	A	A	A	A	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	C	B	A	A	A
E2	Rampa de entrada	A	A	A	A	A	B	B	F	F	C	C	C	C	F	F	F	C	F	F	C	B	B	B	A
2044	Rampa de salida	A	A	A	A	A	A	A	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	B	B	A	A	A
E1	Rampa de entrada	A	A	A	A	A	A	B	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	B	B	B	A
2044	Rampa de salida	A	A	A	A	A	A	B	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	C	B	A	A
E2	Rampa de entrada	A	A	A	A	A	B	C	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	C	B	B	A

Figura 168 Niveles de servicio de ramales de entrada y salida para la calzada de la autovía A-3 sentido ascendente del PK para los escenarios de crecimiento 1 y 2 en los años 2029, 2034 y 2044 (Fuente Elaboración propia)

En la calzada de la autovía A-3 en sentido ascendente, representada en la Figura 168, el colapso del ramal de salida se produce desde el primer escenario de crecimiento en ambos supuestos analizados, como consecuencia de la superación de la capacidad en el carril de acceso. A medida que aumenta la demanda, la duración temporal de las condiciones de nivel de servicio F se incrementa de forma significativa. El ramal de entrada muestra un comportamiento más favorable en el escenario de crecimiento moderado, mientras que en el escenario más exigente alcanza el colapso a partir del horizonte a diez años.

N.S. Autovía A-3 sentido Descendente del PK																									
Año	Elemento	L0	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15	L16	L17	L18	L19	L20	L21	L22	L23
2024	Rampa de salida	A	A	A	A	A	A	B	C	C	C	B	B	B	C	C	C	B	C	C	B	B	A	A	A
	Rampa de entrada	A	A	A	A	A	A	B	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	B	B	B	A	A
2029	Rampa de salida	A	A	A	A	A	A	B	F	F	F	C	B	B	C	C	C	C	F	C	B	B	A	A	A
E1	Rampa de entrada	A	A	A	A	A	A	B	F	F	C	C	C	F	F	F	F	C	F	F	B	B	B	B	A
2029	Rampa de salida	A	A	A	A	A	A	B	F	F	F	C	C	C	F	F	F	F	F	F	B	B	B	A	A
E2	Rampa de entrada	A	A	A	A	A	B	B	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	C	B	B	B	A
2034	Rampa de salida	A	A	A	A	A	A	B	F	F	F	C	C	C	F	F	F	F	D	F	B	B	A	A	A
E1	Rampa de entrada	A	A	A	A	A	B	B	F	F	F	C	F	F	F	F	F	F	F	F	C	B	B	B	A
2034	Rampa de salida	A	A	A	A	A	A	B	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	C	B	B	A	A
E2	Rampa de entrada	A	A	A	A	A	B	C	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	C	B	B	A
2044	Rampa de salida	A	A	A	A	A	A	B	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	C	B	B	A	A
E1	Rampa de entrada	A	A	A	A	A	B	C	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	B	B	B	A
2044	Rampa de salida	A	A	A	A	A	B	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	B	B	A
E2	Rampa de entrada	B	A	A	A	A	B	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	B	B

Figura 169 Niveles de servicio de ramales de entrada y salida para la calzada de la autovía A-3 sentido descendente del PK para los escenarios de crecimiento 1 y 2 en los años 2029, 2034 y 2044 (Fuente Elaboración propia)

Finalmente, en la calzada de la A-3 en sentido descendente, cuyos resultados se presentan en la Figura 169. se observa que desde el primer año horizonte, en ambos escenarios, se agota la capacidad de los carriles de aceleración y desaceleración asociados a los ramales. Esta situación se intensifica con el incremento de la demanda, prolongándose durante un mayor número de horas del día y confirmando el carácter estructuralmente crítico de estos elementos.

De forma global, el análisis evidencia que los primeros componentes del enlace en agotar su capacidad son los carriles de aceleración y desaceleración de los ramales, lo que refuerza la conclusión de que el tronco no constituye el elemento limitante del

sistema. En particular, en la calzada de la A-7 en sentido Barcelona–Alicante, el ramal de salida alcanzaría su capacidad ya en el año base si se considerase un único carril de acceso. Asimismo, se constata que la metodología de análisis tiende a mantener niveles de servicio aparentemente aceptables en los troncos incluso cuando los carriles adyacentes a los ramales se encuentran próximos al colapso, sin integrar plenamente el efecto de la elevada proporción de tráfico que se dirige hacia los movimientos de salida, lo que pone de manifiesto la necesidad de interpretar los resultados de forma crítica y conjunta entre tronco y ramales.

10. PROPUESTAS DE MEJORA

Continuando con el análisis desarrollado en los apartados anteriores, se ha constatado que el nudo viario entre las autovías A-7 y A-3 presenta actualmente condiciones de congestión aceptables en determinados elementos, mientras que otros operan en niveles de servicio no admisibles conforme a los criterios del Highway Capacity Manual. Asimismo, varios de sus componentes se encuentran próximos a agotar su capacidad operativa, llegando incluso a superarla en determinados intervalos del análisis.

El estudio de escenarios futuros pone de manifiesto que los troncos principales de ambas autovías no constituyen, ni en la situación actual ni a medio plazo, el elemento limitante del funcionamiento del sistema. Por el contrario, las deficiencias detectadas se concentran fundamentalmente en determinados movimientos de intercambio, condicionados tanto por la configuración del enlace como por la acumulación de flujos en ramales específicos. Adicionalmente, la geometría existente del nudo cumple, en términos generales, con los estándares normativos en cuanto a anchos de carril, señalización y longitudes de carriles de aceleración y deceleración, encontrándose además fuertemente condicionada por su entorno inmediato, lo que limita significativamente las posibilidades de ampliación o modificación dentro del ámbito del enlace.

En este contexto, y considerando la importancia funcional del nudo dentro de la red viaria de alta capacidad, las propuestas de mejora se orientan hacia actuaciones externas al ámbito inmediato del enlace. El objetivo de dichas actuaciones es redistribuir parte de los flujos de tráfico antes de su llegada al nudo, aliviando la carga sobre aquellos ramales que presentan menores márgenes operativos, sin modificar el trazado de los troncos principales de las autovías. A partir del análisis de tráfico realizado, se identifican como movimientos especialmente críticos los correspondientes a las relaciones Madrid–Barcelona, Barcelona–Madrid y Madrid–Alicante, sobre los que se centran las alternativas planteadas.

Con carácter previo a la definición y evaluación individual de cada alternativa, se establece un marco normativo común que rige el diseño geométrico de los distintos elementos propuestos. Para el trazado se ha empleado la Instrucción de Carreteras. Norma 3.1-IC “Trazado” (Orden FOM/273/2016), así como la Guía de nudos viarios (Orden Circular 32/2012), garantizando la coherencia con los criterios aplicables a carreteras de alta capacidad y enlaces de gran complejidad funcional.

La velocidad de proyecto adoptada es de 100 km/h, valor que permite mantener elevados niveles de capacidad y consistencia geométrica con las autovías existentes, cuyas velocidades de proyecto se sitúan entre 100 y 120 km/h. Para esta velocidad, la normativa establece, en el caso de alineaciones rectas, longitudes mínimas de 139 m en trazados en “S” y de 278 m entre curvas de igual sentido, así como una longitud

máxima deseable de 1,670 m, criterios que se han respetado en todas las alternativas analizadas.

El radio mínimo de las curvas circulares se determina en función del peralte máximo admisible, el rozamiento transversal movilizado, las condiciones de visibilidad de parada y la adecuada coordinación entre el trazado en planta y alzado, con el fin de evitar pérdidas de orientación y deficiencias dinámicas. Los valores adoptados se corresponden con los definidos en la Tabla 4.4 de la Norma 3.1-IC para el grupo de carretera considerado y el peralte máximo correspondiente.

VELOCIDAD DE PROYECTO (V_p) (km/h)	GRUPO 1		GRUPO 2		GRUPO 3	
	A-140 Y A-130		A-120, A-110, A-100, A-90, A-80 Y C-100		C-90, C-80, C-70, C-60, C-50 Y C-40	
	RADIO MÍNIMO (m)	PERALTE MÁXIMO (%)	RADIO MÍNIMO (m)	PERALTE MÁXIMO (%)	RADIO MÍNIMO (m)	PERALTE MÁXIMO (%)
140	1 050	8,00	--	--	--	–
130	850	8,00	--	--	--	–
120	--	--	700	8,00	--	–
110	--	--	550	8,00	--	–
100	--	--	450	8,00	--	–
90	--	--	350	8,00	350	7,00
80	--	--	250	8,00	265	7,00
70	--	--	--	--	190	7,00
60	--	--	--	--	130	7,00
50	--	--	--	--	85	7,00
40	--	--	--	--	50	7,00

Figura 170 Relación velocidad de proyecto - Radio mínimo - Peralte máximo (Fuente Norma 3.1-IC TRAZADO)

En cuanto a las curvas de transición, se dispone en todos los casos una clotoide, con el objeto de garantizar la continuidad de la curvatura y condiciones homogéneas de comodidad y seguridad. La longitud de dichas curvas se ha definido atendiendo a las limitaciones por variación de la aceleración centrífuga, transición de peralte y criterios de percepción visual, estableciéndose como longitud máxima 1.5 veces la longitud mínima normativa.

Respecto al trazado en alzado, se han adoptado pendientes máximas del 4.0 % para una velocidad de proyecto de 100 km/h, así como un valor mínimo del 0.5 %, de acuerdo con la Norma 3.1-IC. Los acuerdos verticales se han resuelto mediante parábolas simétricas de eje vertical, verificando en todos los casos las condiciones de visibilidad de parada y los criterios de percepción visual, conforme a los parámetros recogidos en la Figura 171. Asimismo, se han considerado los criterios del Capítulo 6 relativos a la coordinación del trazado en planta y alzado.

GRUPO	VELOCIDAD DE PROYECTO (V_p) (km/h)	ACUERDOS CONVEXOS		ACUERDOS CÓNCAVOS	
		K_V (m) PARADA	K_V (m) ADELANTAMIENTO	K_V (m) PARADA	K_V (m) ADELANTAMIENTO
1	140	22 000	--	10 300	–
	130	16 000	--	8 600	–
2	120	11 000	--	7 100	–
	110	7 600	--	5 900	–
	100	5 200	7 100	4 800	7 800
	90	3 500	4 800	3 800	6 500
	80	2 300	3 100	3 000	5 400

Figura 171 Parámetros mínimos de los acuerdos verticales para disponer de visibilidad de parada (Fuente Norma 3.1-IC TRAZADO)

Los carriles de cambio de velocidad se han definido conforme a la normativa vigente, adoptándose en todas las alternativas carriles de tipo paralelo ver Figura 172, al considerarse la solución más adecuada para las condiciones de tráfico y geometría planteadas. Estos carriles presentan un ancho de 3.50 m mientras permanecen adosados a la calzada, con un arcén derecho de igual ancho al de la calzada principal. En los extremos correspondientes se disponen cuñas de transición de forma triangular, con longitudes definidas en función de la velocidad de proyecto, que para 100 km/h ascienden a 125 m. La longitud total de los carriles de aceleración y deceleración se ha determinado considerando la pendiente longitudinal y las velocidades inicial y final del vehículo, de acuerdo con los criterios recogidos en la Figura 173.

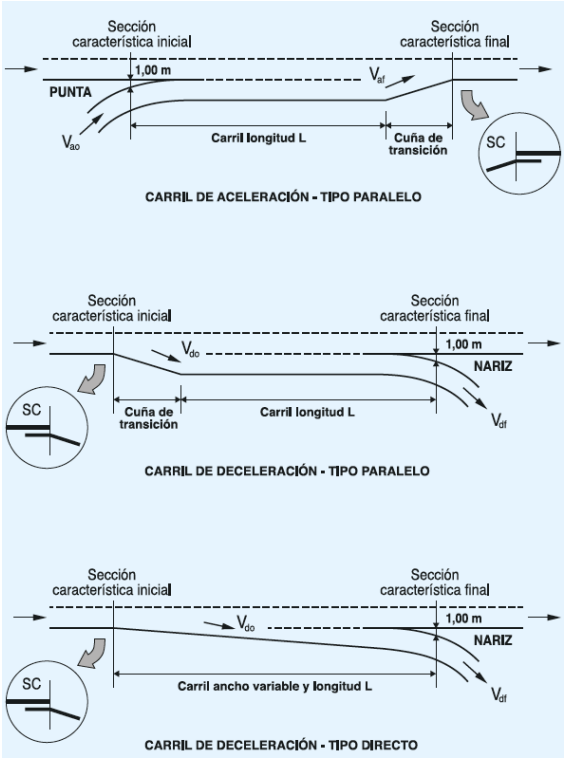

Figura 172 Carriles de cambio de velocidad (Fuente Norma 3.1-IC TRAZADO)

INCLINACIÓN DE LA RASANTE: - 2 % ≤ i ≤ + 2 %

Velocidad inicial (km/h)	Velocidad final (km/h) 40	60	80	100	120	140
40	20	35	85	175	320	615
60	40	30	50	135	285	580
80	95	55	40	85	235	530
100	170	130	70	55	150	445
120	250	215	160	90	75	295
140	360	320	265	190	105	95

INCLINACIÓN DE LA RASANTE: + 2 % < i ≤ + 4 %

Velocidad inicial (km/h)	Velocidad final (km/h) 40	60	80	100	120	140
40	20	40	100	215	455	NP
60	35	30	60	175	410	NP
80	80	50	40	115	350	NP
100	140	105	65	55	240	NP
120	215	180	135	75	75	NP
140	300	265	220	160	95	95

INCLINACIÓN DE LA RASANTE: - 2 % < i ≤ - 4 %

Velocidad inicial (km/h)	Velocidad final (km/h) 40	60	80	100	120	140
40	20	30	70	140	250	440
60	50	30	40	110	225	410
80	120	70	40	70	180	365
100	210	160	90	55	110	300
120	320	270	200	110	75	185
140	450	400	330	240	130	95

INCLINACIÓN DE LA RASANTE: + 4% < i ≤ + 6 %

Velocidad inicial (km/h)	Velocidad final (km/h) 40	60	80	100	120	140
40	20	45	115	250	585	NP
60	30	30	70	205	540	NP
80	75	45	40	135	470	NP
100	130	100	55	55	335	NP
120	195	165	125	75	75	NP
140	275	245	200	150	95	95

INCLINACIÓN DE LA RASANTE: - 4% < i ≤ - 6 %

Velocidad inicial (km/h)	Velocidad final (km/h) 40	60	80	100	120	140
40	20	30	65	130	230	385
60	60	30	40	100	200	360
80	140	80	40	60	160	320
100	240	185	105	55	100	250
120	370	310	230	130	75	160
140	520	460	380	275	150	95

NP: El vehículo de cálculo no puede alcanzar esa velocidad.

Figura 173 Longitudes de carriles de cambio de velocidad (Fuente norma 3.1-IC TRAZADO)

Bajo este marco normativo y funcional común, se plantean a continuación las distintas alternativas de mejora, cuyo análisis se realiza considerando el 2028 como año de puesta en servicio.

10.1. Alternativa 1

La Alternativa 1 consiste en la implantación de un vial de alta capacidad destinado a captar y redistribuir los movimientos Barcelona–Madrid y Madrid–Barcelona, con el objetivo de reducir la carga de tráfico sobre los ramales más exigidos del nudo actual. El trazado se localiza en el cuadrante I del enlace objeto de estudio; no obstante, la presencia de polígonos industriales en el entorno inmediato obliga a separar el vial de la zona más próxima al nudo, condicionando su alineación inicial. La conexión con la autovía A-7 se plantea en el PK 333+100 mediante ramales directos, requiriendo una obra de paso. Esta configuración permite resolver los giros a izquierda optimizando la continuidad del flujo y reduciendo las interferencias entre movimientos.

En cuanto a la conexión con la autovía A-3, esta se resuelve de forma diferenciada en función del sentido de circulación. Para el tráfico en sentido decreciente del PK, la conexión se proyecta en el PK 332+900 mediante un ramal directo, situado aguas abajo del enlace con la CV-3845. En este tramo, el trazado se ve condicionado por la presencia de urbanizaciones residenciales, el cauce del barranco del Poyo y diversas áreas industriales, lo que limita las alternativas geométricas viables.

Para el tráfico en sentido ascendente del PK, la conexión se plantea mediante una salida por la derecha, seguida de una obra de paso sobre la autovía A-3, localizándose en el PK 334+400, con posterioridad al enlace con la CV-3845. Esta ubicación se justifica por la proximidad de la línea de Alta Velocidad Española (AVE), que discurre paralela a la calzada en este sentido y restringe significativamente las posibilidades de implantación de una salida más próxima. Como consecuencia de estas limitaciones, los trazados asociados a ambas calzadas presentan diferencias en su primer tramo, respondiendo a condicionantes específicos del entorno.

En los apartados siguientes se desarrolla en detalle el trazado geométrico de la alternativa, los condicionantes territoriales, urbanísticos y funcionales que afectan a su implantación, así como su análisis de tráfico y la evaluación económica correspondiente.

10.1.1. Trazado geométrico

Para el diseño del trazado se definió inicialmente la sección transversal del vial propuesto conforme a los criterios establecidos en la Norma 3.1-IC “Trazado”, atendiendo a la clase de carretera y a la velocidad de proyecto adoptada. En particular, se aplicaron las dimensiones recogidas en la Tabla 7.1. Dimensiones de la sección transversal, cuyos valores resultantes se representan en la Figura 174.

Sección transversal Alternativa 1								
Calzada 1				Mediana	Calzada 2			
Arcén exterior	Carril 1	Carril 2	Arcén interior		Arcén interior	Carril 2	Carril 1	Arcén exterior
2.5	3.5	3.5	1.5	3.0	1.5	3.5	3.5	2.5

Figura 174 Detalles de sección transversal de alternativa 1, todas las medidas están en metros (Fuente Elaboración propia)

El trazado en planta se inicia con ramales directos que requiere la ejecución de una obra de paso. El giro a derecha desde la autovía A-7 se resuelve mediante un ramal directo por la derecha, mientras que el giro a izquierda se realiza desde el sentido opuesto de circulación mediante un ramal semidirecto que cruza la autovía mediante una estructura específica.

En la conexión con la autovía A-3, el acceso al vial se proyecta mediante un carril de aceleración por la derecha en el sentido decreciente del PK. La salida desde la A-3 se plantea igualmente por la derecha, disponiendo una rasante en pendiente positiva que permite alcanzar la altura necesaria para garantizar el gálibo normativo y alojar la estructura del tablero que cruza posteriormente la autovía.

Los radios de curvatura adoptados en el trazado en planta se sitúan entre 450 m y 1,000 m, valores coherentes con la velocidad de proyecto definida. En el sentido Barcelona–Madrid se disponen tres alineaciones rectas de longitud limitada, próximas a los ramales de entrada y salida, y la alineación recta de mayor longitud es de 1,615 m. De forma análoga, en el sentido Madrid–Barcelona se definen igualmente tres rectas de longitud reducida en las zonas próximas a las conexiones, y una recta máxima de 1,322 m. La Figura 175 presenta el trazado en planta de la alternativa para ambos sentidos de circulación.

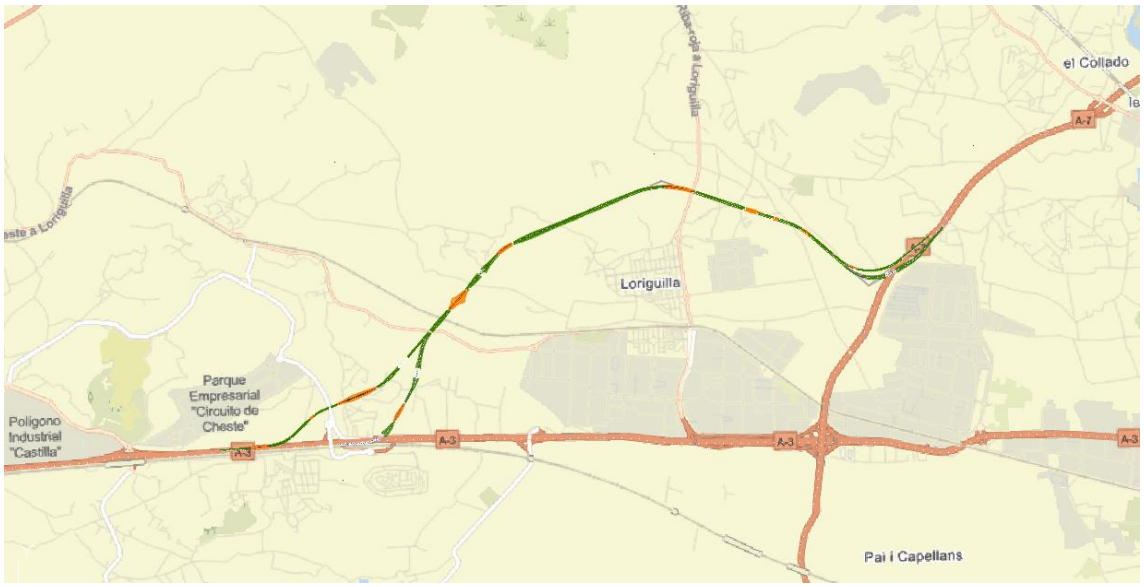

Figura 175 Trazado en planta de alternativa 1 (Fuente Elaboración propia)

En cuanto al trazado en alzado, la pendiente máxima adoptada en el sentido Barcelona–Madrid es del 4 %, con valores del parámetro K_v comprendidos entre 5,200 m y 17,000 m. En el sentido Madrid–Barcelona, la pendiente máxima es del −4 %, con parámetros K_v entre 4,800 m y 19.,00 m. Estas diferencias responden a la adaptación del trazado a

las condiciones topográficas y estructurales del entorno, manteniendo una configuración geométrica lo más homogénea posible entre ambas calzadas.

Asimismo, en el diseño geométrico se han aplicado de forma sistemática los criterios de coordinación entre el trazado en planta y en alzado, con el objetivo de garantizar condiciones adecuadas de percepción visual, continuidad geométrica y seguridad en la conducción, evitando pérdidas de trazado y situaciones de desorientación del conductor. En el Anexo 7 se incorporan los estados de alineaciones y los perfiles longitudinales correspondientes a cada calzada, donde se verifica el cumplimiento de los criterios normativos de visibilidad, rasantes y acuerdos verticales establecidos en la Norma 3.1-IC.

10.1.2. Condicionantes territoriales, urbanísticos y funcionales

Tal como se ha indicado anteriormente, la Alternativa 1 se desarrolla alejada del entorno inmediato del nudo debido a la presencia de condicionantes territoriales, urbanísticos y funcionales que limitan la posibilidad de intervenir en la zona próxima al enlace existente. A continuación, se describen las principales afecciones consideradas en el planteamiento de la alternativa, siguiendo el sentido del punto kilométrico de la calzada que canaliza el tráfico desde la autovía A-7 hacia la A-3.

En primer lugar, para la localización del enlace de salida desde la A-7 se tuvo en cuenta, además de la presencia de polígonos industriales clasificados como suelo urbanizable y en desarrollo de planeamiento, la existencia de suelo no urbanizable protegido en el término municipal de Riba-roja de Túria. En concreto, en el margen derecho de la traza se identifica una zona clasificada como suelo rural protegido por su valor patrimonial, arqueológico, paisajístico o etnológico, con protección específica de carácter arqueológico. Esta circunstancia condiciona de manera significativa la implantación del enlace, que se dispone a una distancia suficiente para evitar afecciones directas sobre dicha área protegida.

Tras los ramales en la A-7, el trazado discurre mayoritariamente sobre suelo no urbanizable común, resolviéndose la permeabilidad transversal mediante tres pasos inferiores. Posteriormente, se proyecta un paso superior sobre la carretera CV-374, continuando de nuevo sobre suelo no urbanizable común, donde se disponen tres pasos inferiores adicionales. A continuación, el vial cruza el cauce de un barranco mediante una estructura tipo puente, en un ámbito clasificado como suelo rural protegido de cauces. En este tramo, la orografía presenta una topografía marcadamente accidentada, lo que obliga a la ejecución de desmontes de altura considerable, condicionando tanto el diseño geométrico como el volumen de movimiento de tierras.

Más adelante, el trazado contempla un paso superior sobre la línea de ferrocarril de cercanías y sobre la carretera CV-383. Finalmente, al aproximarse al barranco del Poyo, las calzadas se separan para adaptarse a las condiciones necesarias de conexión con la autovía A-3. El cruce del barranco se resuelve mediante dos estructuras independientes tipo puente, una por calzada. En este ámbito final, la calzada en sentido descendente del PK bordea una urbanización situada junto a la autovía A-3 antes de salvarla mediante una obra de paso superior, mientras que la calzada en sentido ascendente rodea la urbanización por el lado opuesto, atravesando una parcela clasificada como suelo urbano residencial, para posteriormente incorporarse de forma directa a la autovía.

La Figura 176 muestra el trazado de la alternativa superpuesto a la clasificación del suelo disponible en el visor cartográfico de la Generalitat Valenciana, permitiendo identificar de forma clara las afecciones territoriales y urbanísticas descritas.

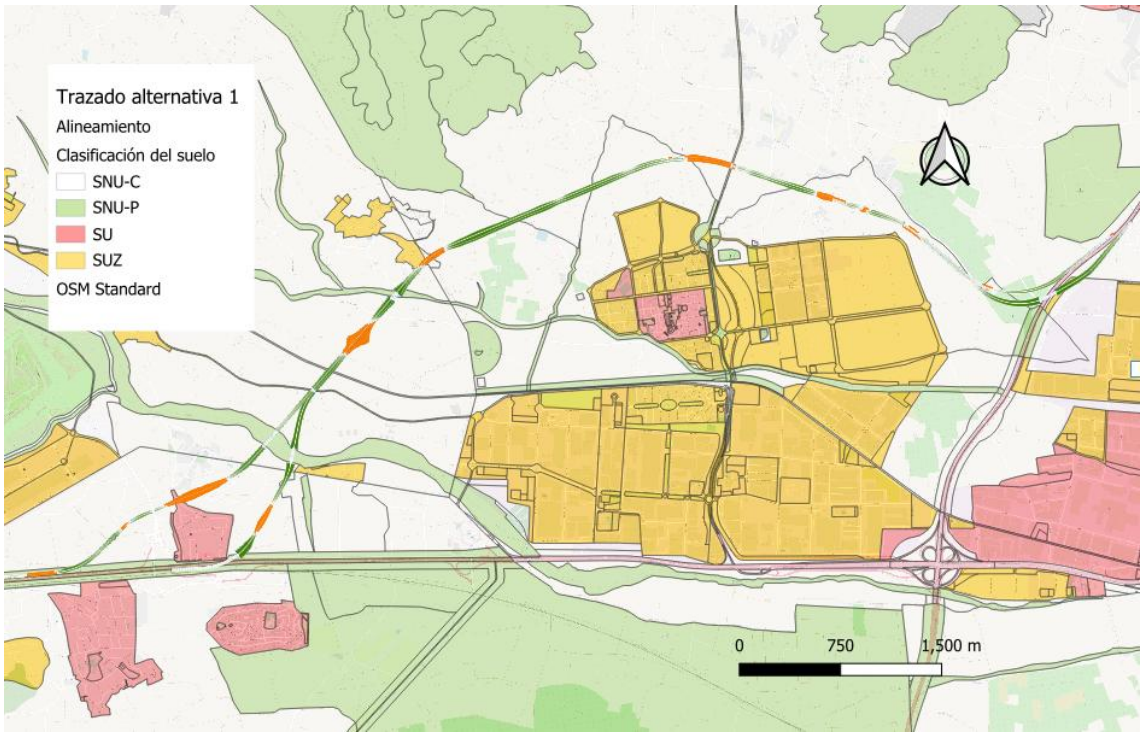

Figura 176 Desarrollo del trazado de la alternativa 1 sobre la clasificación del suelo (Fuente Elaboración propia)

Desde el punto de vista urbanístico, la alternativa discurre mayoritariamente por terrenos agrícolas, fundamentalmente campos de cítricos, y en proximidad a diversas urbanizaciones residenciales. Esta circunstancia puede requerir la adopción de medidas específicas de integración territorial y ambiental, tales como la disposición de pantallas acústicas u otras soluciones de mitigación de impactos, especialmente en los tramos más próximos a áreas habitadas.

Por último, en relación con los condicionantes funcionales, el diseño de la alternativa viene determinado por la necesidad de resolver múltiples cruces con infraestructuras existentes, entre las que se incluyen ramales, carreteras autonómicas, caminos de servicio, líneas ferroviarias y cauces naturales. Estas afecciones condicionan tanto la geometría del trazado como el número y tipología de las obras de paso necesarias, aspectos que tienen una incidencia directa en la evaluación económica de la alternativa, desarrollada en apartados posteriores.

10.1.3. Análisis de trafico

El análisis de tráfico de la alternativa se realiza de forma desagregada por elementos funcionales, con el objetivo de verificar su capacidad y los niveles de servicio resultantes en el año horizonte. Como paso previo, se proyectan los tráficos aplicando las tasas de crecimiento definidas, obteniéndose las intensidades correspondientes a cada ramal y a cada calzada de las autovías. Los resultados de dicha proyección se presentan en la Figura 177 y Figura 178.

Autovía	IMD 2048	Calzada ascendente	Calzada desendente
A-7 (norte)	155709	70069	85640
A-7 (sur)	111328	46758	64570
A-3 (Oeste)	102383	55287	47096
A-3 (Este)	95027	43713	51315

Figura 177 IMD en cada calzada para las autovías en el año horizonte 2048 (Fuente Elaboración propia)

Movimiento	IMD 2048
Barcelona-Madrid	22512
Barcelona-Valencia	14035
Madrid-Alicante	17343
Madrid-Barcelona	19536
Valencia-Alicante	13877
Valencia-Barcelona	14759
Alicante-Valencia	11423
Alicante-Madrid	13356

Figura 178 IMD en cada movimiento del enlace en el año horizonte 2048 (Fuente Elaboración propia)

El análisis se desarrolla en primer lugar para el sentido de circulación desde la autovía A-7 hacia la A-3. Para ello, se parte de los tráficos proyectados en la A-7 en el sentido ascendente del PK, considerando que la nueva calzada capta el movimiento Barcelona–Madrid. La asignación de estos tráficos se realiza conforme a la configuración propuesta por la alternativa y se evalúa posteriormente aplicando el procedimiento descrito en el apartado 6.6, correspondiente a la evaluación de ramales y de sus zonas de influencia. A continuación, se analiza el funcionamiento del ramal de salida, seguidamente el tronco del vial propuesto y, finalmente, el ramal de entrada a la autovía A-3. Cabe señalar que los tráficos de los ramales adyacentes han sido ajustados para representar el escenario con la alternativa implantada, redistribuyendo los flujos mediante la sustracción o adición de intensidades en función de los movimientos captados o transferidos por la alternativa.

Para el análisis de la autovía A-3 se han utilizado los datos de las estaciones de aforo V-35-0 y V-3-2, situadas en los PK 332+550 y 335+500 respectivamente, dado que la conexión de la alternativa con la A-3 se localiza fuera del ámbito inicialmente considerado. Con una configuración inicial de un carril por ramal y dos carriles para el tronco, se obtienen los niveles de servicio que se recogen en la Figura 179, expresados como porcentaje de horas del día en cada tramo.

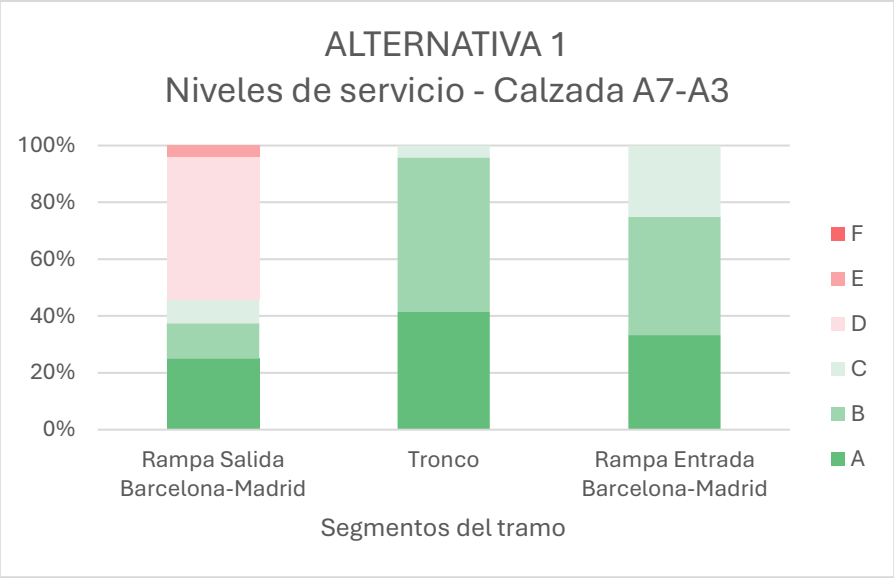

Figura 179 Niveles de servicio en la alternativa 1, sentido A-7 hacia la A-3 con ramales de 1 carril (Fuente Elaboración propia)

A la vista de estos resultados, y considerando que el nivel de servicio más desfavorable admisible en el año horizonte es D, de acuerdo con la Tabla 7.1 de la Norma 3.1-IC Trazado, se plantea la ampliación a dos carriles de los ramales de salida por criterios de capacidad. Específicamente, el ramal del movimiento Barcelona–Madrid presenta funcionamiento en nivel de servicio E durante un 8 % del día. Aunque el ramal de entrada opera dentro de niveles de servicio admisibles, se adopta igualmente una configuración de dos carriles, con el fin de mantener la coherencia de la sección transversal del conjunto de la alternativa y evitar la aparición de cuellos de botella. Los resultados correspondientes a esta configuración se presentan en la Figura 180.

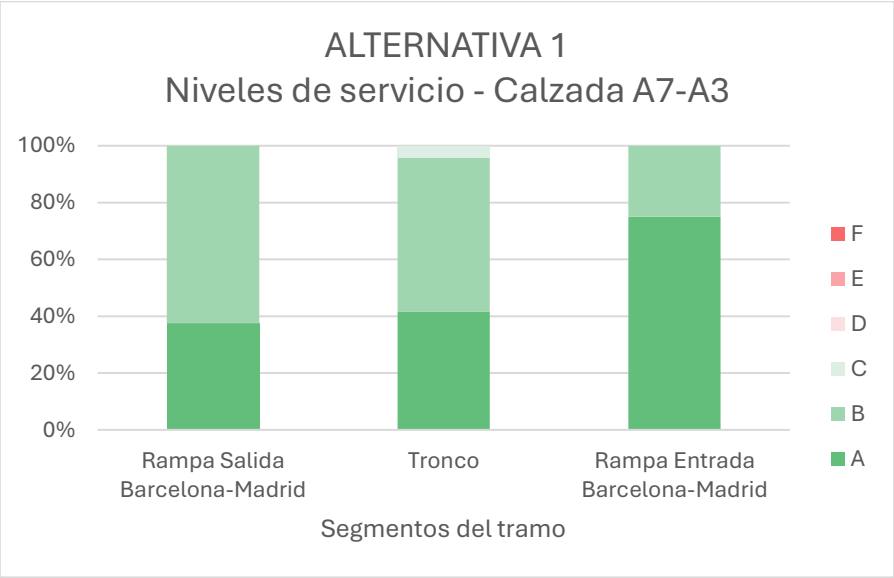

Figura 180 Niveles de servicio en la alternativa 1, sentido A-7 hacia la A-3 con ramales de 2 carril (Fuente Elaboración propia)

Con esta disposición, la calzada en sentido A-7 hacia A-3 opera con niveles de servicio aceptables en el año horizonte. El ramal de salida del tráfico procedente de Barcelona hacia Madrid presenta niveles de servicio A y B durante todo el día. El tronco constituye

el elemento más exigido desde el punto de vista funcional, con un 40 % del día en nivel A, un 52 % en nivel B y un 8 % en nivel C. Por último, el ramal de entrada a la autovía A-3 presenta niveles de servicio A y B.

Para el sentido de circulación desde la A-3 hacia la A-7 se realiza un análisis análogo. En una primera evaluación, considerando ramales y tronco de un solo carril, se obtienen los resultados mostrados en la Figura 181, que evidencian deficiencias significativas en el funcionamiento, con el ramal de entrada operando en nivel de servicio F durante más del 50 % del día. Ante esta situación, se procede a repetir el análisis adoptando ramales de dos carriles y tronco de dos carriles, cuyos resultados se recogen en la Figura 182.

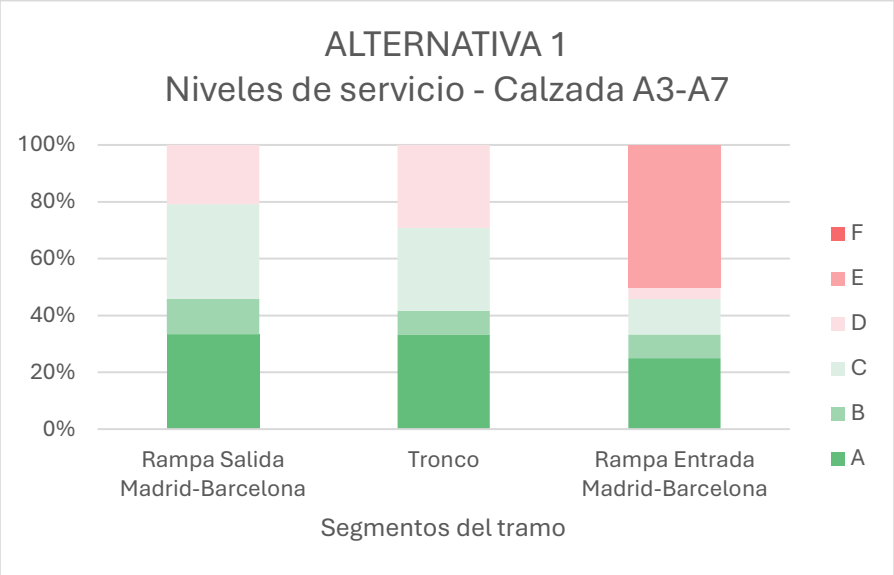

Figura 181 Niveles de servicio en la alternativa 1, sentido A-3 hacia la A-7 con ramales de 1 carril (Fuente Elaboración propia)

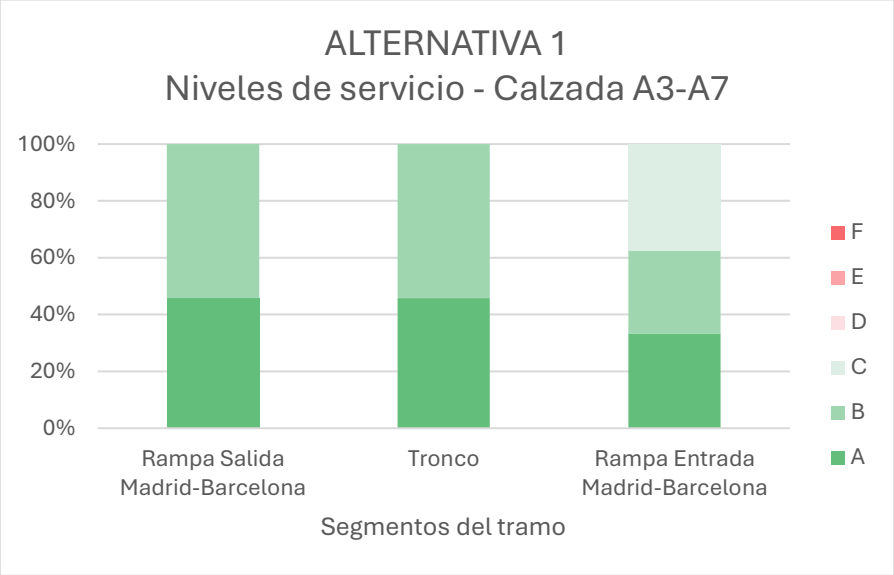

Figura 182 Niveles de servicio en la alternativa 1, sentido A-3 hacia la A-7 con ramales de 2 carril (Fuente Elaboración propia)

Con esta configuración, el ramal de salida y el tronco operan en niveles de servicio A y B. El ramal de entrada Madrid–Barcelona presenta niveles de servicio A y B durante el 63 % del día y nivel C en el 37 % restante.

De forma global, la alternativa permite canalizar dos de los cuatro movimientos más demandantes del enlace, y por términos de capacidad, requiriendo elementos de 2 carriles.

10.1.4. Evaluación económica

La evaluación económica de la alternativa se centra en el movimiento de tierras, las estructuras y el firme. Los precios unitarios empleados proceden de la base de datos del Instituto Valenciano de la Edificación (IVE), año 2025, para la provincia de Valencia [18].

En el movimiento de tierras se consideran las unidades de retirada de tierra vegetal, explanaciones a cielo abierto en suelo tipo tierra y formación de terraplén con material procedente de excavación.

Para las estructuras se adopta una estructura tipo puente, con el objetivo de homogeneizar la estimación y facilitar la comparación entre alternativas. Atendiendo a las características del entorno y a soluciones habituales en proyectos similares, se consideran cimentaciones profundas mediante pilotes in situ de 1.0 m de diámetro y 18.0 m de profundidad en estribos y pilas. En los casos con más de un vano se consideran pilas con encepados de 1.6 m de canto, 4.0 m de ancho y longitud variable, fustes circulares de 1.0 m de diámetro y dintel de sección cuadrada de 1.5 m. El tablero se define mediante vigas prefabricadas pretensadas tipo doble T de 1.2 m de canto, prelosas de 6 cm y losa ejecutada in situ de 25 cm de espesor.

El firme se define para tráfico categoría T00 sobre explanada E3, compuesto por una capa de rodadura de BBTM 11 A B50/70, una capa intermedia de AC 22 bin B50/70 S de 10 cm, una capa base de AC 32 base B50/70 G de 12 cm y una capa de suelo-cemento SC40. A continuación, se presentan los precios unitarios empleados para las distintas unidades consideradas.

Actividad	Unidad	Precio Unitario
Despeje y desbroce terreno	m2	1.11 €
Excavación a cielo abierto, tipo de terreno tierra	m3	5.68 €
Formación de terraplen, préstamo de excavación.	m3	5.43 €
Firme 6 I.C categoría de tráfico T00, explanada E3, mezcla bituminosa y subbase suelo cemento.	m2	73.02 €
Pilote in situ, D 1.0m	m	483.52 €
Cimentación tipo zapata	m3	272.49 €
Hormigonado de estribos, pilas y tableros	m3	223.21 €
Viga pretensada doble T, 1.2m de canto	m	517.37 €
Prelosa pretensada 6cm	m2	75.11 €
Paso inferior en marco prefabricado	m	1,887.37 €

Figura 183 Costos unitarios para las diferentes unidades de obra consideradas en el análisis (Fuente Instituto Valenciano de la Edificación, IVE [18]*)*

Con estos datos, en los apartados siguientes se desarrolla el análisis económico detallado de cada uno de los conceptos.

10.1.4.1. Movimiento de tierras

Las mediciones de movimiento de tierras se obtienen mediante la herramienta Civil 3D, a partir del modelo del trazado. Los resultados de cantidades y su correspondiente estimación económica se recogen en la figura siguiente.

Alternativa 1				
Movimiento de tierras	Unidad	Precio unitario	Cantidades	Costo
Despeje y desbroce del terreno	m2	1.11 €	421358	467,707.90 €
Excavación a cielo abierto - tierra	m3	5.68 €	828891	4,708,101.33 €
Formación de terraplén	m3	5.43 €	1066678	5,792,060.35 €
			Total	**10,967,869.58 €**

Figura 184 Cantidades y costo del movimiento de tierras-Alternativa 1 (Fuente Elaboración propia)

La alternativa presenta una elevada dependencia del volumen de terraplén, condicionado principalmente por la presencia de obras de paso y por los barrancos existentes en la zona de actuación.

10.1.4.2. Estructuras

Para la evaluación económica de las estructuras se consideran las obras de paso superior, atendiendo a su luz, ancho de calzada y número de vanos, así como los pasos inferiores destinados a vías de servicio o caminos. Los resultados se muestran en la figura correspondiente.

Alternativa 1				
Estructura	Ancho [m]	Luz [m]	Vanos	Costo
Paso superior A-7	13	80	3	2,519,320.68 €
Paso inferior	26			49,071.62 €
Paso inferior	26			49,071.62 €
Paso inferior	26			49,071.62 €
Paso Superior CV-374	26	30	1	757,460.07 €
Paso inferior	26			49,071.62 €
Paso inferior	26			49,071.62 €
Paso inferior	26			49,071.62 €
Puente	26	15	1	618,191.33 €
Paso superior Ferrocarril	26	20	1	664,614.24 €
Paso superior CV-383	26	20	1	664,614.24 €
Puente Barranco del Poyo	13	160	6	8,863,611.27 €
Puente Barranco del Poyo	13	100	5	4,841,447.60 €
Paso superior A-3	13	110	4	4,242,944.12 €
			Total	**23,466,633.27 €**

Figura 185 Cantidades y costo de estructuras-Alternativa 1 (Fuente Elaboración propia)

Destacan de forma significativa las estructuras situadas sobre el barranco del Poyo, que, debido a la amplia sección del cauce en la zona de cruce, incrementan notablemente su coste, llegando a representar aproximadamente el 58 % del presupuesto total de estructuras.

10.1.4.3. Firmes

Tal como se ha indicado, el firme de los carriles se considera como un único ítem, que incluye las capas de pavimento bituminoso y la capa de suelo-cemento. Adicionalmente, se define un paquete de firme específico para los arcenes, compuesto por una capa de rodadura BBTM 11 A B50/70 de 4 cm, una capa de AC 22 bin B50/70 S de 7 cm, una capa de suelo-cemento SC40 de 20 cm y una base de zahorra artificial de 15 cm. Las mediciones se realizan igualmente mediante Civil 3D, y los resultados junto con la estimación económica se presentan en la figura siguiente.

Alternativa 1				
Movimiento de tierras	Unidad	Precio unitario	Cantidades	Costo
Firme 6 I.C T00	m2	73.02 €	264824	19,338,189.99 €
Arcén	m2	40.09 €	151328	6,066,815.18 €
			Total	**25,405,005.17 €**

Figura 186 Cantidades y costo de firmes-Alternativa 1 (Fuente Elaboración propia)

Las cantidades incluyen ambas calzadas, los carriles de circulación y los arcenes en ambos márgenes.

10.1.4.4. Resumen de evaluación económica

A modo de resumen, en la Figura 187 se presentan los costes desglosados por cada uno de los conceptos analizados, así como su agrupación por ítems principales.

Evaluación económica - Alternativa 1			
Estructura	Pasos superiores (5)	8,848,953 €	23,466,633 €
	Pasos inferiores (6)	294,430 €	
	Puentes (3)	14,323,250 €	
Movimiento de tierras	Desbroce	467,707.90 €	10,967,870 €
	Excavación	4,708,101.33 €	
	Terraplén	5,792,060.35 €	
Firmes	Carriles	19,338,189.99 €	25,405,005 €
	Arcén	6,066,815.18 €	
		Total	**59,839,508 €**

Figura 187 Resumen de evaluación económica-Alternativa 1 (Fuente Elaboración propia)

Del análisis se obtiene un coste estimado para la alternativa que, considerando una longitud aproximada de 9.9 km por sentido, incluidos los ramales, supone un valor medio de 6.04 M€ por kilómetro. Del total, el 39.2 % corresponde a estructuras, el 18.3 % a movimiento de tierras y el 42.5 % a firmes, viéndose el presupuesto especialmente condicionado por el número de pasos superiores y por el cruce del amplio cauce del barranco del Poyo.

10.2. Alternativa 2

La Alternativa 2 consiste en un vial de alta capacidad destinado a captar y redistribuir los movimientos Madrid–Alicante y Alicante–Madrid, con el objetivo de aliviar el funcionamiento del enlace principal mediante la retirada de dos movimientos conflictivos. En particular, se busca eliminar el tráfico procedente de Madrid que actualmente utiliza el ramal de salida de la A-3 en sentido ascendente, así como suprimir el ramal en lazo correspondiente al movimiento Alicante–Madrid, reduciendo de este modo la carga funcional del nudo existente.

El trazado de la alternativa se localiza en el cuadrante 4 del enlace. La conexión con la autovía A-7 se plantea en el PK 337+600 mediante ramales directos, incluyendo una obra de paso sobre la autovía. Esta conexión se encuentra fuertemente condicionada por la presencia del trazado de la línea de Alta Velocidad Madrid–Valencia, que actúa como una barrera física relevante y limita las posibilidades de implantación del enlace.

En cuanto a la conexión con la autovía A-3, esta se resuelve mediante dos ramales directos por la derecha en el PK 335+200. Al igual que en la Alternativa 1, este ámbito se ve condicionado por la proximidad de la línea de Alta Velocidad, que discurre paralela a la autovía, si bien en este punto el trazado se separa lo suficiente como para permitir la implantación de los ramales. Esta zona se sitúa entre los enlaces existentes de la CV-3845 y la CV-424.

Los trazados de ambas calzadas presentan una geometría muy similar, al no verse afectados de forma significativa por la presencia de urbanizaciones ni polígonos industriales, y al desarrollarse mayoritariamente en paralelo al corredor ferroviario de Alta Velocidad, lo que favorece una mayor regularidad geométrica.

En los apartados siguientes se desarrolla en detalle el trazado geométrico de la alternativa, los condicionantes territoriales, urbanísticos y funcionales que afectan a su implantación, así como su análisis de tráfico y la evaluación económica correspondiente.

10.2.1. Trazado geométrico

Para el diseño del trazado se definió inicialmente la sección transversal del vial propuesto conforme a los criterios establecidos en la Norma 3.1-IC "Trazado", atendiendo a la clase de carretera y a la velocidad de proyecto adoptada. En particular, se aplicaron las dimensiones recogidas en la Figura 170, de forma análoga a lo establecido para la Alternativa 1.

El trazado en planta se inicia con la salida desde la autovía A-7 coincidiendo con el entorno del paso superior de la línea de Alta Velocidad sobre la autovía, aprovechando este punto para minimizar la afección que supone dicha infraestructura, la cual discurre a una cota significativamente superior tanto al terreno natural como a la propia autovía. El ramal de salida en la calzada descendente de la A-7 se dispone por la derecha, desarrollándose en terraplén con el fin de alcanzar la cota necesaria para el paso superior, garantizando el cumplimiento de los gálibos mínimos exigidos por la normativa y considerando el canto de la estructura. La incorporación a la calzada en sentido ascendente se resuelve igualmente mediante un ramal directo por la derecha.

En la conexión con la autovía A-3, el acceso al vial se proyecta mediante un carril de aceleración por la derecha en el sentido decreciente del PK, previo cruce de la autovía mediante una obra de paso. La salida desde la A-3 se plantea también por la derecha, manteniendo una tipología homogénea de conexiones.

Los radios de curvatura adoptados en el trazado en planta se sitúan entre 450 m y 2,000 m, valores coherentes con la velocidad de proyecto definida. En el sentido Madrid–Alicante, el trazado presenta cuatro alineaciones rectas, además de los carriles de aceleración y deceleración, con longitudes comprendidas entre 338 m, correspondiente a una recta intermedia entre dos curvas en "S", y 941 m para la recta de mayor longitud. En la calzada en sentido Alicante–Madrid, los radios de curvatura se mantienen dentro del mismo rango, disponiéndose igualmente cuatro alineaciones rectas de tipología similar, lo que responde a la ausencia de restricciones diferenciales de espacio y a la voluntad de desarrollar trazados geométricamente equivalentes en ambas calzadas. La Figura 188 presenta el trazado en planta de la alternativa en ambos sentidos de circulación.

Figura 188 Trazado en planta de alternativa 2 (Fuente Elaboración propia)

En cuanto al trazado en alzado, la pendiente máxima adoptada en el sentido Madrid–Alicante es del -1.4 %, con valores del parámetro K_v comprendidos entre 6,300 m y 18,000 m. En el sentido Alicante–Madrid, la pendiente máxima alcanza el -4.0 %, localizada en el tramo correspondiente a el ramal de salida, donde es necesario ganar altura para el cruce superior sobre la autovía. Estas diferencias responden a la adaptación del trazado a las condiciones topográficas y estructurales del entorno, manteniendo en todo caso una configuración geométrica lo más homogénea posible entre ambas calzadas.

Cabe destacar que, en el diseño del trazado en alzado, se ha tenido en cuenta el cruce sobre el barranco del Gallego, ámbito que se vio afectado por inundaciones durante la DANA de 2024. Por este motivo, el tramo de menor cota del trazado, próximo al barranco, se ha proyectado en terraplén, situándolo a una cota similar a la de la autovía A-7, lo que condiciona de manera significativa el movimiento de tierras asociado a la alternativa.

En el Anexo 7 se incorporan los estados de alineaciones y los perfiles longitudinales correspondientes a cada calzada.

10.2.2. Condicionantes territoriales, urbanísticos y funcionales

La alternativa 2 se desarrolla en el corredor comprendido entre los trazados de las autovías y la línea de alta velocidad, discurriendo esta última a una distancia relativamente próxima a la infraestructura viaria, a diferencia de lo planteado en la alternativa 1. No obstante, esta disposición también presenta una serie de condicionantes de carácter territorial, urbanístico y funcional que han sido determinantes en la definición geométrica y funcional de la solución adoptada. A continuación, se describen las principales afecciones consideradas en el planteamiento de la alternativa, siguiendo el sentido creciente del punto kilométrico de la calzada que canaliza el tráfico desde la autovía A-7 hacia la A-3.

En primer lugar, el espacio disponible para la implantación de los ramales de entrada y salida en la A-7 resulta especialmente limitado, al encontrarse encajado entre el cauce del Barranco del Gallego y la infraestructura ferroviaria de alta velocidad. Esta configuración condiciona de forma significativa la geometría del enlace, restringiendo las posibilidades de desarrollo en planta y obligando a una ocupación muy ajustada del

corredor disponible. Como consecuencia, se opta por la proyección de ramales directos, minimizando el número de estructuras y evitando desarrollos excesivos en longitud. El ramal de salida se dispone con pendiente positiva, con el objetivo de ganar cota progresivamente y adaptarse a la ejecución de una obra de paso superior sobre la autovía, garantizando al mismo tiempo el cumplimiento de los criterios normativos en cuanto a pendientes máximas, visibilidad y galibo mínimo.

El trazado de la alternativa discurre mayoritariamente por suelo no urbanizable, tanto de carácter común como protegido. En particular, el suelo no urbanizable protegido está asociado, por un lado, al riesgo de inundación vinculado al cauce del barranco y, por otro, a la protección de usos agrícolas existentes. No obstante, la presencia previa de infraestructura del AVE planta un precedente. Superada la zona de los ramales de conexión con la A-7, el trazado se enfrenta al cruce del cauce del Barranco del Gallego, lo que requiere la ejecución de una infraestructura tipo puente para ambas calzadas. Posteriormente, se proyectan tres pasos inferiores destinados a garantizar la continuidad de las vías de servicio y de los caminos agrícolas existentes, manteniendo la permeabilidad transversal del territorio y reduciendo el impacto funcional sobre las explotaciones agrícolas colindantes. A continuación, se dispone un paso superior sobre la carretera CV-424, tras el cual el trazado continúa hasta el punto en el que ambas calzadas se separan, siendo necesario elevar una de ellas para resolver una nueva obra de paso sobre la autovía A-3, antes de materializar la incorporación directa a dicha infraestructura.

Cabe destacar que la presencia del Barranco del Gallego no solo condiciona las soluciones estructurales, sino que también ha tenido una influencia directa en el diseño del perfil longitudinal de la vía. En particular, el tramo inicial del trazado se ha proyectado exclusivamente en terraplén, con el fin de situar la rasante por encima de las cotas asociadas a las zonas inundables y reducir el riesgo de afección por avenidas extraordinarias, en coherencia con los criterios de seguridad hidráulica y explotación de la infraestructura.

La Figura 189 muestra el trazado de la alternativa superpuesto a la clasificación del suelo disponible en el visor cartográfico de la Generalitat Valenciana, lo que permite identificar de manera clara las afecciones territoriales y urbanísticas descritas, así como la relación del trazado con las infraestructuras existentes y los ámbitos de protección.

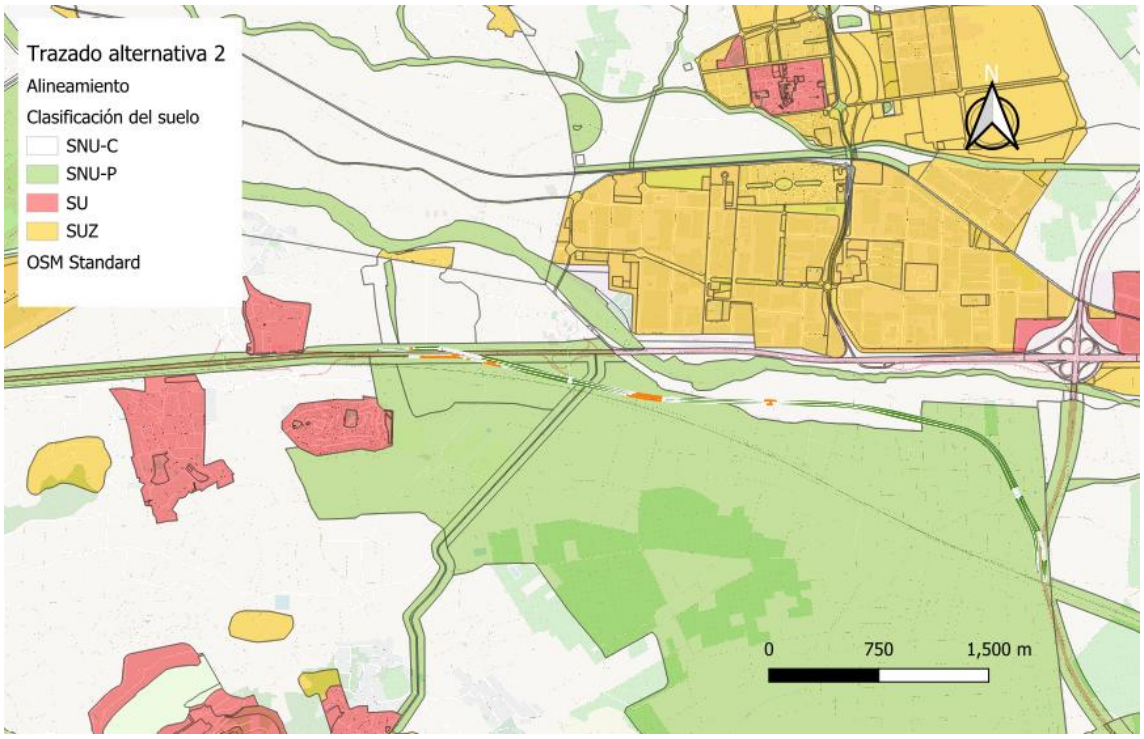

Figura 189 Desarrollo del trazado de la alternativa 2 sobre la clasificación del suelo (Fuente Elaboración propia)

Desde el punto de vista urbanístico, la alternativa discurre fundamentalmente por terrenos de uso agrícola, sin presencia de núcleos residenciales ni edificaciones aisladas de relevancia, lo que reduce de forma significativa las afecciones a la población y simplifica los procesos de integración territorial. Este contexto favorece la implantación de la alternativa desde el punto de vista de la compatibilidad urbanística y de la aceptación territorial de la actuación.

Por último, en relación con los condicionantes funcionales, el diseño de la alternativa viene determinado por la necesidad de resolver de forma eficiente los cruces con las infraestructuras existentes y con el cauce del Barranco del Gallego. No obstante, la principal limitación funcional se deriva de la escasa disponibilidad de espacio en el entorno de la conexión con la A-7, debido a la proximidad de la línea ferroviaria de alta velocidad. Esta restricción reduce de manera significativa las opciones de configuración del enlace en este punto, impidiendo la proyección de ramales adicionales que permitan acoger determinados movimientos directos de elevada demanda, como los flujos Barcelona-Madrid o Madrid-Barcelona. Estas limitaciones, más que tener un impacto relevante en la evaluación económica de la alternativa, condicionan de forma directa su comportamiento funcional, siendo un aspecto clave a considerar en el posterior análisis de tráfico.

10.2.3. Análisis de trafico

El análisis de tráfico de la alternativa se realiza de forma desagregada por elementos funcionales, siguiendo el mismo planteamiento metodológico empleado en la Alternativa 1. Para ello, se utilizan los tráficos proyectados correspondientes al año horizonte 2048, representados en las Figura 177 y Figura 178, relativos a los troncos de las autovías y a los distintos movimientos del enlace.

En primer lugar, se desarrolla el análisis para el sentido de circulación desde la autovía A-7 hacia la A-3. En este caso, se considera el tráfico proyectado en la A-7 en sentido decreciente del punto kilométrico, así como el correspondiente al movimiento Alicante–Madrid, que es captado por la presente alternativa.

Para el análisis del ramal de salida se han considerado los tráficos proyectados de los enlaces adyacentes, correspondiendo aguas abajo al enlace con la CV-36 y aguas arriba al enlace objeto de estudio, incorporando el movimiento Alicante–Valencia. Para el ramal de entrada a la autovía A-3 se han empleado nuevamente los datos de las estaciones de aforo V-35-0 y V-3-2, situadas en los PK 332+550 y 335+500 respectivamente, dado que la conexión de la alternativa con la A-3 se localiza fuera del ámbito inicialmente considerado.

Con una configuración inicial de un carril por sentido tanto en los ramales como en el tronco del vial, los resultados obtenidos se presentan en la Figura 190, expresados como porcentaje del tiempo diario en cada nivel de servicio para los distintos elementos analizados.

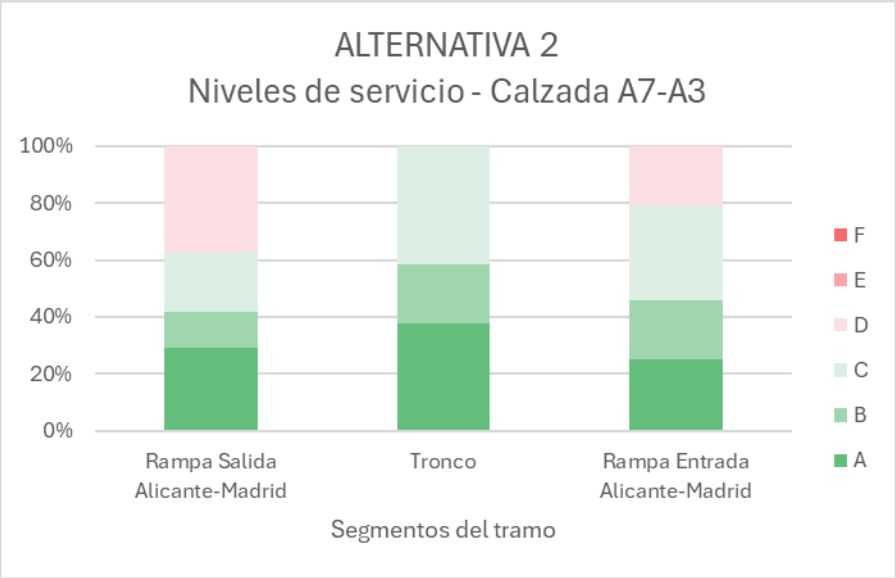

Figura 190 Niveles de servicio en la alternativa 2, sentido A-7 hacia la A-3 con ramales de 1 carril (Fuente Elaboración propia)

Del análisis de dichos resultados se observa que los ramales de entrada y salida operan en niveles de servicio comprendidos entre A y D, siendo el ramal de salida el elemento más exigido desde el punto de vista de la demanda, al funcionar un 40 % del tiempo en nivel de servicio D, frente al 22 % registrado en el ramal de entrada. El tronco del vial presenta un comportamiento adecuado, con un 37 % del tiempo en nivel de servicio A, un 20 % en nivel B y un 43 % en nivel C. Estos resultados evidencian que una sección transversal de un carril por sentido, con radios adecuados y carriles de aceleración y deceleración correctamente dimensionados, es suficiente para mantener niveles de servicio aceptables en el año horizonte considerado.

Para el sentido de circulación desde la autovía A-3 hacia la A-7 se realiza un análisis análogo, comenzando por el ramal de salida que canaliza el movimiento Madrid–Alicante, continuando con el análisis del tronco del vial y finalizando con el ramal de entrada a la autovía A-7. En este último caso se ha considerado nuevamente la

influencia del ramal de salida aguas abajo correspondiente al enlace con la CV-36. Los resultados obtenidos se presentan en la Figura 191.

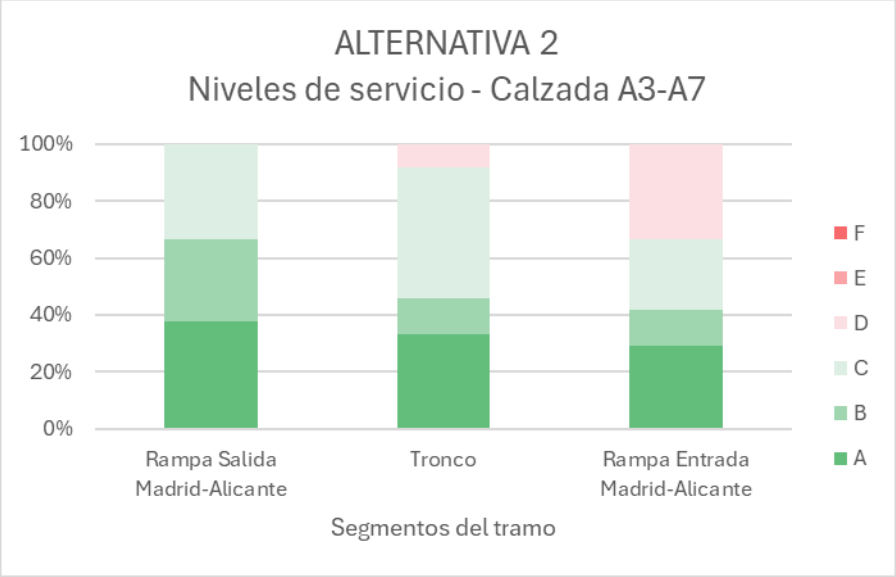

Figura 191 Niveles de servicio en la alternativa 2, sentido A-3 hacia la A-7 con ramales de 1 carril (Fuente Elaboración propia)

A partir de dichos resultados se observa que el ramal de salida opera entre niveles de servicio A y C, mientras que el tronco alcanza el nivel de servicio D durante un 10 % del tiempo. El ramal de entrada a la A-7 se identifica como el elemento más exigido, operando un 29 % del tiempo en nivel A, un 13 % en nivel B, un 25 % en nivel C y un 33 % en nivel D. En términos generales, la alternativa permite canalizar movimientos altamente demandantes mediante una sección transversal y un trazado más sencillos, retirando dos de los ocho movimientos actualmente gestionados por el enlace objeto de estudio.

10.2.4. Evaluación económica

La evaluación económica de la alternativa 2 se realiza siguiendo el mismo criterio metodológico descrito para la alternativa 1, por lo que no se reiteran los supuestos de partida, precios unitarios ni tipologías constructivas consideradas. La principal diferencia radica en la sección transversal adoptada, resuelta con un único carril por sentido, lo que supone una reducción significativa de las superficies ejecutadas y, en consecuencia, de los costes asociados a movimiento de tierras, estructuras y firmes.

10.2.4.1. Movimiento de tierras

Las mediciones de movimiento de tierras se obtuvieron a partir del modelo desarrollado en Civil 3D, presentándose los resultados y la estimación económica en la Figura 192.

Alternativa 2				
Movimiento de tierras	Unidad	Precio unitario	Cantidades	Costo
Despeje y desbroce del terreno	m2	1.11 €	199112	221,014.83 €
Excavación a cielo abierto - tierra	m3	5.68 €	118162	671,158.23 €
Formación de terraplén	m3	5.43 €	508811	2,762,843.02 €
			Total	**3,655,016.08 €**

Figura 192 Cantidades y costo del movimiento de tierras-Alternativa 2 (Fuente Elaboración propia)

La alternativa discurre mayoritariamente en desmonte, mientras que en el entorno del barranco del Gallego se desarrolla en terraplén, lo que permite elevar la rasante en una zona potencialmente inundable y contribuye a un mejor equilibrio entre volúmenes de corte y relleno.

10.2.4.2. Estructuras

El análisis económico de las estructuras se ha realizado de forma análoga al de la alternativa 1, considerando los pasos superiores e inferiores necesarios, cuyos resultados se recogen en la Figura 193.

Alternativa 2				
Estructura	**Ancho [m]**	**Luz [m]**	**Vanos**	**Costo**
Paso superior A-7	7.5	80	2	1,565,253.15 €
Puente Barranco del Poyo	13	90	3	2,702,934.09 €
Paso inferior	13			24,535.81 €
Paso inferior	13			24,535.81 €
Paso inferior	13			24,535.81 €
Paso superior CV-424	13	30	1	513,642.53 €
Paso superior A-3	7.5	120	3	3,361,462.17 €
			Total	**8,216,899.37 €**

Figura 193 Cantidades y costo de estructuras-Alternativa 2 (Fuente Elaboración propia)

Al tratarse de una sección transversal más reducida, los costes unitarios de las estructuras disminuyen de forma apreciable, especialmente en los tableros y elementos de superestructura. Asimismo, la alternativa únicamente contempla un paso superior sobre una carretera distinta de las autovías principales. La estructura sobre el barranco del Gallego se localiza en un tramo con una sección de cauce más estrecha y resuelve ambas calzadas de forma conjunta, lo que supone una optimización notable del coste estructural.

10.2.4.3. Firmes

El estudio de firmes se ha desarrollado siguiendo el mismo planteamiento que en la alternativa 1, diferenciando entre zonas de carril y de arcén, y cuyos resultados se presentan en la

Alternativa 2				
Movimiento de tierras	Unidad	Precio unitario	Cantidades	Costo
Firme 6 I.C T00	m2	73.02 €	71932	5,252,676.05 €
Arcén	m2	40.09 €	82208	3,295,759.82 €
			Total	**8,548,435.87 €**

Figura 194 Cantidades y costo de firmes-Alternativa 2 (Fuente Elaboración propia)

No obstante, la reducción de la plataforma, al disponer de un único carril por sentido, implica una disminución significativa de las superficies pavimentadas y, por tanto, del coste total asociado a este capítulo.

10.2.4.4. Resumen de evaluación económica

En la Figura 195 se presenta el resumen de costes desglosados por los distintos conceptos analizados y su agrupación por ítems principales.

Evaluación económica - Alternativa 2			
Estructura	Pasos superiores (3)	5,440,358 €	8,216,899 €
	Pasos inferiores (3)	73,607 €	
	Puentes (1)	2,702,934 €	
Movimiento de tierras	Desbroce	221,015 €	3,655,016 €
	Excavación	671,158 €	
	Terraplén	2,762,843 €	
Firmes	Carriles	5,252,676 €	8,548,436 €
	Arcén	3,295,760 €	
		Total	**20,420,351 €**

Figura 195 Resumen de evaluación económica-Alternativa 2 (Fuente Elaboración propia)

A partir de este análisis se obtiene un coste estimado para la alternativa que, considerando una longitud aproximada de 5.3 km por sentido, incluidos los ramales, supone un valor medio de 1.55 M€ por kilómetro. Del total, el 40.0 % corresponde a estructuras, el 18.0 % a movimiento de tierras y el 42.0 % a firmes. La alternativa 2 mantiene proporciones similares a las observadas en la alternativa 1, si bien destaca el peso relativo del terraplén dentro del capítulo de movimiento de tierras, condicionado por la adaptación del trazado al entorno del barranco del Gallego.

10.3. Alternativa 3

La Alternativa 3 se plantea a partir de la Alternativa 1, aprovechando que tanto el tronco del vial como sus ramales han sido dimensionados con dos carriles por sentido, lo que les confiere una elevada capacidad. Sobre esta base, se incorporan dos ramales adicionales en la conexión con la autovía A-7, con el objetivo de captar también los movimientos Alicante–Madrid y Madrid–Alicante. La configuración geométrica resultante se presenta en la Figura 196.

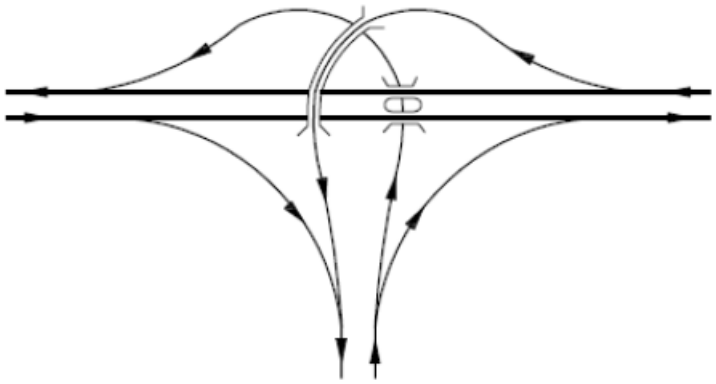

Fig. **5.6-F**

Figura 196 Configuración geométrica de ramal semidirecto (Fuente Guia de nudos viarios)

Esta alternativa surge del análisis de la infraestructura propuesta en la Alternativa 1 y de la búsqueda de una optimización funcional de la misma, permitiendo absorber un mayor número de movimientos sin incrementar de forma significativa la complejidad del trazado. Asimismo, la implantación de los nuevos ramales resulta viable al disponerse de espacio suficiente, sin generar afecciones territoriales o urbanísticas adicionales respecto a las ya identificadas para la Alternativa 1.

En los apartados siguientes se desarrolla el análisis detallado de la alternativa, siguiendo la misma estructura y metodología empleadas para las alternativas anteriores.

10.3.1. Trazado geométrico

Dado que el tronco principal y la sección transversal de la Alternativa 3 coinciden con los definidos en la Alternativa 1, el análisis del trazado geométrico se centra exclusivamente en los ramales adicionales incorporados en la conexión con la autovía A-7. En la conexión con la autovía A-3 no se introducen modificaciones respecto a la alternativa de referencia.

En la conexión con la A-7 se incorpora un ramal directo por la derecha que canaliza el tráfico procedente del tronco de la alternativa hacia la A-7 en sentido ascendente del PK, correspondiente al movimiento Madrid–Alicante. Asimismo, se añade un ramal semidireccional procedente de la A-7, que se resuelve mediante una obra de paso sobre la autovía y posteriormente sobre el ramal del movimiento Madrid–Barcelona. La Figura 197 muestra el trazado en planta de la alternativa.

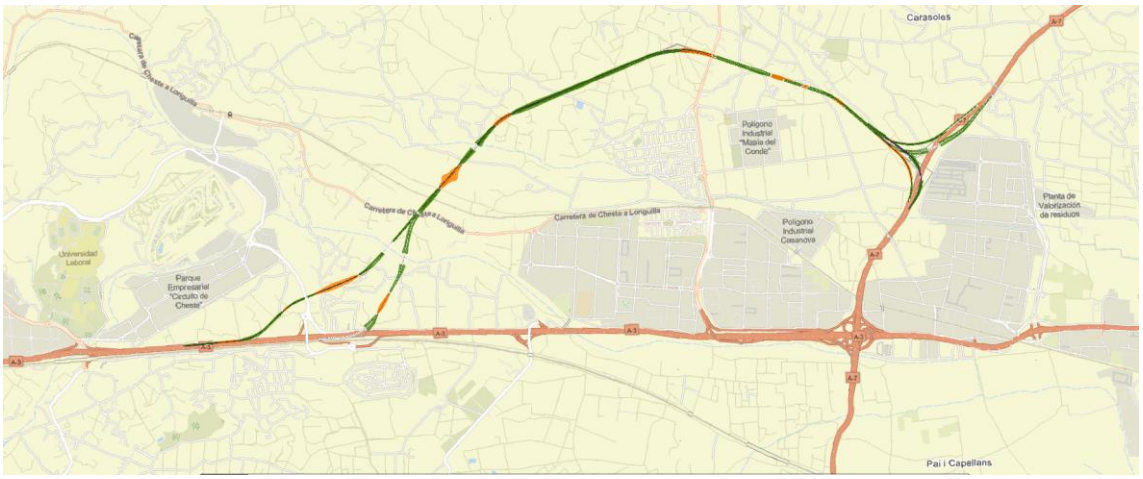

Figura 197 Trazado en planta de alternativa 3 (Fuente Elaboración propia)

En cuanto al trazado en alzado, se adoptan las mismas pendientes máximas definidas para la Alternativa 1, prestando especial atención al cumplimiento de los gálibos mínimos exigidos por la normativa, especialmente en las zonas donde se concentran las obras de paso dentro del propio enlace semidireccional.

10.3.2. Condicionantes territoriales, urbanísticos y funcionales

Tal y como se ha indicado anteriormente, la Alternativa 3 mantiene íntegramente el trazado de la Alternativa 1, diferenciándose únicamente en la configuración del enlace con la autovía A-7. Esta modificación se desarrolla dentro del ámbito ya afectado por la propia infraestructura viaria, lo que permite implantar los nuevos ramales sin generar afecciones adicionales sobre las zonas colindantes desde el punto de vista territorial y urbanístico.

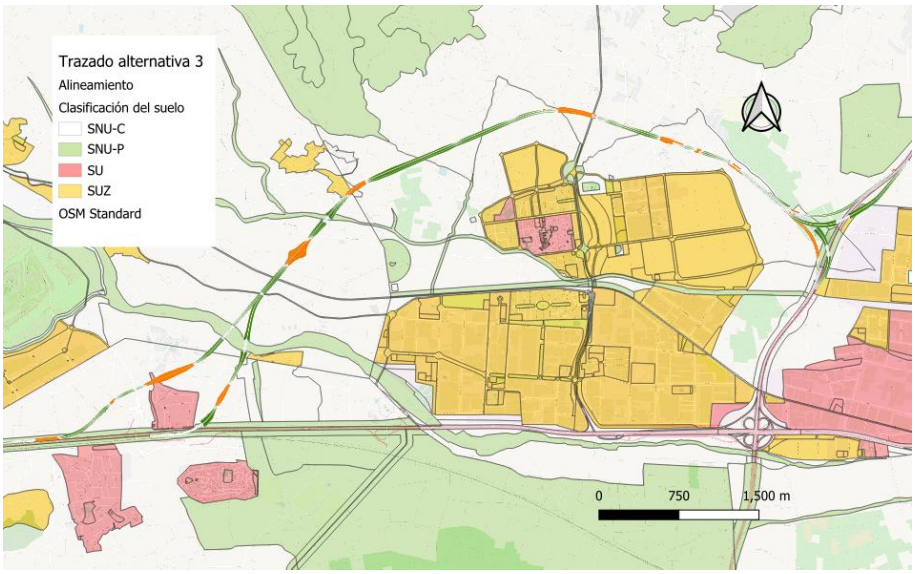

Figura 198 Desarrollo del trazado de la alternativa 3 sobre la clasificación del suelo (Fuente Elaboración propia)

En la Figura 198 se presenta el trazado de la alternativa superpuesto a la clasificación del suelo disponible en el visor cartográfico de la Generalitat Valenciana, lo que permite identificar de forma clara las afecciones territoriales y urbanísticas existentes, así como

la relación del trazado con las infraestructuras viarias actuales y los ámbitos sujetos a distintos niveles de protección.

Desde el punto de vista funcional, la principal singularidad de esta alternativa es la incorporación de dos obras de paso superior adicionales respecto a la Alternativa 1, necesarias para resolver los nuevos movimientos en el enlace con la A-7 mediante ramales directos y semidireccional. Estas estructuras se integran en un entorno con la afección de la alternativa 1 y condicionado por la presencia del propio enlace, por lo que su implantación no introduce nuevas restricciones de carácter territorial, aunque sí incrementa la complejidad estructural de la solución, aspecto que será tenido en cuenta en la evaluación económica y en los análisis multicriterio posteriores.

10.3.3. Análisis de trafico

El análisis de tráfico de la alternativa se realiza de forma desagregada por elementos funcionales, con el objetivo de verificar su capacidad y los niveles de servicio resultantes en el año horizonte. Como paso previo, se proyectan los tráficos aplicando las tasas de crecimiento definidas, obteniéndose las intensidades correspondientes a cada ramal y a cada calzada de las autovías. Los resultados de dicha proyección se presentan en la Figura 177 y Figura 178.

El análisis se desarrolla en primer lugar para el sentido de circulación desde la autovía A-7 hacia la A-3. Para ello, se parte de los tráficos proyectados en la A-7 en ambos sentidos de circulación, considerando que la nueva calzada capta los movimientos Barcelona–Madrid y Alicante–Madrid. La asignación de estos tráficos se realiza conforme a la configuración propuesta por la alternativa y se evalúa posteriormente aplicando el procedimiento descrito en el apartado 6.6, correspondiente a la evaluación de ramales y de sus zonas de influencia. A continuación, se analiza el funcionamiento de los ramales de salida, seguidamente el tronco del vial propuesto y, finalmente, el ramal de entrada a la autovía A-3. Cabe señalar que los tráficos de los ramales adyacentes han sido ajustados para representar el escenario con la alternativa implantada, redistribuyendo los flujos mediante la sustracción o adición de intensidades en función de los movimientos captados o transferidos por la alternativa.

Para el análisis de la autovía A-3 se han utilizado los datos de las estaciones de aforo V-35-0 y V-3-2, situadas en los PK 332+550 y 335+500 respectivamente, dado que la conexión de la alternativa con la A-3 se localiza fuera del ámbito inicialmente considerado. Con una configuración inicial de un carril por ramal y dos carriles para el tronco, se obtienen los niveles de servicio que se recogen en la Figura 199, expresados como porcentaje de horas del día en cada tramo.

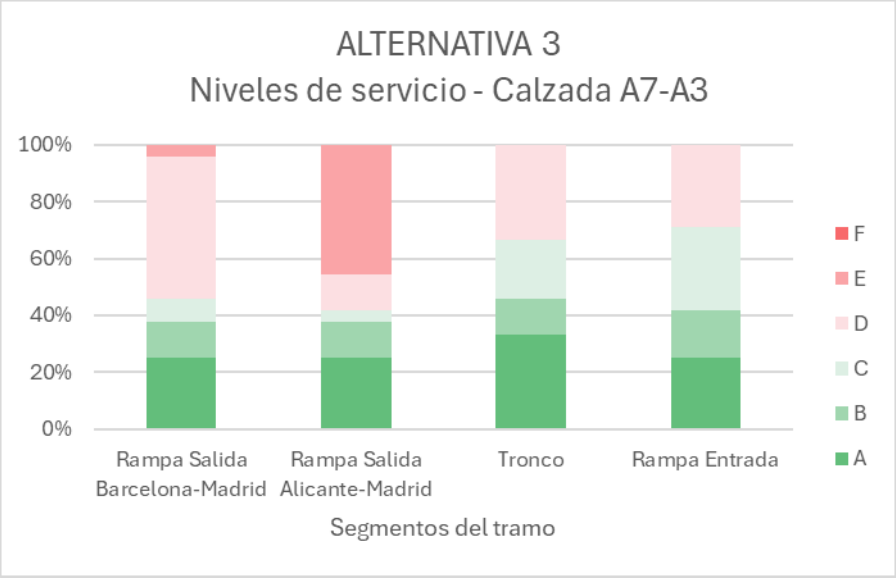

Figura 199 Niveles de servicio en la alternativa 3, sentido A-7 hacia la A-3 con ramales de 1 carril (Fuente Elaboración propia)

A la vista de estos resultados, y considerando que el nivel de servicio más desfavorable admisible en el año horizonte es D, de acuerdo con la Tabla 7.1 de la Norma 3.1-IC Trazado, se plantea la ampliación a dos carriles de los ramales de salida por criterios de capacidad. Específicamente, el ramal del movimiento Barcelona–Madrid presenta funcionamiento en nivel de servicio D durante un 8 % del día, mientras que el ramal Alicante–Madrid alcanza el nivel de servicio E en aproximadamente el 45 % del día. Aunque el ramal de entrada opera dentro de niveles de servicio admisibles, se adopta igualmente una configuración de dos carriles, con el fin de mantener la coherencia de la sección transversal del conjunto de la alternativa y evitar la aparición de cuellos de botella. Los resultados correspondientes a esta configuración se presentan en la Figura 200.

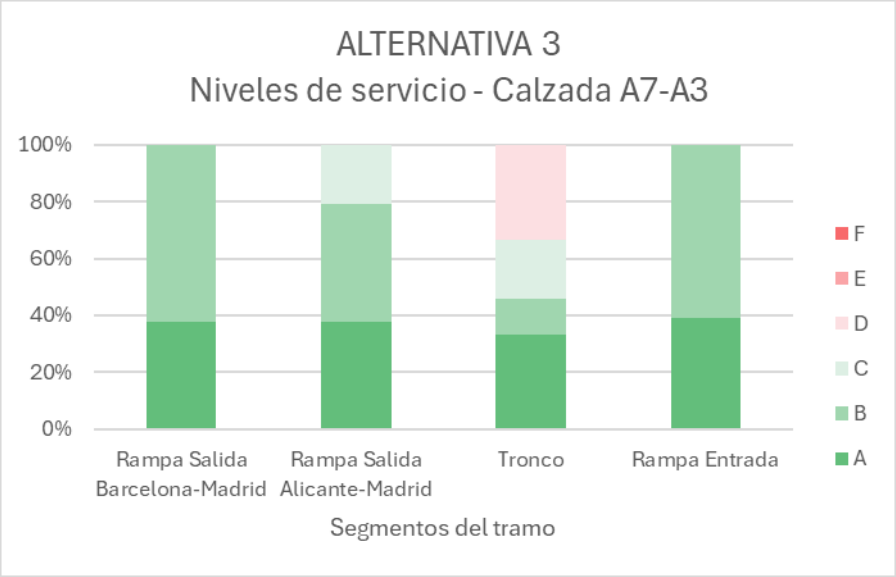

Figura 200 Niveles de servicio en la alternativa 3, sentido A-7 hacia la A-3 con ramales de 2 carril (Fuente Elaboración propia)

Con esta disposición, la calzada en sentido A-7 hacia A-3 opera con niveles de servicio aceptables en el año horizonte. El ramal de salida del tráfico procedente de Barcelona hacia Madrid presenta niveles de servicio A y B durante todo el día, mientras que el ramal de salida Alicante–Madrid opera con niveles A y B en aproximadamente el 80 % del día y nivel C en el 20 % restante. El tronco constituye el elemento más exigido desde el punto de vista funcional, con un 30 % del día en nivel A, un 10 % en nivel B, un 25 % en nivel C y un 35 % en nivel D. Por último, el ramal de entrada a la autovía A-3 presenta niveles de servicio A y B.

Para el sentido de circulación desde la A-3 hacia la A-7 se realiza un análisis análogo. En una primera evaluación, considerando ramales de un solo carril, se obtienen los resultados mostrados en la Figura 201, que evidencian deficiencias significativas en el funcionamiento, con el ramal de salida operando en nivel de servicio F durante más del 50 % del día y ramales de entrada con nivel de servicio E. Ante esta situación, se procede a repetir el análisis adoptando ramales de dos carriles, cuyos resultados se recogen en la Figura 202.

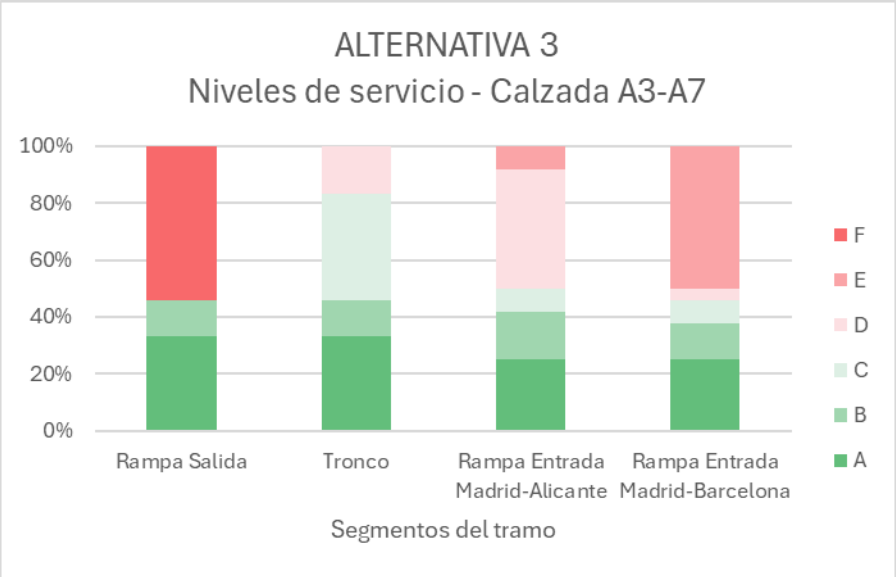

Figura 201 Niveles de servicio en la alternativa 3, sentido A-3 hacia la A-7 con ramales de 1 carril (Fuente Elaboración propia)

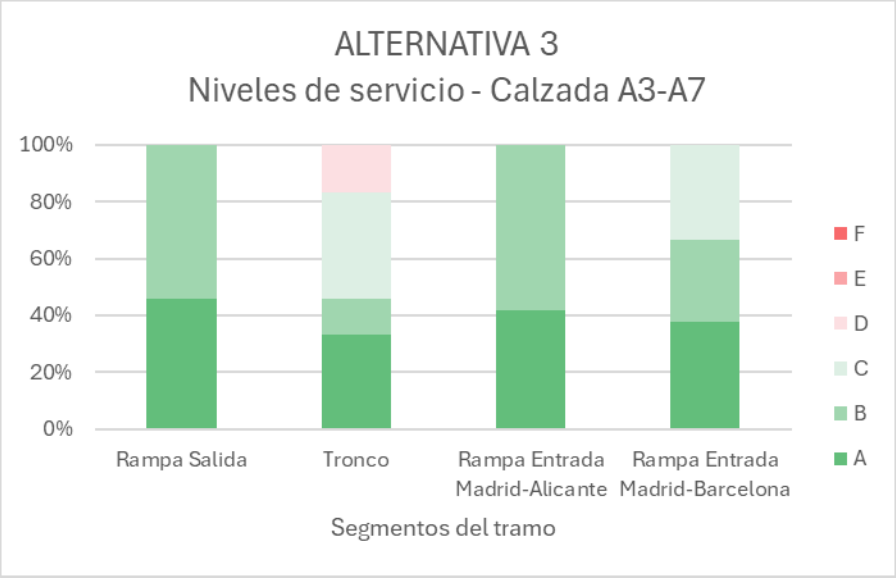

Figura 202 Niveles de servicio en la alternativa 3, sentido A-3 hacia la A-7 con ramales de 2 carril (Fuente Elaboración propia)

Con esta configuración, el ramal de salida y el ramal de entrada correspondientes al movimiento Madrid–Alicante operan en niveles de servicio A y B. El ramal de entrada Madrid–Barcelona presenta niveles de servicio A y B durante el 70 % del día y nivel C en el 30 % restante. En cuanto al tronco, se obtiene nivel de servicio A en el 30 % del día, B en el 15 %, C en el 38 % y D en el 17 %.

De forma global, la alternativa permite canalizar tres de los cuatro movimientos más demandantes del enlace, quedando únicamente fuera de su ámbito el movimiento Valencia–Barcelona, que no se resuelve de manera directa mediante esta actuación.

10.3.4. Evaluación económica

La evaluación económica de la alternativa 3 se plantea tomando como base el análisis desarrollado para la alternativa 1, incorporando los dos ramales adicionales necesarios para configurar el enlace semidirecto con la autovía A-7. Como consecuencia, los valores obtenidos presentan un comportamiento global similar, si bien se observan incrementos puntuales asociados a las nuevas actuaciones.

10.3.4.1. Movimiento de tierras

Los cálculos de cantidades se realizan mediante la herramienta Civil 3D, una vez desarrollado el modelo geométrico completo, y los resultados, junto con la estimación de costes, se presentan en la siguiente figura.

Alternativa 3				
Movimiento de tierras	Unidad	Precio unitario	Cantidades	Costo
Despeje y desbroce del terreno	m2	1.11 €	458424	508,850.84 €
Excavación a cielo abierto - tierra	m3	5.68 €	867457	4,927,153.20 €
Formación de terraplén	m3	5.43 €	1173894	6,374,241.71 €
			Total	**11,810,245.75 €**

Figura 203 Cantidades y costos del movimiento de tierras-Alternativa 3 (Fuente Elaboración propia)

La alternativa 3, al igual que la alternativa 1, presenta un volumen significativo de terraplén, condicionado principalmente por la presencia de un mayor número de pasos superiores. La necesidad de garantizar los gálibos mínimos y la continuidad geométrica del trazado incrementa la cota de la rasante en varios tramos, lo que se traduce en un aumento del movimiento de tierras.

10.3.4.2. Estructuras

Dada la similitud de esta alternativa con la alternativa 1, el análisis estructural se centra en la incorporación de las estructuras asociadas al ramal Alicante–Madrid. Este ramal discurre sobre los ramales Barcelona–Madrid y Madrid–Barcelona, lo que implica la ejecución de tres obras de paso adicionales. Los resultados de la estimación económica se presentan a continuación.

Alternativa 3				
Estructura	**Ancho [m]**	**Luz [m]**	**Vanos**	**Costo**
Paso superior A-7 M-B	13	80	3	2,519,320.68 €
Paso superior A-7 A-M	13	80	3	2,519,320.68 €
Paso superior ramal	13	30	1	478,829.09 €
Paso superior ramal	13	30	1	478,829.09 €
Paso inferior	26			49,071.62 €
Paso inferior	26			49,071.62 €
Paso inferior	26			49,071.62 €
Paso Superior CV-374	26	30	1	757,460.07 €
Paso inferior	26			49,071.62 €
Paso inferior	26			49,071.62 €
Paso inferior	26			49,071.62 €
Puente	26	15	1	618,191.33 €
Paso superior Ferrocarril	26	20	1	664,614.24 €
Paso superior CV-383	26	20	1	664,614.24 €
Puente Barranco del Poyo	13	160	6	8,863,611.27 €
Puente Barranco del Poyo	13	100	5	4,841,447.60 €
Paso superior A-3	13	110	4	4,242,944.12 €
			Total	**26,943,612.12 €**

Figura 204 Cantidades y costos de estructuras-Alternativa 3 (Fuente Elaboración propia)

El coste de las estructuras se incrementa en un 14.8 % respecto a la alternativa 1. Este aumento se debe a la ejecución de las nuevas estructuras, si bien estas presentan una sección transversal reducida al alojar un único sentido de circulación. No obstante, el mayor peso económico de esta alternativa continúa concentrándose en las estructuras situadas sobre el barranco del Poyo, que siguen representando el elemento más relevante desde el punto de vista presupuestario.

10.3.4.3. Firmes

En la Figura 205 se presentan los resultados para el análisis del firme para la alternativa 3.

Alternativa 3				
Movimiento de tierras	Unidad	Precio unitario	Cantidades	Costo
Firme 6 I.C T00	m2	73.02 €	279356	20,399,357.32 €
Arcén	m2	40.09 €	159632	6,399,726.70 €
			Total	**26,799,084.01 €**

Figura 205 Cantidades y costos de firmes-Alternativa 3 (Fuente Elaboración propia)

El incremento del coste del firme respecto a la alternativa 1 es del 5.5 %, asociado fundamentalmente al aumento de la longitud total de plataforma derivado de los ramales adicionales, manteniéndose inalteradas las tipologías de firme y las secciones consideradas.

10.3.4.4. Resumen de evaluación económica

En la Figura 206 se presenta el resumen de los costes desglosados por los distintos conceptos analizados y su agrupación por ítems principales.

Evaluación económica - Alternativa 3			
Estructura	Pasos superiores (9)	12,325,932 €	26,943,612 €
	Pasos inferiores (6)	294,430 €	
	Puentes (3)	14,323,250 €	
Movimiento de tierras	Desbroce	508,851 €	11,810,246 €
	Excavación	4,927,153 €	
	Terraplén	6,374,242 €	
Firmes	Carriles	20,399,357 €	26,799,084 €
	Arcén	6,399,727 €	
		Total	**65,552,942 €**

Figura 206 Resumen de evaluación económica-Alternativa 3 (Fuente Elaboración propia)

A partir de este análisis se obtiene un coste estimado para la alternativa que, considerando una longitud aproximada de 10.8 km por sentido, incluidos los ramales, supone un valor medio de 6.07 M€ por kilómetro. Del total, el 41.0 % corresponde a estructuras, el 18.0 % a movimiento de tierras y el 41.0 % a firmes. La alternativa 3 mantiene proporciones similares a las observadas en las alternativas 1 y 2, si bien destaca el peso relativo de las tres estructuras tipo puente asociadas al ramal semidirecto, que representan aproximadamente el 22 % del coste total de la alternativa.

11. ANÁLISIS MULTICRITERIO

El análisis multicriterio se plantea como una herramienta de apoyo a la toma de decisiones para evaluar y comparar las alternativas de mejora propuestas para el enlace objeto de estudio, considerando de forma simultánea distintos criterios relevantes desde el punto de vista técnico, territorial, ambiental y funcional. Este enfoque permite integrar información de naturaleza cuantitativa y cualitativa, evitando análisis parciales basados en un único parámetro y proporcionando una visión global del comportamiento de cada alternativa.

En este caso, el análisis multicriterio se apoya en los resultados obtenidos en los apartados previos del trabajo, especialmente en los análisis de tráfico, trazado, afecciones territoriales y evaluación económica. Las alternativas se comparan en función del grado de afección que generan sobre el entorno y del nivel de mejora que aportan al funcionamiento del enlace, incorporando además la alternativa 0 como escenario de referencia. Para ello, se definen cuatro criterios de evaluación: impacto ambiental, valoración económica, afecciones territoriales y capacidad, a los que se asignan coeficientes de ponderación en función de su importancia en el contexto del problema analizado.

Los coeficientes de ponderación adoptados son del 25 % para el criterio ambiental, 30 % para el criterio económico, 10 % para las afecciones territoriales y 35 % para el criterio de capacidad, considerando este último como el más relevante al estar directamente relacionado con el objetivo principal de mejora del funcionamiento del enlace. La Figura 207 presenta de forma esquemática los criterios considerados y su ponderación relativa.

Criterios	Coeficiente de ponderación
Criterio Ambiental	0.25
Criterio económico	0.30
Criterio de afecciones territoriales	0.10
Criterio de capacidad	0.35

Figura 207 Coeficientes de ponderación para cada criterio (Fuente Elaboración propia)

11.1. Criterios propuestos

En los siguientes apartados se describen los criterios empleados en el análisis multicriterio, las consideraciones adoptadas para su evaluación y la metodología utilizada para obtener una valoración comparable entre alternativas. En todos los casos, los valores obtenidos se normalizan con el objetivo de permitir su agregación posterior en la matriz multicriterio.

11.1.1. Impacto ambiental

La evaluación del impacto ambiental se aborda desde dos enfoques complementarios. El primero se relaciona directamente con el movimiento de tierras asociado a cada alternativa, considerando las cantidades de desbroce, desmonte y terraplén obtenidas en la evaluación económica. A partir de estas magnitudes se calcula una valoración global del movimiento de tierras, incorporando adicionalmente el balance del movimiento de tierras. En este último caso se aplica un factor corrector de 2.0, dado que balances elevados, tanto positivos como negativos, implican la necesidad de préstamos o vertederos externos, con el consiguiente incremento de afecciones ambientales asociadas al transporte de materiales y a la ocupación de nuevas áreas.

El segundo enfoque del criterio ambiental se vincula a las horas totales de congestión obtenidas para cada alternativa en el análisis de tráfico. Este parámetro se utiliza como indicador indirecto del incremento de emisiones contaminantes, dado que los vehículos en condiciones de congestión presentan casi el doble de emisiones a los registrados en condiciones de circulación fluida [19].

Los valores obtenidos en ambos enfoques se normalizan de forma independiente y posteriormente se promedian para obtener un único índice ambiental por alternativa, donde el valor 0.0 representa la menor afección ambiental relativa y el valor 1.00 la mayor afección dentro del conjunto de alternativas analizadas.

11.1.2. Valoración económica

El criterio económico se evalúa igualmente mediante dos enfoques. El primero corresponde al coste de inversión de cada alternativa, obtenido a partir de la suma de los costes de movimiento de tierras, estructuras y firmes, tal y como se ha desarrollado en los apartados específicos de evaluación económica. Estos valores se normalizan para permitir su comparación directa entre alternativas.

El segundo enfoque considera el coste económico asociado a la congestión del tráfico. Este se fundamenta en la pérdida de productividad y en el tiempo adicional que los usuarios emplean en situaciones de congestión, tiempo que podría destinarse a actividades laborales o de ocio [20]. Para su estimación se utilizan las horas totales de congestión obtenidas en el análisis de tráfico, transformadas en un valor económico mediante la consideración del valor de una hora laboral. No obstante, dado que los resultados finales se normalizan, el análisis se centra en la comparación relativa entre alternativas más que en la magnitud absoluta de los costes obtenidos.

Ambos enfoques se combinan mediante el promedio de sus valores normalizados, obteniéndose un índice económico único por alternativa, donde el valor 0.0 corresponde a la alternativa sin inversión ni costes de congestión y el valor 1.0 a la alternativa con mayor impacto económico relativo.

11.1.3. Afecciones territoriales

La evaluación de las afecciones territoriales se realiza a partir de la superposición del trazado de cada alternativa con la clasificación del suelo disponible en el visor cartográfico de la Generalitat Valenciana, considerando además la zona de dominio público de las autovías, definida como una franja de 8.0 m desde las aristas exteriores de la explanación. Para este análisis se ha empleado la herramienta QGIS, que permite

cuantificar las superficies afectadas por cada alternativa en función del tipo de suelo atravesado.

Se distinguen cuatro categorías de suelo: suelo urbano (SU), suelo urbanizable (SUZ), suelo no urbanizable común (SNU-C) y suelo no urbanizable protegido (SNU-P). A cada categoría se le asigna un factor de ponderación en función de su sensibilidad territorial: 1.0 para SNU-C, 2.0 para SUZ, 3.0 para SU y 4.0 para SNU-P. Este último corresponde fundamentalmente a zonas rurales protegidas de uso agrícola y a zonas de protección de cauces. A partir de estos factores se obtiene un valor agregado por alternativa, que posteriormente se normaliza para su incorporación al análisis multicriterio.

11.1.4. Capacidad

El criterio de capacidad se basa en la evaluación de los niveles de servicio obtenidos para cada alternativa en el año horizonte 2048, considerando el funcionamiento de los distintos ramales, sus entradas y salidas, y los tramos de tronco asociados, a lo largo de las 24 horas del día medio. Para cada alternativa se cuantifican las horas de congestión, definidas como aquellas correspondientes a niveles de servicio E y F.

En el análisis se tienen en cuenta los ocho movimientos del enlace y la redistribución de tráficos generada por cada alternativa, tanto de forma directa como indirecta, tal y como se ha desarrollado en los apartados de análisis de tráfico. Adicionalmente, se considera la congestión en los tramos de tronco como un factor especialmente penalizante, asignándole un peso de 8.0 en la valoración, dado que su afección puede propagarse al conjunto del enlace y comprometer gravemente su funcionamiento global. A partir de estas consideraciones se obtiene un valor agregado de capacidad por alternativa, que se normaliza para su comparación.

11.2. Evaluación de criterios

En los apartados siguientes se presenta la evaluación detallada de cada criterio para las alternativas consideradas, incluyendo la alternativa 0 como escenario de referencia, con el objetivo de establecer una comparación homogénea y coherente entre todas ellas.

11.2.1. Criterio ambiental

Para la evaluación del criterio ambiental se emplean, en primer lugar, las cantidades de desbroce, desmonte y terraplén obtenidas para cada alternativa, recogidas en la Figura 184, Figura 192 y Figura 203, así como un movimiento de tierras nulo para la alternativa 0, correspondiente a la no actuación y a la situación actual del enlace proyectada al año horizonte 2048. A partir de estas magnitudes se construyen las columnas 2, 3 y 4 de la Figura 208, siendo esta última el balance de tierras obtenido como diferencia entre el volumen de desmonte y el volumen de terraplén.

Los valores negativos del balance indican un predominio del terraplén, circunstancia coherente con la baja cota del terreno natural respecto a las autovías existentes, la presencia de varios cauces en el ámbito de estudio y la necesidad de disponer numerosas obras de paso superior. La columna 5 recoge las horas totales de congestión de cada alternativa, cuyo cálculo se detalla en el apartado 11.2.4, incorporándose así un segundo enfoque ambiental relacionado con el incremento de emisiones derivado de la congestión. A partir de estos datos se obtiene una valoración parcial del movimiento de tierras, aplicando los coeficientes definidos previamente, y una valoración

independiente asociada a la congestión. Ambas se normalizan por separado y posteriormente se promedian, obteniéndose una valoración ambiental global comprendida entre 0.00, como mínima afección, y 1.00, como máxima afección. Los resultados se presentan en la Figura 208.

Criterio Ambiental	Desbroce [m2]	Desmonte [m3]	Terraplén [m3]	Neto	Horas totales de congestión	Valoración movimiento de tierras	Valoración normalizada movimiento de tierras	Valoración normalizada congestión	Valoración normalizada
Alternativa 0	0.0	0.0	0.0	0.0	128	0.0	0.00	1.00	**0.58**
Alternativa 1	421,358	828,891	1,066,678	-237,787	39	2,792,501	0.90	0.30	**0.69**
Alternativa 2	199,112	118,162	508,811	-390,649	78	1,607,383	0.52	0.61	**0.65**
Alternativa 3	458,424	867,457	1,173,894	-306,437	94	3,112,648	1.00	0.73	**1.00**

Figura 208 Evaluación de criterio ambiental (Fuente Elaboración propia)

De manera general, la alternativa 0 no presenta afecciones asociadas al movimiento de tierras, pero sí registra un elevado número de horas de congestión, alcanzando la máxima valoración normalizada en este enfoque. No obstante, al promediar ambos componentes, obtiene una puntuación ambiental inferior a la de las alternativas con actuación. Las alternativas 1 y 3, debido a su mayor longitud y complejidad geométrica, presentan las mayores afecciones asociadas al movimiento de tierras, siendo ligeramente superior en la alternativa 3. Sin embargo, la alternativa 1 compensa este efecto con una menor congestión, mejorando su valoración ambiental global. La alternativa 3, por el contrario, combina elevados volúmenes de movimiento de tierras con un número significativo de horas de congestión, obteniendo la peor valoración ambiental. La alternativa 2 destaca por presentar la menor afección asociada al movimiento de tierras entre las alternativas de infraestructura y una congestión moderada, posicionándose como la segunda mejor alternativa en este criterio.

11.2.2. Criterio económico

Para la evaluación del criterio económico se consideran dos enfoques complementarios. El primero corresponde al coste de inversión, obtenido a partir de la suma de los costes asociados a estructuras, movimiento de tierras y firmes de cada alternativa, detallados en los apartados de evaluación económica y recogidos en la Figura 184, Figura 192 y Figura 203. El segundo enfoque incorpora el coste asociado a la congestión del tráfico, relacionando las horas de congestión con la pérdida de productividad derivada del incremento del tiempo de viaje de los usuarios, transformándose este tiempo adicional en un valor monetario.

Ambos valores se normalizan de forma independiente y posteriormente se promedian para obtener una valoración económica conjunta normalizada, donde el valor 0.00 representa la alternativa con menor impacto económico global y el valor 1.00 la de mayor impacto. Los resultados se muestran en la Figura 209.

Criterio económico	Estructuras	Movimiento de tierras	Firmes	Valoración Costos	Congestión	Valoración normalizada Costos	Valoración normalizada Congestión	Valoración normalizada conjunta
Alternativa 0	- €	- €	- €	- €	1,297,881.60 €	0.00	1.00	**0.58**
Alternativa 1	23,466,633	10,967,870	25,405,005	59,839,508 €	395,448.30 €	0.91	0.30	**0.70**
Alternativa 2	8,216,899	3,655,016	8,548,436	20,420,351 €	790,896.60 €	0.31	0.61	**0.53**
Alternativa 3	26,943,612	11,810,246	26,799,084	65,552,942 €	953,131.80 €	1.00	0.73	**1.00**

Figura 209 Evaluación de criterio económico (Fuente Elaboración propia)

Desde el punto de vista del coste de inversión, las alternativas 1 y 3 presentan las valoraciones más elevadas, consecuencia directa del volumen de obra necesario, siendo mayor en la alternativa 3. La alternativa 2 obtiene una valoración notablemente inferior, mientras que la alternativa 0 presenta la menor, al no implicar actuaciones constructivas. En cuanto al coste asociado a la congestión, la alternativa 0 alcanza la peor valoración, seguida por la alternativa 3, mientras que las alternativas 2 y 1 presentan valores progresivamente más favorables. Al considerar conjuntamente ambos enfoques, la alternativa 2 obtiene la mejor valoración económica global, seguida muy de cerca por la alternativa 0. La alternativa 1 alcanza una valoración intermedia, mientras que la alternativa 3 resulta claramente penalizada.

11.2.3. Criterio de afecciones territoriales

Para el análisis de las afecciones territoriales se determinaron las superficies afectadas por cada alternativa según la clasificación del suelo, empleando la cartografía disponible en el visor de la Generalitat Valenciana. Como era de esperar, la alternativa 0 no genera afecciones territoriales, por lo que obtiene la mejor valoración posible en este criterio.

La alternativa 1 presenta un 89.9 % de su trazado sobre suelo no urbanizable común (SNU-C), un 8.2 % sobre suelo no urbanizable protegido (SNU-P), correspondiente íntegramente a cauces, un 0.4 % sobre suelo urbano (SU) y un 1.5 % sobre suelo urbanizable (SUZ), obteniendo una valoración normalizada de 0.84. La alternativa 2, por su parte, discurre un 75.8 % sobre suelo no urbanizable protegido, fundamentalmente zonas rurales protegidas de uso agrícola, y un 24.2 % sobre suelo no urbanizable común, lo que conlleva una penalización significativa y la peor valoración en este criterio. La alternativa 3 presenta resultados muy similares a los de la alternativa 1. Los valores obtenidos se recogen en la Figura 210.

Criterio de afecciones territoriales	SNU-C		SNU-P		SU		SUZ		Valoración	Valoración normalizada
	Area [m2]	Porcentaje	Area [m2]	Porcentaje	Area [m2]	Porcentaje	Area [m2]	Porcentaje		
Alternativa 0									0.0	**0.00**
Alternativa 1	543,407	89.9%	49,655	8.2%	2,391	0.4%	9,179	1.5%	767,558	**0.84**
Alternativa 2	68,036	24.2%	212,730	75.8%					918,956	**1.00**
Alternativa 3	578,685	87.8%	63,563	9.6%	2,391	0.4%	14,796	2.2%	869,702	**0.95**

Figura 210 Evaluación de criterio de afecciones territoriales (Fuente Elaboración propia)

De este modo, la mejor puntuación corresponde a la alternativa 0, seguida por las alternativas 1 y 3, mientras que la alternativa 2 resulta claramente desfavorable desde el punto de vista territorial.

11.2.4. Criterio de capacidad

El criterio de capacidad se evalúa a partir del análisis del funcionamiento de cada alternativa durante las 24 horas del día medio, considerando como horas de congestión aquellas en las que se alcanzan niveles de servicio E y F. Para la alternativa 0 se adopta la configuración actual del enlace, proyectando los tráficos al año horizonte 2048, obteniéndose un total de 120 horas de congestión en el conjunto de los movimientos analizados. Los resultados se muestran en la Figura 211.

Alternativa 0												
Movimientos	ENTRADA						SALIDA					
	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
BM	6	3	2	3	10	0	6	4	1	0	0	13
BV	6	3	2	3	10	0	7	4	13	0	0	0
MB	10	2	0	0	0	12	5	3	1	2	0	13
MA	10	2	0	0	0	12	7	4	11	2	0	0
VB	8	3	1	0	0	12	5	3	1	2	0	13
VA	8	3	1	0	0	12	7	4	11	2	0	0
AM	9	5	10	0	0	0	6	4	1	0	0	13
AV	9	5	10	0	0	0	7	4	13	0	0	0
Total	***66***	***26***	***26***	***6***	***20***	***48***	***50***	***30***	***52***	***8***	***0***	***52***

Horas de congestión: **120**

Figura 211 Evaluación del criterio de capacidad para la alternativa 0 (Fuente Elaboración propia)

Para la alternativa 1 se emplean los resultados del apartado 10.1.3, complementados con el análisis del resto de movimientos y su redistribución como consecuencia de la nueva configuración del enlace. Esta alternativa mejora de forma directa los movimientos Barcelona–Madrid y Madrid–Barcelona, manteniéndolos entre niveles de servicio A y C, y genera mejoras indirectas en otros movimientos. Destaca la eliminación de la congestión en la entrada del movimiento Barcelona–Valencia, al dejar de compartirse el carril de desaceleración, y en el movimiento Madrid–Alicante, por disponer de una entrada exclusiva. Asimismo, las salidas de los movimientos Valencia–Barcelona y Alicante–Madrid reducen significativamente sus horas de congestión. En conjunto, la alternativa 1 registra un total de 31 horas de congestión, como se muestra en la Figura 212.

Alternativa 1												
Movimientos	ENTRADA						SALIDA					
	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
BM	9	15	0	0	0	0	18	6	0	0	0	0
BV	8	3	13	0	0	0	7	4	13	0	0	0
MB	11	13	0	0	0	0	8	7	9	0	0	0
MA	24	0	0	0	0	0	7	4	11	2	0	0
VB	8	3	1	0	0	12	6	3	3	5	7	0
VA	8	3	1	0	0	12	7	4	11	2	0	0
AM	9	5	10	0	0	0	9	15	0	0	0	0
AV	9	5	10	0	0	0	7	4	13	0	0	0
Total	***86***	***47***	***35***	***0***	***0***	***24***	***69***	***47***	***60***	***9***	***7***	***0***

Horas de congestión: **31**

Figura 212 Evaluación del criterio de capacidad para la alternativa 1 (Fuente Elaboración propia)

La alternativa 2 mejora directamente los movimientos Madrid–Alicante y Alicante–Madrid, y genera mejoras indirectas en los movimientos Madrid–Barcelona y Alicante–Valencia al eliminar comparticiones de carriles. No obstante, mantiene un número

apreciable de horas de congestión, alcanzando un total de 70 horas, cuyos resultados se presentan en la Figura 213.

Alternativa 2												
Movimientos	ENTRADA						SALIDA					
	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
BM	6	3	2	3	10	0	7	5	12	0	0	0
BV	6	3	2	3	10	0	7	4	13	0	0	0
MB	20	4	0	0	0	0	5	3	1	2	0	13
MA	9	7	8	0	0	0	7	3	6	8	0	0
VB	8	3	1	0	0	12	5	3	1	2	0	13
VA	8	3	1	0	0	12	7	4	11	2	0	0
AM	7	3	5	9	0	0	6	5	8	5	0	0
AV	9	5	10	0	0	0	7	4	13	0	0	0
Total	***73***	***31***	***29***	***15***	***20***	***24***	***51***	***31***	***65***	***19***	***0***	***26***

Horas de congestión: **70**

Figura 213 Evaluación del criterio de capacidad para la alternativa 2 (Fuente Elaboración propia)

La alternativa 3 actúa directamente sobre los movimientos Barcelona–Madrid, Madrid–Barcelona, Madrid–Alicante y Alicante–Madrid, y de forma indirecta sobre los movimientos Valencia–Barcelona y Alicante–Valencia. El análisis arroja un total de 46 horas de congestión, como se recoge en la Figura 214.

Alternativa 3												
Movimientos	ENTRADA						SALIDA					
	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
BM	9	15	0	0	0	0	9	14	0	0	0	0
BV	6	3	2	3	10	0	7	4	13	0	0	0
MB	11	13	0	0	0	0	9	7	8	0	0	0
MA	11	13	0	0	0	0	10	14	0	0	0	0
VB	8	3	1	0	0	12	5	4	1	2	12	0
VA	8	3	1	0	0	12	7	4	11	2	0	0
AM	9	10	5	0	0	0	9	14	0	0	0	0
AV	9	5	10	0	0	0	7	4	13	0	0	0
Total	***71***	***65***	***19***	***3***	***10***	***24***	***63***	***65***	***46***	***4***	***12***	***0***

Horas de congestión: **46**

Figura 214 Evaluación del criterio de capacidad para la alternativa 3 (Fuente Elaboración propia)

Adicionalmente, se consideraron las horas de congestión en los troncos de las autovías. Las alternativas 0, 1 y 2 presentan una hora de congestión en el tronco de la A-7 sentido Alicante–Barcelona, situación común que no introduce diferencias entre ellas. Sin embargo, la alternativa 3 induce un problema adicional al obligar al tráfico a atravesar el núcleo del enlace, generándose una superación de la capacidad del tronco durante 6 horas del día. Esta circunstancia resulta especialmente penalizadora, dado el elevado impacto que la congestión en troncos de autovía puede tener sobre el funcionamiento global del enlace. Por este motivo, en la valoración del criterio de capacidad se asigna

un peso específico de 8.0 a las horas de congestión en tronco. La situación se ilustra en la Figura 215.

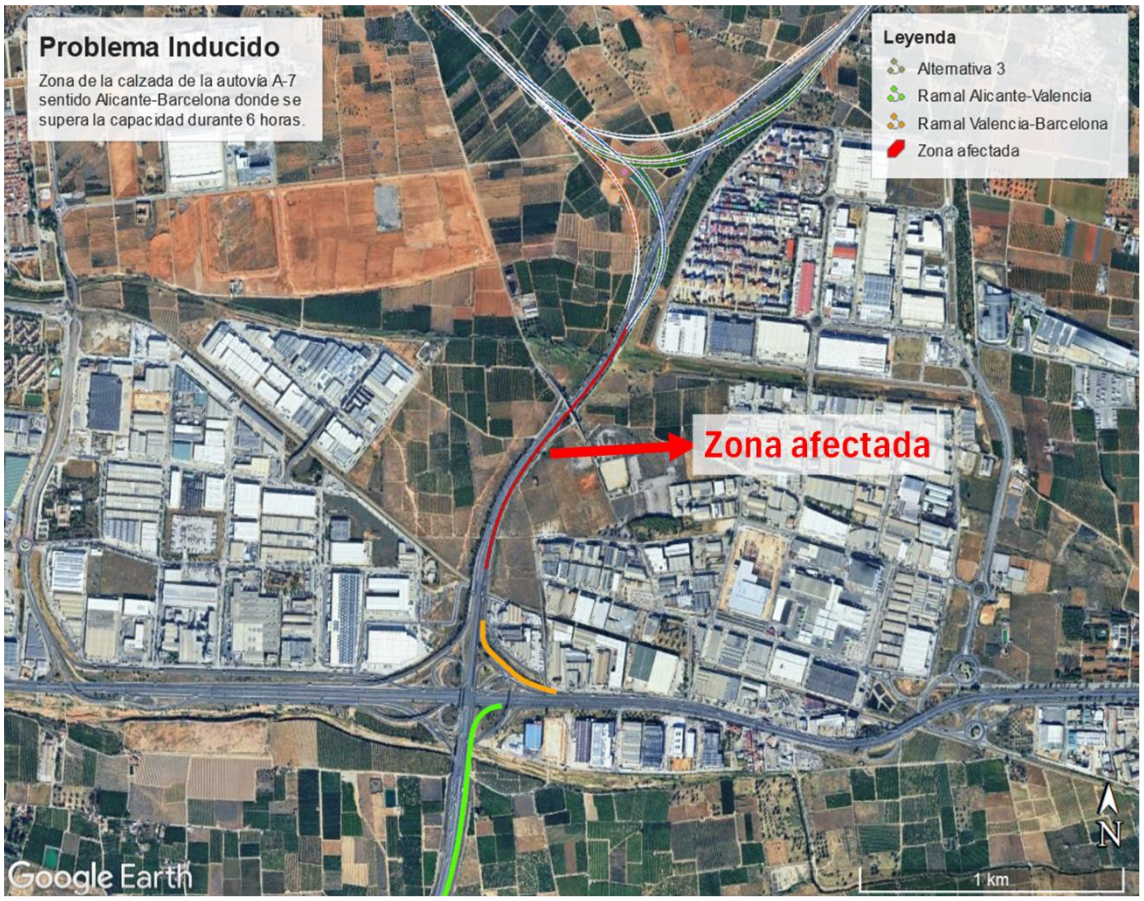

Figura 215 Localización de problema inducido por la alternativa 3 en el tronco de la autovía A.7 sentido Alicante-Barcelona (Fuente Elaboración propia)

La valoración normalizada final del criterio de capacidad se presenta en la Figura 216, donde la alternativa 1 obtiene la mejor puntuación con una diferencia significativa, seguida por la alternativa 2, posteriormente la alternativa 3, penalizada por la congestión inducida en el tronco, y finalmente la alternativa 0.

Criterio económico	Horas de congestión		Valoración	Valoración normalizada
	Horas ramal	Horas tronco		
Alternativa 0	120	1	128.00	**1.00**
Alternativa 1	31	1	39.00	**0.30**
Alternativa 2	70	1	78.00	**0.61**
Alternativa 3	46	6	94.00	**0.73**

Figura 216 Evaluación de criterio de capacidad en todas las alternativas (Fuente Elaboración propia)

11.3. Alternativa adoptada

Para la selección de la alternativa se consideran los resultados obtenidos en la evaluación de los criterios ambiental, económico, de afecciones territoriales y de capacidad, aplicando los pesos establecidos en el apartado anterior. En la Figura 217 se sintetiza la información correspondiente a la valoración normalizada de cada criterio y el resultado global del análisis multicriterio para las distintas alternativas estudiadas.

	Criterio Ambiental *[0.25]*	Criterio económico *[0.30]*	Criterio de afecciones territoriales *[0.10]*	Horas de congestión *[0.35]*	Resultado
Alternativa 0	0.58	0.58	0.00	1.00	**0.67**
Alternativa 1	0.69	0.70	0.84	0.30	**0.57**
Alternativa 2	0.65	0.53	1.00	0.61	**0.64**
Alternativa 3	1.00	1.00	0.95	0.73	**0.90**

Figura 217 Análisis multicriterio de alternativas (Fuente Elaboración propia)

De acuerdo con los resultados obtenidos, la alternativa 1 presenta la mejor valoración global, con un valor de 0.57, seguida por la alternativa 2 con 0.64, la alternativa 0 con 0.67 y, finalmente, la alternativa 3, que obtiene el peor resultado. Este orden refleja el equilibrio alcanzado por cada alternativa entre los distintos criterios considerados y permite establecer una priorización objetiva basada en el conjunto de factores analizados.

De manera general, se identifican dos alternativas con resultados favorables, correspondientes a las alternativas 1 y 2. La alternativa 0 actúa como una solución intermedia, mientras que la alternativa 3, si bien plantea una mejora directa sobre varios movimientos del enlace, introduce una afección significativa en el tronco de la autovía, lo que penaliza de forma notable su comportamiento funcional y justifica su peor valoración global.

Cabe recordar que en el apartado 8, correspondiente al diagnóstico integrado, se identificaron como movimientos más relevantes y problemáticos los correspondientes a Barcelona–Madrid, Madrid–Barcelona y Valencia–Barcelona. No obstante, al proyectar los tráficos al año horizonte 2048, considerando una tasa de crecimiento anual del 1.44%, se observa que otros movimientos comienzan también a presentar problemas de capacidad, lo que refuerza la necesidad de una solución que mejore el funcionamiento global del enlace.

En este contexto, la alternativa 1 actúa de manera directa sobre los movimientos Barcelona–Madrid y Madrid–Barcelona, y de forma indirecta sobre el movimiento Valencia–Barcelona, mejorando su funcionamiento sin generar afecciones significativas en otros puntos del enlace. Por su parte, la alternativa 2 mejora de manera indirecta el movimiento Madrid–Barcelona, mientras que el movimiento Valencia–Barcelona no se aborda de forma directa en ninguna de las alternativas planteadas, debido a las limitaciones existentes en su entorno inmediato, caracterizado por una elevada presencia de polígonos industriales y restricciones espaciales.

No obstante, se considera que la implementación de la alternativa 1 podría permitir, de forma complementaria y en una fase posterior, la reorganización del nudo y la introducción de mejoras de capacidad en el trazado actual del movimiento Valencia–Barcelona, aprovechando el espacio liberado como consecuencia de la nueva configuración del enlace. Este tipo de actuación requeriría un análisis específico y detallado que excede el alcance del presente estudio.

En consecuencia, aunque la alternativa 1 obtiene la mejor valoración en el análisis multicriterio, este resultado no implica la exclusión de la alternativa 2, sino que permite establecer una jerarquización de actuaciones. De este modo, se propone la priorización de la alternativa 1 como actuación principal, la alternativa 2 como solución

complementaria y, en una fase posterior, la reorganización del nudo para resolver los problemas residuales de capacidad que puedan persistir, especialmente en el movimiento Valencia–Barcelona.

12. ANÁLISIS DE COHERENCIA CON ACTUACIONES EN FASE DE LICITACIÓN

El presente apartado tiene como objeto analizar el proyecto de construcción de tipo mejora local denominado *Prolongación de carril y ampliación de la plataforma de la A-3 a la A-7 (by-pass), PP.KK. 337 al 340, ramal de salida de la A-3*, en margen derecha, con clave 33-V-7500, desarrollado por la empresa consultora MS Ingenieros SL en diciembre de 2021 para la Dirección General de Carreteras – Demarcación de Carreteras del Estado en la Comunitat Valenciana. Este proyecto surge como respuesta a la detección de retenciones de tráfico recurrentes, especialmente en periodos festivos y estivales, motivadas por el incremento de desplazamientos desde el interior de la península hacia las zonas costeras, fundamentalmente hacia el sur [21].

Estos desplazamientos se concentran en el ramal de salida de la A-3 hacia el by-pass, que dispone de un único carril, al que se suma la falta de prioridad en el carril de acceso a la A-7 frente al ramal procedente de la margen izquierda de la A-3. Esta configuración provoca que, en situaciones de elevada demanda, se generen retenciones que no solo afectan al propio ramal, sino que se trasladan al tronco de la autovía, alcanzando longitudes de entre 2 y 3 km. Además de las afecciones a la fluidez del tráfico y a la calidad del servicio, esta situación incrementa de forma significativa el riesgo de accidente, especialmente por colisiones por alcance [21].

12.1. Descripción general del proyecto

La actuación del proyecto se centra en el carril de salida desde la autovía A-3, sentido Valencia, hacia la autovía A-7 (by-pass), correspondiente a la salida n.º 338. La intervención consiste en la ampliación de la sección del ramal de acceso a la A-7 desde la margen derecha de la A-3, pasando a disponer de dos carriles en la mayor longitud posible, con el objetivo de aumentar la capacidad de almacenamiento del ramal y evitar que las colas se propaguen hacia el tronco de la autovía.

La actuación presenta la limitación de iniciar la ampliación una vez superado el viaducto existente de la A-3 sobre el barranco del Poyo, de forma que no sea necesaria la ampliación de dicha estructura. Bajo el paso superior del enlace de Loriguilla, la ampliación se ajusta al espacio disponible, aproximadamente 8.20 m, lo que obliga a reducir el arcén exterior de 2.5 m a 0.5 m. Asimismo, no se afecta al ramal de salida hacia la CV-374, debido a que este ya presenta un radio de giro muy ajustado. La zona de actuación se define en la Figura 218.

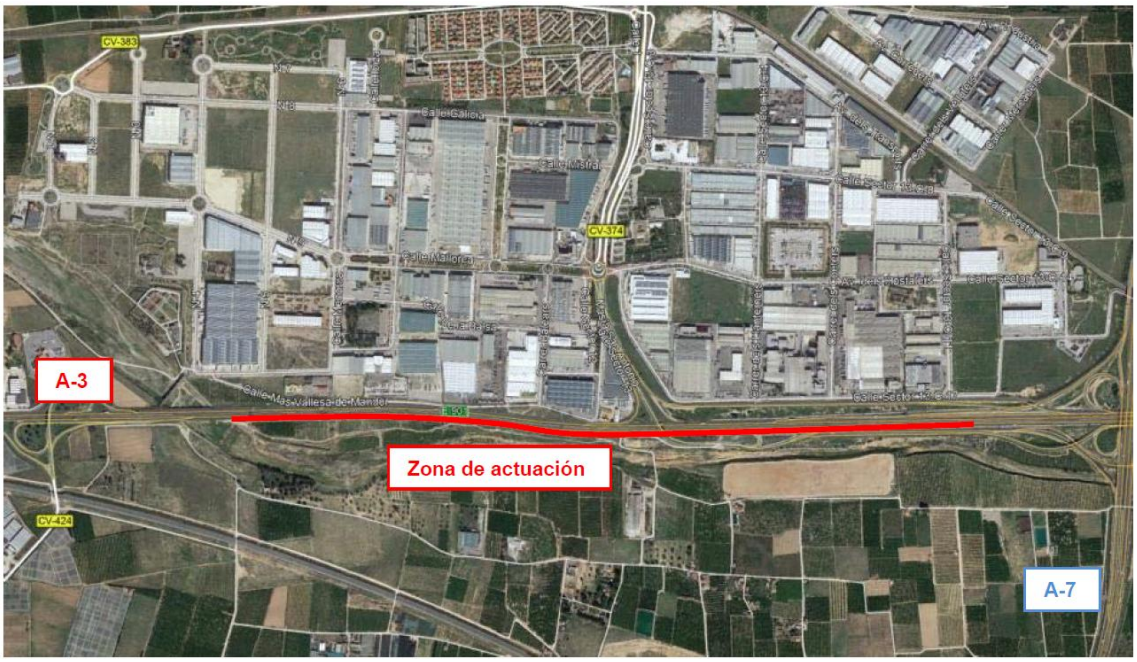

Figura 218 Zona de actuación proyecto constructivo Prolongación de carril y ampliación de la plataforma de la A-3 a la A-7 (by-pass), PP.KK. 337 al 340, ramal de salida de la A-3, en margen derecha (Fuente Proyecto 33-V-7500 [21]*)*

12.2. Problemática funcional abordada por el proyecto

El proyecto constructivo toma como datos de partida el Mapa de Tráfico del Ministerio de Fomento, junto con la información de las estaciones de aforo V-213-2, V-337-3, V-311-1 y V-312-2, complementadas con una campaña específica de aforos y caracterización del tráfico realizada en marzo de 2018 en los ramales que canalizan los movimientos Madrid–Barcelona y Madrid–Alicante. A partir de estos datos se realiza el ajuste mediante el factor de variación mensual obtenido de las estaciones de aforo, determinándose una IMD para el año 2018 de 21,459 vehículos/día.

Aplicando un crecimiento anual del 1.44%, conforme a la Orden FOM/3317/2010, se obtiene una IMD para el año 2021, considerado como año de puesta en servicio, de 22,400 vehículos/día, con un porcentaje de pesados del 17.9%, obtenido de la estación de aforo V-213-3. Posteriormente, se determina la intensidad media en vehículos ligeros equivalentes mediante la metodología del HCM 2010, considerando una intensidad horaria del 10% de la IMD. De este modo, se obtiene una intensidad de 2,689 veh.lig.eq/hora y un nivel de servicio F, con una velocidad de flujo libre de 96 km/h.

12.3. Evaluación de mejora

Como resultado de la actuación se obtiene un carril de desaceleración adicional en la vía colectora, tal y como se presenta en la Figura 219. Esta intervención implica la adición de un carril en el cálculo de la intensidad media en vehículos ligeros equivalentes por hora y carril, pasando de 2,763 veh.lig.eq/hora, con nivel de servicio F, a 1,382 veh.lig.eq/hora, con nivel de servicio C.

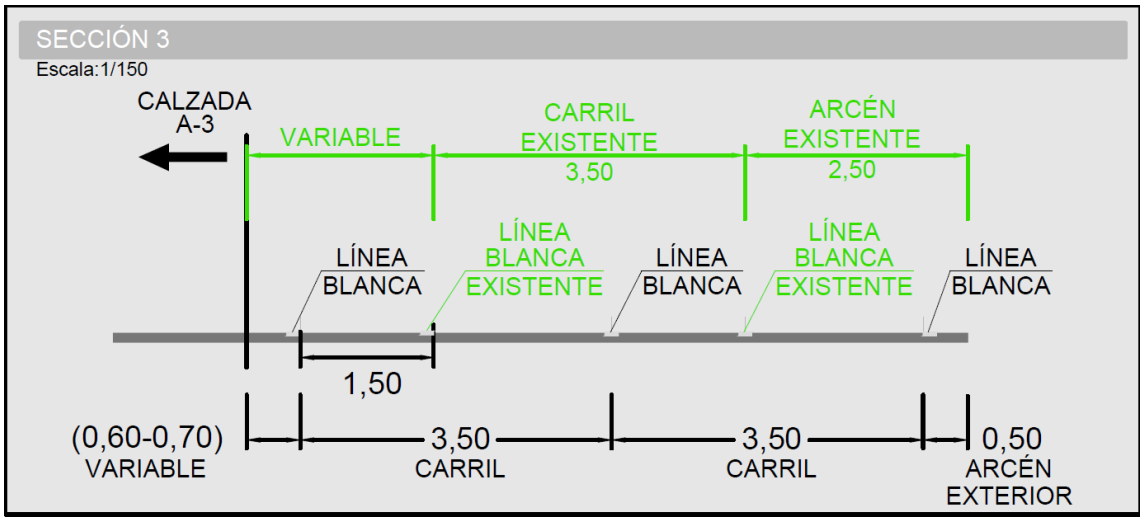

Figura 219 Sección 3, Planta general sobre cartografía, Nº de plano 2.5.1, hoja 4 de 7 (Fuente Proyecto 33-V-7500 [21]*)*

En relación con el análisis de tráfico desarrollado en el apartado 6, las principales diferencias radican en la definición de la hora media y en los datos de partida. El proyecto constructivo considera la hora media como el 10% de la IMD, mientras que en el presente análisis funcional se adopta la distribución horaria real de la estación de la A-3, obteniéndose un valor máximo del 7.5%. Por otro lado, la IMD considerada en el presente análisis es un 16.5% superior a la empleada en el proyecto constructivo. Como resultado de ambas consideraciones, la hora de máxima demanda del proyecto constructivo resulta un 13% superior a la obtenida en este estudio.

Tomando las hipótesis del proyecto constructivo para la determinación de la hora de máxima demanda, se obtiene un nivel de servicio D a partir del año 2029 con la actuación ejecutada. No obstante, considerando la velocidad de señalización del tramo del carril de desaceleración, fijada en 80 km/h (Ver Figura 220), y las dimensiones ajustadas de los arcenes interior y exterior, se determina que los niveles de servicio pasan a ser E a partir de dicho año.

Figura 220 Señalización vertical en tramo de actuación en mayo del 2025 (Fuente Google Earth)

Adicionalmente, el cuello de botella identificado en la descripción del problema puede desplazarse aguas abajo, hacia la bifurcación de los ramales. Aun así, se constata una mejora en la capacidad de almacenamiento de colas en la zona de actuación. Este resultado es coherente con el análisis realizado en el apartado 7.4, donde se determinó que la mayoría de los accidentes en la calzada ascendente de la A-3 se concentran en la zona del carril de desaceleración y aguas arriba a este, así como que el 52% de los accidentes corresponden a colisiones por alcance, reforzando la coherencia entre la actuación proyectada y la problemática de seguridad vial identificada.

12.4. Relación con las alternativas propuestas

La actuación analizada resulta coherente con los problemas identificados en el presente estudio, en el que se determinó que los movimientos Madrid–Alicante y Madrid–Barcelona se encuentran entre los más demandantes del enlace. Asimismo, el proyecto reconoce que la capacidad no se agota inicialmente en los ramales, sino en los carriles de desaceleración asociados a estos, lo cual coincide con los resultados del análisis funcional desarrollado.

La medida propuesta, consistente en la duplicación de los carriles de entrada a la vía colectora, responde adecuadamente a dicha problemática, al incrementar la capacidad de almacenamiento y reducir el riesgo de propagación de colas hacia el tronco de la autovía. No obstante, el propio análisis de capacidad pone de manifiesto que esta actuación no elimina de forma definitiva los problemas de congestión, ya que el elemento vuelve a presentar niveles de servicio de congestión en torno al año 2029, lo que supone un margen de mejora aproximado de 8 años desde el horizonte de puesta en servicio considerado en el proyecto.

En este contexto, puede interpretarse que el proyecto constructivo es afín a la alternativa 2 planteada en el presente trabajo, actuando como una solución de corto plazo que permite posponer la ejecución de actuaciones de mayor envergadura. De este modo, la actuación en fase de licitación no contradice las conclusiones del análisis multicriterio realizado, sino que refuerza la necesidad de planificar soluciones estructurales a medio y largo plazo para garantizar el funcionamiento adecuado del enlace.

13. CONCLUSIONES

Como resultado del presente Trabajo Fin de Máster se ha llevado a cabo un análisis funcional del enlace entre las autovías A-7 y A-3, poniendo de manifiesto su elevada importancia estratégica dentro de la red viaria del entorno metropolitano de Valencia y como conexión de la provincia con ámbito el nacional. El estudio ha permitido caracterizar los elevados flujos de tráfico que soporta el enlace, obtenidos a partir de las estaciones de aforo del Mapa de Tráfico del Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible y complementados con jornadas de aforo específicas en cada uno de los ramales luego de una valoración y ajuste de los datos. Asimismo, se ha analizado su inserción en un entorno dominado por polígonos industriales con una elevada proporción de tráfico pesado, así como las actuaciones previas desarrolladas para priorizar los movimientos de largo recorrido Madrid–Barcelona y Barcelona–Madrid. Para el desarrollo del análisis funcional se ha aplicado la metodología del Highway Capacity Manual (HCM 2016), evaluando de forma diferenciada las distintas calzadas, salidas, entradas y la influencia de los enlaces adyacentes.

El análisis funcional ha permitido destacar la importancia de las vías colectoras como elemento de mitigación de las perturbaciones sobre los troncos principales de las autovías. Se han evaluado las características geométricas de los distintos elementos del trazado, determinando sus velocidades específicas y las limitaciones que estas imponen sobre el funcionamiento del enlace. Asimismo, se ha llevado a cabo la clasificación de los ocho ramales existentes y la estimación de sus capacidades teóricas en función de su tipología y velocidad específica, de acuerdo con los criterios establecidos en la Guía de Nudos Viarios.

El estudio del funcionamiento de las autovías A-7 y A-3, analizadas de forma independiente por calzadas, ha permitido identificar patrones similares en la distribución diaria del tráfico. Las cuatro calzadas presentan tres picos diarios claramente definidos, que representan entre el 6.7% y el 7.5% de la Intensidad Media Diaria en la hora de máxima demanda. En las calzadas de la A-7 y de la A-3 en sentido Madrid–Valencia, las horas de máxima demanda coinciden entre ellas, pero en la calzada Valencia–Madrid de la A-3 se observa un predominio claro del pico de la mañana.

El análisis de confiabilidad realizado mediante la herramienta Freeval, incorporando los factores de accidentalidad y climatología para la generación de distintos escenarios, ha permitido evaluar el comportamiento operativo en condiciones no recurrentes. En la A-7, la calzada ascendente presenta niveles de servicio comprendidos entre A y C, siendo los elementos más exigidos el ramal de salida y el tramo inmediatamente aguas arriba de este. La calzada descendente presenta niveles de servicio entre A y D, destacando como tramos más críticos el tramo aguas arriba del ramal de salida y el ramal de entrada, que opera el 50% del tiempo en nivel de servicio C. En la autovía A-3, la calzada ascendente presenta una mayor holgura funcional al disponer de cuatro carriles, con niveles de servicio entre A y C, mientras que la calzada descendente presenta niveles de servicio entre A y D, fundamentalmente en las zonas de influencia de los ramales.

De forma complementaria, el análisis específico de los ramales de entrada y salida, considerando la interacción con los ramales adyacentes, ha permitido identificar con mayor precisión los puntos de mayor vulnerabilidad funcional del enlace. Se ha determinado que el ramal de salida de la A-7 en sentido ascendente opera en nivel de servicio D durante el 30% del día, mientras que el ramal de entrada a la A-7 en sentido descendente presenta niveles de servicio D el 30% del tiempo y E el 20% del tiempo. La autovía A-3, en términos generales, no presenta problemas significativos de funcionamiento, salvo en el carril de desaceleración del ramal de salida en sentido ascendente, donde se identifica un cuello de botella que supera la capacidad y alcanza nivel de servicio F. El análisis de la accidentalidad pone de manifiesto una concentración de accidentes en las zonas de influencia de los ramales, siendo los alcances el tipo de siniestro predominante, con un 43% del total registrado.

Las proyecciones de demanda realizadas conforme a los criterios de crecimiento establecidos en la Orden FOM/3317/2010 evidencian una progresiva degradación de los niveles de servicio en los troncos como consecuencia de la influencia de los ramales, especialmente en los ramales de salida de la A-7 en ambas direcciones y en el ramal de entrada de la A-3 en sentido descendente. En el análisis detallado de los ramales, la degradación resulta más acusada, alcanzándose niveles de servicio F en el año 2029 en el ramal de entrada de la A-7 en sentido descendente. El cuello de botella identificado en el carril de desaceleración de la A-3 en sentido ascendente se intensifica con el crecimiento del tráfico. En el año 2034 se alcanzan niveles de servicio E y F en tres de

los cuatro ramales de salida y en dos de los cuatro ramales de entrada, lo que pone de manifiesto una situación de saturación funcional del enlace, coherente con las capacidades teóricas determinadas y que justifica la necesidad de plantear alternativas de mejora.

En este contexto, se han propuesto tres alternativas de mejora, analizadas junto con la alternativa 0 desde criterios ambientales, funcionales, de afecciones territoriales y económicos. Las alternativas planteadas corresponden a soluciones tipo biela, con secciones transversales de dos carriles por sentido y calzadas separadas en las alternativas 1 y 3, y un carril por sentido en la alternativa 2, concebida con posibilidad de duplicación futura. Para cada alternativa se ha evaluado su capacidad y se ha justificado la sección transversal adoptada en función de los flujos previstos. La alternativa 1 resuelve de forma directa dos de los tres movimientos con mayor demanda, la alternativa 2 actúa sobre uno de los movimientos más solicitados, mientras que la alternativa 3 aborda los tres movimientos. No obstante, la configuración de la alternativa 3 genera perturbaciones significativas en los troncos principales, induciendo situaciones de congestión generalizada en el enlace. Tras la evaluación multicriterio, se selecciona la alternativa 1 como la más adecuada, si bien se concluye que las alternativas 1 y 2 no son excluyentes, planteándose una priorización de la alternativa 1 sobre la 2, al considerarse ambas necesarias para incrementar la capacidad y mejorar el funcionamiento del enlace frente al crecimiento progresivo de la demanda.

Finalmente, se ha analizado un proyecto constructivo actualmente en licitación por parte de la administración, identificándose que este actúa sobre el cuello de botella detectado en el ramal de salida de la calzada ascendente de la A-3. El análisis funcional de dicha actuación permite estimar una mejora del nivel de servicio hasta valores aceptables durante aproximadamente ocho años desde la fecha de redacción del proyecto (2021). No obstante, para el año horizonte 2029 vuelven a registrarse niveles de servicio E en la zona de actuación, lo que confirma su carácter de medida a corto plazo y refuerza la necesidad de considerar alternativas de mayor envergadura, como las planteadas en el presente TFM, para garantizar la funcionalidad del enlace a medio y largo plazo.

Valencia, febrero del 2026

Luis Gabriel Buitrago P.

Fdo. Luis Gabriel Buitrago Pinzón

14. BIBLIOGRAFIA

[1] Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG) / Instituto Geográfico Nacional (IGN), "Límites municipales, provinciales y autonómicos de España (shapefile)," 2025, *CNIG / IGN*. [Online]. Available: https://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/limites-municipales-provinciales-autonomicos

[2] Ayuntamiento de Riba-roja de Túria, "Modificaciones puntuales del PGOU - Riba-roja de Túria," 2025, *DOGV, Riba-roja de Túria*. [Online]. Available: http://www.ribarroja.es/plan_general_de_ordenacion_urbana/modificaciones_puntuales_del_pgou

[3] Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible, "AP-7 Tarragona-Valencia-Alicante," 2025. [Online]. Available: https://www.transportes.gob.es/carreteras/peajes-dependientes-de-la-age2/ap7-tarragona-valencia-alicante

[4] ineco, "General de Carreteras por la que se aprueba provisionalmente el anteproyecto: 'Adecuación, reforma y conservación de la autovía A-3 de Levante. Tramo: Madrid (M-30)-L.P. Cuenca' y se ordena la incoación del expediente de información pública a los efectos ," *Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible*. [Online]. Available: https://www.transportes.gob.es/el-ministerio/buscador-participacion-publica/general-de-carreteras-por-la-que-se-aprueba-provisionalmente-el-anteproyecto-adecuacion-reforma-y-conservacion-de-la-autovia-3-de-levante-tramo-madrid-m-30

[5] Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible, "Norma 3.1-IC: Trazado.," Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible, Gobierno de España, 2020. [Online]. Available: https://www.transportes.gob.es/recursos_mfom/comodin/recursos/pdfhandler.pdf

[6] E. D. G. de Carreteras, *Guía de nudos viarios: Orden Circular 32/2012*. Ministerio de Fomento / Centro de Publicaciones, 2012. [Online]. Available: https://www.mitma.es/recursos_mfom/0410081.pdf

[7] "MAGNA 50 – Hoja 721 (CHESTE). Mapa geológico de España 1:50.000 ," 2005, *IGME-CSIC* . [Online]. Available: https://info.igme.es/cartografiadigital/geologica/Magna50Hoja.aspx?Id=721

[8] Secretaría de estado de transportes; Secretaría general de transporte terrestre; Dirección general de carreteras, "Mapa de tráfico 2023," 2024. [Online]. Available: https://mapadetrafico.transportes.gob.es/

[9] Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible, "Criterios técnicos del Mapa de Tráfico 2024," Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible, Madrid, 2024. [Online]. Available: https://www.transportes.gob.es/carreteras/nuestra-red/movilidad

[10] J. D. Zegeer, M. A. Vandehey, M. Blogg, K. Nguyen, and M. Ereti, "NCHRP Report 599: Default Values for Highway Capacity and Level of Service Analyses," Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C., 2008.

[11] L. A. Elefteriadou, "The highway capacity manual 6th edition: A guide for multimodal mobility analysis," *Ite J.*, vol. 86, no. 4, 2016.

[12] National Oceanic and Atmospheric Administration, "National Centers for

Environmental Information (NCEI).” Accessed: Jun. 01, 2026. [Online]. Available: https://www.ncei.noaa.gov/

[13] D. G. de T. (DGT), “Ficheros de microdatos de accidentes con víctimas 2024.” Accessed: Jan. 06, 2026. [Online]. Available: https://www.dgt.es/menusecundario/dgt-en-cifras/dgt-en-cifras-resultados/dgt-en-cifras-detalle/Ficheros-de-microdatos-de-accidentes-con-victimas-2024/

[14] L. Trask, B. Aghdashi, B. Schroeder, and N. Rouphail, *FREEVAL 2015e Users Guide*. NC: NC State University, 2015. [Online]. Available: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://freeval.org/docs/FREEVAL_2015e_User_Guide_Final.pdf

[15] Diputación de Valencia-Área de Carreteras, “Libro de aforos 2024,” 2025.

[16] Generalitat Valenciana and Institut Cartográfic Valencià, “Visor de Cartografía-Generalitat Valenciana.” Accessed: Dec. 27, 2025. [Online]. Available: https://visor.gva.es/visor/?extension=734251,4294876,774412,4313128&nivelZoom=12&capasids=Imagen;,Calidad_Aguas;12,Calidad_Aguas;11,Calidad_Aguas;10,Calidad_Aguas;9,Calidad_Aguas;8,Calidad_Aguas;6&tcapas=1.0,1.0,1.0,1.0,1.0,1.0,1.0&idioma=es

[17] G. López Maldonado, “Análisis y estimación de la siniestralidad - Material de clases Gestión del tráfico y la seguridad vial,” 2025, *no publicado, Valencia - España*.

[18] Generalitat Valenciana and Conselleria de Vivienda y Arquitectura, “Base de datos de contrucción - Instituto Valenciano de la edificación,” 2025, *Generalitat Valenciana PP - Valencia, España*. [Online]. Available: https://bdc.f-ive.es/BDC25/3

[19] K. Zhang, S. Batterman, and F. Dion, “Vehicle emissions in congestion: Comparison of work zone, rush hour and free-flow conditions,” *Atmos. Environ.*, vol. 45, no. 11, pp. 1929–1939, 2011, doi: https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2011.01.030.

[20] S. A. C. . Jayasooriya and Y. Bandara, *Measuring the Economic costs of traffic congestion*. 2017. doi: 10.1109/MERCon.2017.7980471.

[21] MS INGENIEROS SL, “Proyecto constructivo: Prolongación de carril y ampliación de la plataforma de la A-3 a la A-7 (by-pass), PP.KK. 337 al 340, ramal de salida de la A-3, en margen derecha.,” 2021, *Dirección General de Carreteras – Demarcación de carreteras del estado en la comunidad Valenciana, Riba-roja de Túria*.