



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ETS INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS

TRABAJO DE FIN DE MASTER

Análisis de la demanda ciclista y propuesta de una metodología para su caracterización en carreteras convencionales. Desarrollo de un mapa de tráfico de ciclistas en el entorno de las carreteras CV-333, CV-25, CV-331 y CV-305 (provincia de Valencia).

Presentado por

Córdoba Baviera, Ramón

Para la obtención del

Master en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos

Curso: 2018/2019

Fecha: Septiembre 2019

Tutor: López Maldonado, Griselda

Cotutor: López Maldonado, Griselda



ÍNDICE

1. RESUMEN.....	10
2. RESUM	11
3. ABSTRACT	12
4. ANTECEDENTES.....	13
5. INTRODUCCIÓN	14
5.1 EL CICLISMO RECREATIVO Y DE COMPETICIÓN EN ESPAÑA	17
5.2 SINIESTRALIDAD CICLISTA EN VÍAS INTERURBANAS	20
6. ESTADO DEL ARTE.....	26
6.1 INTRODUCCIÓN	26
6.2 INTENSIDAD MEDIA DIARIA.....	27
6.3 ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA CICLISTA.....	33
6.3.1 METODOLOGÍAS PARA EL CONTEO DE USUARIOS VULNERABLES.....	34
6.3.2 CONTEOS CONTINUOS.....	35
6.3.3 CONTEOS DE CORTA DURACIÓN	41
6.3.4 COMBINACIÓN DE CONTEOS DE LARGA DURACIÓN Y CONTEOS DE CORTA DURACIÓN	41
6.4 METODOLOGÍAS PARA EL AFORO CICLISTA	42
6.5 OBTENCIÓN DE DATOS MEDIANTE GPS	51
6.6 NORMATIVA EXISTENTE	58
6.6.1 REGLAMENTO GENERAL DE CIRCULACIÓN	59
6.6.2 ORDENANZA DE CIRCULACIÓN DE VALENCIA	60
6.7 CONCLUSIONES DEL ESTADO DEL ARTE	60
7. OBJETIVOS E HIPÓTESIS.....	62
7.1 OBJETIVOS	62
7.2 HIPÓTESIS	62
8. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL.....	64
8.1 TRABAJO DE CAMPO.....	64
8.1.1 DISEÑO DE LA TOMA DE DATOS.....	64
8.2 STRAVA	68
8.2.1 TERMINOLOGÍA DE STRAVA	69
8.2.2 SEGMENTOS	72
8.2.3 STRAVA COMO APLICACIÓN EN INVESTIGACIÓN EN EL ÁMBITO CICLISTA ..	73
8.3 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL.....	74

8.3.1 VOLUMEN DE CICLISTAS REAL	75
8.3.2 VOLUMEN DE CICLISTAS STRAVA	83
8.3.3 CREACIÓN DE LA BASE DE DATOS	93
8.3.4 ZONAS DE ESTUDIO Y PUNTOS DE OBSERVACIÓN	95
8.4 ZONAS DE ESTUDIO	96
8.4.1 ZONA 1 – BÉTERA	97
8.4.2 ZONA 2 – SALER	99
8.4.3 ZONA 3 – MONTSERRAT	100
8.5 PUNTOS DE OBSERVACIÓN.....	101
8.5.1 PUNTO P1 – SEGMENTOS CV333 39.642 -0.497 A / CV333 39.642 -0.497 D. ZONA DE ESTUDIO 1 – BÉTERA	101
8.6 CALENDARIO DE TOMA DE DATOS	103
8.7 REPRESENTATIVIDAD DE STRAVA.....	104
8.7.1 DENSIDAD DE LA DEMANADA CICLISTA	105
8.7.2 COEFICIENTE SUR.....	109
8.8 MODELO PREDICTIVO DE LA DEMANDA CICLISTA	109
8.8.1 COEFICIENTE SUR.....	109
8.8.2 FACTORES DE AJUSTE	110
8.8.3 VALIDACIÓN DEL MODELO	113
8.9 VARIACIÓN TEMPORAL DE LA DEMANDA	115
8.9.1 VARIACIÓN HORARIA.....	116
8.9.2 VARIACIÓN DIARIA.....	116
8.9.3 VARIACIÓN MENSUAL	116
9. RESULTADOS Y ANÁLISIS	117
9.1 DENSIDAD CICLISTA	117
9.1.1 VENTANA DESLIZANTE DEMANDA CICLISTA REAL	119
9.1.2 VENTANA DESLIZANTE DEMANDA CICLISTA DE STRAVA	121
9.2 REPRESENTACIÓN DE LA DEMANDA CICLISTA	123
9.2.1 COMPARACION DE LA DEMANDA CICLISTA REAL Y LA DEMANDA CICLISTA DE STRAVA	123
9.3 COEFICIENTE SUR.....	126
9.3.1 ZONA 1: BÉTERA	127
9.3.2 ZONA 2: EL SALER	129
9.3.3 ZONA 3: MONSERRAT	131
9.4 VALIDACIÓN.....	133

9.4.1 VALIDACIÓN MODELO PREDICTIVO DE LA IMD CICLISTA MEDIANTE COEFICIENTE SUR.....	133
9.4.2 VALIDACIÓN MODELO PREDICTIVO DE LA IMD CICLISTA MEDIANTE FACTORES DE AJUSTE	135
9.5 ANÁLISIS VARIACIÓN TEMPORAL	137
9.5.1 VARIACIÓN HORARIA.....	137
9.5.2 VARIACIÓN DIARIA.....	138
9.5.3 VARIACIÓN MENSUAL	139
9.6 DISCUSIÓN	139
9.6.1 REPRESENTATIVIDAD DE STRAVA.....	140
9.6.2 RELACIÓN LINEAL ENTRE LA DEMANDA DE STRAVA Y LA DEMANDA CICLISTA REAL	141
9.6.3 MODELOS DE OBTENCIÓN DE LA DEMANDA CICLISTA	143
10. APLICACIÓN PRÁCTICA	146
10.1 MAPAS DE TRÁFICO EN ZONA 1: BÉTERA.....	147
10.2 MAPAS DE TRÁFICO EN ZONA 2: EL SALER.....	148
10.3 MAPAS DE TRÁFICO EN ZONA 3: MONSERRAT	148
10.4 PROPUESTA DE MEJORA 1: CARRETERA CV-333 I22 TRAMO 2.....	149
10.4.1 ACTUACIÓN P.K. 0+000	150
10.4.2 ACTUACIÓN P.K. 1+000	152
10.4.3 ACTUACIÓN P.K. 1+650	154
10.4.3 CONCLUSIÓN	155
10.5 PROPUESTA DE MEJORA 2: CARRETERA CV-500 G26 TRAMO 3	155
10.5.1 CONCLUSIÓN	158
11. CONCLUSIONES.....	160
11.1 EL USO DE STRAVA	160
11.2 MODELOS PREDICTIVOS DE LA DEMANDA CICLISTA.	161
11.2.1 MODELO PREDICTIVO MEDIANTE EL COEFICIENTE SUR	162
11.2.2 MODELO PREDICTIVO MEDIANTE FACTORES DE AJUSTE	162
11.3 VARIACIÓN TEMPORAL DE LA DEMANDA CICLISTA	163
11.4 LIMITACIÓN DE DATOS	164
12. POSIBLES LINEAS DE INVESTIGACIÓN FUTURAS.....	166
13. AGRADECIMIENTOS	167
14. CONCLUSIÓN	168
15. REFERENCIAS	169
16. ANEJOS.....	172

ÍNDICE DE ANEJOS

<u>1. ANEJO 1: PUNTOS DE OBSERVACIÓN</u>	173
<u>2. ANEJO 2: DENSIDAD CICLISTA</u>	230
<u>3. ANEJO 3: RESULTADOS CÁLCULO ADDB</u>	244
<u>4. ANEJO 4: VALIDACIÓN DE LOS MODELOS DE PREDICCIÓN DE LA IMD CICLISTA</u>	278
<u>5. ANEJO 5: MAPAS DE TRÁFICO</u>	279

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1 Longitud total de carreteras por comunidad autónoma y titularidad. (Observatorio del Transporte y la Logística en España (OTLE), 2017)	14
Fig. 2 Evolución del parque de vehículos y número de accidentes con víctimas en vías interurbanas (DGT,2018)	15
Fig. 3 Personas que practicaron deporte semanalmente según modalidades más frecuentes. (Encuesta de Hábitos Deportivos en España, 2018)	16
Fig. 4 Porcentaje de personas con equipamientos deportivos (Encuesta de Hábitos Deportivos en España).....	19
Fig. 5 Histórico de licencias federativas de ciclismo. (Encuesta de Hábitos Deportivos en España)	19
Fig. 6 Evolución de los accidentes con víctimas en España 2008-2013. (Martí-Belda et al., 2016)	20
Fig. 7 Fallecidos y heridos hospitalizados ciclistas (DGT,2017)	21
Fig. 8 Fallecidos ciclistas. Uso del casco. 2007-2016. Vías interurbanas (DGT, 2017) ...	22
Fig. 9 Porcentaje de ciclistas fallecidos y heridos hospitalizados sobre el total de fallecidos y heridos hospitalizados. 2016 (DGT, 2016).....	22
Fig. 10 Evolución anual accidentalidad ciclista. periodo: 2012 - 2016. La Protección de las personas usuarias de la bicicleta en la Comunitat Valenciana. (DOGV, 2017)	23
Fig. 11 Comparativa anual nº ciclistas implicados en accidentes. periodo: 2012 – 2016. La Protección de las personas usuarias de la bicicleta en la Comunitat Valenciana. (DOGV, 2017).....	23
Fig. 12 Fallecidos y heridos hospitalizados ciclistas según día de la semana y hora del accidente. comunidad valenciana 2014-2016. (GVA,2017)	24
Fig. 13 Accidentes en función del factor concurrente. (Análisis de la siniestralidad en ciclistas 2008-2013, 2014)	24
Fig. 14 Accidentes en función del factor concurrente y tipo de vía. (Análisis de la siniestralidad en ciclistas 2008-2013, 2014)	25
Fig. 15 Accidentes en función del factor concurrente y tipo de accidente. (Análisis de la siniestralidad en ciclistas 2008-2013, 2014)	25
Fig. 16 Mapa conceptual de la metodología del diseño de un programa de monitoreo de tráfico. (TMG, 2013)	35
Fig. 17 Proceso de un programa de un conteo continuo. (TMG, 2013).....	37
Fig. 18 Tabla resumen para escoger la tecnología de conteo adecuada. (TMG, 2013) .	43
Fig. 19 Izquierda: Ejemplo de detector de bucle de inducción para conteo de ciclistas. (Jeff Bunker, City of Boulder.). Derecha: Ejemplo de detector de bucle de inducción para conteo de ciclistas. (Turner et al., 2007).....	44
Fig. 20 Ejemplos de sensores infrarrojos pasivos vs. activos (Ryus et al., 2017)	45
Fig. 21 Magnetómetro inalámbrico instalado (FHWA-HRT-08-001, 2007).....	45
Fig. 22 Ejemplo de configuración de tubo neumático para el conteo direccional del tráfico de bicicletas (Jean-Francois Rheault, Eco-Counter).....	46
Fig. 23 Ejemplos de sensores de presión sobre un suelo natural (Jean-Francois Rheault, Eco-Counter.).....	46
Fig. 24 Ejemplo de procesamiento de imágenes de vídeo. (Malinovskiy et al., 2009) ..	47
Fig. 25 Muestra de población que utiliza tecnología wearable. (Nielsen, 2014)	49

Fig. 26 Transpondedor RFID	50
Fig. 27 Esquema de la red de satélites (Nasa ,2012 b)	51
Fig. 28 Ejemplo del método matemático la trilateración (NASA, 2012 a)	52
Fig. 29 Mapa de calor. (Harvey et al., 2007).....	53
Fig. 30 Comparación entre el estudio de The Swiss Microcensus on Travel Behaviour (MZ) y el de (Schuessler et al., 2009). (Schuessler et al., 2009)	55
Fig. 31 Mapa de calor. (Menghini et al., 2010).....	56
Fig. 32 Aplicación Cycle Tracks (Charlton et al., 2010)	57
Fig. 33 Correcto adelantamiento de un vehículo a motor a un ciclista. (RACE, 2017) ..	60
Fig. 34 Cámara Virb Elite de Garmin.....	65
Fig. 35 Cámara Nikon KeyMission 360	66
Fig. 36 Elementos soporte cámara Garmin Virb Elite	67
Fig. 37 Trípodes para soporte de cámaras	67
Fig. 38 Logo de la aplicación Strava	68
Fig. 39 Marcas compatibles con Strava	69
Fig. 40 Actividad realizada en Strava	70
Fig. 41 Segmento creado en Strava	70
Fig. 42 Tabla de posiciones de un segmento en Strava.....	71
Fig. 43 Filtros tabla de posiciones de un segmento en Strava	71
Fig. 44 Explorar segmento en Strava	73
Fig. 45 Proceso de metodología experimental.....	75
Fig. 46 Preparación de la toma de datos en la glorieta G14	77
Fig. 47 Cámaras preparadas en la intersección I22	78
Fig. 48 Aforo manual aleatorio en la glorieta G9	78
Fig. 49 Interfaz del programa en la tablet	80
Fig. 50 Grabación glorieta G24 mediante el mástil y una cámara Virb.....	81
Fig. 51 Logo del programa Kinovea	82
Fig. 52 Visualización de la grabación en la rotonda G14.....	82
Fig. 53 Hoja de cálculo con las variables recogidas.	83
Fig. 54 Mapa de calor de Strava	84
Fig. 55 Creación de un segmento en Strava	85
Fig. 56 Ejemplo de programación del lenguaje Python.....	86
Fig. 57 Logo del programa informático ArcGis	88
Fig. 58 Interfaz de la herramienta “Get Strava Data” en ArcGis para extraer datos de Strava.....	89
Fig. 59 Interfaz de la herramienta “Gett anual Data and Factors” en ArcGis para extraer datos de Strava	91
Fig. 60 Zonas de estudio	97
Fig. 61 Zona de estudio 1: Bétera	98
Fig. 62 Zona de estudio 2: El Saler	99
Fig. 63 Zona de estudio 3: Monserrat	100
Fig. 64 Segmento P1_A en Strava.....	102
Fig. 65 Segmento P1_D en Strava.....	103
Fig. 66 Mapa conceptual cálculo de la representatividad de Strava y del modelo predictivo de la demanda ciclista.	104
Fig. 67 Comparación demanda real y demanda de Strava en el Punto 1 de la zona ...	105
Fig. 68 Ejemplo del método de la ventana deslizante	106

Fig. 69 Ciclistas identificados en el punto de observación 5	107
Fig. 70 Ciclistas identificados en el punto de observación 1	107
Fig. 71 Ciclistas identificados en el punto de observación 3	108
Fig. 72 Densidad ciclista P1_A	119
Fig. 73 Densidad ciclista P1_D	120
Fig. 74 Densidad ciclista P3_A	120
Fig. 75 Densidad ciclista P3_D	121
Fig. 76 Densidad ciclista P1_A	122
Fig. 77 Densidad ciclista P3_D	123
Fig. 78 Comparativo de densidades ciclistas entre lo observado y Strava.....	125
Fig. 79 Relación coeficiente Sur Zona 1: Bétera	127
Fig. 80 Coeficiente SUR frente demanda real Zona 1: Bétera	128
Fig. 81 Relación coeficiente Sur Zona 2: El Saler	130
Fig. 82 Coeficiente SUR frente demanda real Zona 2: El Saler	130
Fig. 83 Relación coeficiente Sur Zona 3: Monserrat.....	132
Fig. 84 Coeficiente SUR frente demanda real Zona 3: Monserrat	133
Fig. 85 Error absoluto de la intensidad ciclista en la I22	134
Fig. 86 Error absoluto de la intensidad ciclista según estación en la I22	135
Fig. 87 Distribución de la intensidad ciclista en los segmentos estudiados.....	137
Fig. 88 Representación distribución horaria de intensidad ciclistas del segmento S1 de la G9.....	138
Fig. 89 Representación distribución horaria de intensidad ciclistas del segmento E3 de la G26.....	138
Fig. 90 Representación distribución horaria de intensidad ciclistas del segmento S4 de la G26.....	139
Fig. 91 Localización de los conteos realizados en la ciudad de Austin, Texas. (Griffin et al., 2013)	140
Fig. 92 Localización de los conteos realizados en la ciudad de Londres (Haywort, 2016)	141
Fig. 93 Localización de los conteos realizados en la ciudad de Victoria, Canadá. (Jestico et al.,2016).....	142
Fig. 94 Clasificación de las intensidades ciclistas en la ciudad de Boulder, Colorado. (Nordback et al., 2012)	143
Fig. 95 Error absoluto obtenido en la estimación de la IMD ciclista en la ciudad de Boulder, Colorado. (Nordback et al., 2012).....	144
Fig. 96 Distribución horaria de la intensidad ciclista y de vehículos a motor en el tramo 2 de I22	149
Fig. 97 Estado actual intersección I22.	150
Fig. 98 Estado de la vía tras la medida de actuación.....	151
Fig. 99 Recorrido por los ciclistas para acceder a la CV-333	151
Fig. 100 Glorieta en el P.K. 1+000 de la CV-333	152
Fig. 101 Propuesta de señal indicadora para la glorieta del P.K. 1+000 de la CV-333.	153
Fig. 102 Estado de la vía tras la aplicación de la medida de mejora para la glorieta del P.K. 1+000 de la CV-333.....	154
Fig. 103 Glorieta en el P.K. 1+650 de la CV-333	154
Fig. 104 Distribución horaria de la IMD vehículos a motor en el tramo 3 de G26.....	156
Fig. 105 Distribución horaria de la IMD ciclista en el segmento E3 de G26.....	157

Fig. 106 Señalización recomendada para apartadero ciclista	158
Fig. 107 Diseño geométrico de los apartaderos ciclistas (Ministerio de Fomento, 2016)	158
Fig. 108 Base secreta militar de E.E.U.U. descubierta por el uso de Strava.....	164

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Porcentaje de la población que práctica deporte.(Encuesta de Hábitos Deportivos en España).....	18
Tabla 2. Resultado de la herramienta “Gett anual Data and Factors” obteniendo el Hour of Day Factors para la estación de primavera de la intersección IA2f del a Zona 1	92
Tabla 3. Usuarios registrados en el segmento S1 de la glorieta G14	93
Tabla 4. Usuarios registrados en el segmento S1 de la glorieta G14	94
Tabla 5. Usuarios registrados en el segmento S1 de la intersección I22	94
Tabla 6. Comparación entre ciclistas registrados en Strava y observados en el video en el segmento S1 de la intersección I22	95
Tabla 7. Número de tramos y segmentos creados en las zonas de estudio.	97
Tabla 8. Calendario toma de datos de la Zona 1: Bétera	99
Tabla 9. Calendario toma de datos de la Zona 2: El Saler	100
Tabla 10. Calendario toma de datos de la Zona 3: Monserrat	101
Tabla 11. Segmentos creados en Strava.....	101
Tabla 12. Características carretera P1	102
Tabla 13. Características segmento P1_A	102
Tabla 14. Características segmento P1_D	102
Tabla 15. Agrupación de los meses en estaciones	103
Tabla 16. Calendario de toma de datos.....	104
Tabla 17. Cálculo de desfase temporal entre puntos observados y Strava	108
Tabla 18. Tomas de datos para validación del modelo de predicción de la IMD ciclista mediante el Coeficiente SUR en la I22	113
Tabla 19. Tomas de datos para validación del modelo de predicción de la IMD ciclista mediante factores de ajuste.....	114
Tabla 20. Resultados obtenidos en los puntos de observación tras la toma de datos del día 12 de noviembre.....	118
Tabla 21. Media y desviación típica del coeficiente SUR Zona 1:Bétera.....	129
Tabla 22. Media y desviación típica del coeficiente SUR Zona 2: El Saler.....	131
Tabla 23. Resultados obtenidos en los puntos de observación para validar el modelo predictivo.....	134
Tabla 24. Error absoluto del factor de ajuste horario calculado en los tramos estudiado	136
Tabla 25. Representatividad de Strava.....	140
Tabla 26. Coeficiente de Pearson	141
Tabla 27. Características carreteras zona 1: Bétera	146
Tabla 28. Características carreteras zona 2: El Saler	146
Tabla 29. Características carreteras zona 3: Monserrat.....	147

1. RESUMEN

El presente TFM consiste en el estudio de la demanda de ciclistas en carreteras convencionales, con una doble finalidad: desarrollar una metodología para la estimación de la demanda ciclista, y analizar si las bases de datos que ofrecen las aplicaciones informáticas web, que utilizan los ciclistas para registrar sus recorridos, son suficientemente representativas de la realidad. De este modo, se pretende determinar si utilizando únicamente las intensidades de ciclistas de estas plataformas informáticas es posible estimar la IMD de ciclistas en carreteras convencionales; con el objetivo de poder extrapolar el uso de estos datos, cuando sea necesario llevar a cabo estudios de diversa índole.

Para el estudio se utilizará la aplicación informática web STRAVA, ya que de las existentes actualmente, es utilizada por un gran número de usuarios. Además, para contrastar los resultados, se utilizarán datos de aforos manuales tomados en el ámbito de estudio; el cual se ha centrado en las carreteras CV-333, CV-25, CV-331, CV-305, CV-328, CV-500, CV-502, N-332, CV-424, CV-416, CV-422 y CV-435 pertenecientes a la provincia de Valencia.

Se va a estudiar la relación existente entre ambas fuentes de datos, determinando si la demanda de ciclistas extraída de la aplicación STRAVA es representativa de la obtenida en la toma de datos manual y por tanto si es posible su uso para la estimación de la IMD de ciclistas en carreteras convencionales. A partir de las conclusiones anteriores se desarrollarán dos modelos predictivos para la obtención de la demanda de ciclistas en carreteras convencionales, haciéndose un estudio de estos. De esta forma, se establecerá una metodología para la caracterización de la demanda ciclista en carreteras convencionales, hasta ahora inexistente. Para la validación de los modelos se tomarán datos mediante aforos manuales en diferentes carreteras convencionales en la provincia de Valencia, con gran intensidad de ciclistas. Se utilizará el error producido al estimar la intensidad ciclista en determinadas franjas horarias, puesto que no existen datos de la IMD ciclista real en las carreteras estudiadas.

Finalmente, utilizando los resultados obtenidos de la fase del estudio de investigación, se realizarán diferentes mapas de intensidades de tráfico de ciclistas en el ámbito de estudio analizado como aplicación práctica. Debido a la importancia de la gestión de carreteras para mejorar la seguridad de los usuarios vulnerables, se utilizarán estos mapas de tráfico ciclista como base para proponer medidas de mejoras en algunas de las carreteras estudiadas.

2. RESUM

El present TFM consisteix en l'estudi de la demanda de ciclistes en carreteres convencionals, amb una doble finalitat: desenvolupar una metodologia per a l'estimació de la demanda ciclista i analitzar les bases de dades que ofereixen les aplicacions informàtiques web, que utilitza els ciclistes per registrar els seus recorreguts, siga prou representativa de la realitat. Així, es pretent avaluar si s'utilitzant únicament les intensitats de ciclisme informàtiques es pot estimar la IMD de ciclistes en carreteres convencionals; amb l'objectiu de poder extrapolar l'ús d'aquestes dades, quan es faci falta en diversos estudis.

Per a l'estudi, s'utilitza l'aplicació web informàtica STRAVA, ja que actualment est utilitzada per un gran nombre d'usuaris. A més, per contrastar els resultats, s'utilitzaran dades de aforos manuals de l'àmbit d'estudi; que s'ha centrat en les carreteres CV-333, CV-25, CV-331, CV-305, CV-328, CV-500, CV-502, N-332, CV-424, CV-416, CV- 422 i CV-435 que pertaynen a la província de València.

Es va a estudiar la relació entre fonts de dades, determinant si la demanda de ciclistes obtinguda de l'aplicació STRAVA és la representació de l'obtinguda en els aforaments manuals i per tant si és possible utilitzar-la per a l'estimació de l'IMD de ciclistes en carreteres convencionals. A partir de les conclusions anteriors es desenvoluparan dos models predictius per a l'obtenció de la demanda de ciclistes en carreteres convencionals, fent un estudi d'aquests. Aquesta forma, establirà una metodologia per a la caracterització de la demanda ciclista en carreteres convencionals, fins ara inexistent. Per a la validació dels models s'obtenen dades amb aforaments manuals en diferents carreteres convencionals a la província de València, amb una gran intensitat de ciclistes. Es utilitza l'error produït a l'estimació de la intensitat ciclista amb franges horàries determinades, perque no existeix dades de la IMD ciclista real a les carreteres estudiades.

Finalment, es utilitza els resultats obtinguts de la fase d'estudi d'investigació per a realitzar diferents mapes d'intensitats de trànsit de ciclistes en l'àmbit de l'estudi analitzat com a aplicació pràctica. Debut a la importància de la gestió de carreteres per millorar la seguretat dels usuaris vulnerables, s'utilitzen aquests mapes de trànsit ciclista com a base per proposar mesures de millora en algunes de les carreteres.

3. ABSTRACT

This TFM is the study of the cyclist demand in conventional roads, with a double purpose: to develop a methodology for the estimation of the cyclist demand, and to analyze if the databases offered by the web applications, which cyclists use to record their routes, they are sufficiently representative of reality. In this way, it is intended to determine if using only the intensities of cyclists of these computer platforms it is possible to estimate the IMD of cyclists on conventional roads; with the aim of being able to extrapolate the use of these data, when it is necessary to carry out studies of various kinds.

The web application STRAVA will be used for the study, since it is currently used by a large number of users. In addition, to compare the results, data from manual assessments taken in the field of study will be used; which has focused on the roads CV-333, CV-25, CV-331, CV-305, CV-328, CV-500, CV-502, N-332, CV-424, CV-416, CV-422 and CV-435 belonging to the province of Valencia ,.

The relationship between both data sources will be studied, determining if the demand of cyclists extracted from the STRAVA application is representative of that obtained in the manual data collection and therefore if it is possible to use it for estimating the IMD of cyclists on conventional roads. From the previous conclusions, two predictive models will be developed to obtain the demand of cyclists in conventional roads, making a study of them. In this way, a methodology will be established for the characterization of the cyclist demand in conventional roads, until now nonexistent. For the validation of the models, data will be taken by manual gauging on different conventional roads in the province of Valencia, with a high intensity of cyclists. The error produced when estimating the cyclist intensity in certain time slots will be used, since there is no real cyclist data on the studied roads.

Finally, using the results obtained from the research study phase, different maps of traffic intensities of cyclists will be made in the area analyzed as a practical application. The importance of road management to improve the safety of users vulnerable, these cyclist traffic maps will be used as a basis to propose improvement measures on some of the roads studied.

4. ANTECEDENTES

A continuación, se presenta el Trabajo Final de Máster “Análisis de la demanda ciclista y propuesta de una metodología para su caracterización en carreteras convencionales. Desarrollo de un mapa de tráfico de ciclistas en el entorno de las carreteras CV-333, CV-25, CV-331 y CV-305 (provincia de Valencia).”

Este Trabajo Final de Máster (TFM) es el resultado de la colaboración del autor en el proyecto de investigación denominado “Mejora de la seguridad y operación de carreteras convencionales con ciclistas” (Bike2lane), con el objetivo del “Análisis del comportamiento de los ciclistas y de los conductores de vehículos motorizados bajo la presencia de los primeros, así como la interacción entre ellos en carreteras convencionales con diferentes configuraciones”

Este proyecto está siendo desarrollado por el Grupo de Investigación en Ingeniería de Carreteras (GIIC) del Instituto del Transporte y Territorio de la UPV y dirigido por el profesor Alfredo García García. Está subvencionado por el Ministerio de Economía y Competitividad de España y se enmarca dentro del subprograma de generación de conocimiento.

5. INTRODUCCIÓN

Las infraestructuras de transporte por carretera, tanto su número como estado, es reflejo del nivel económico y social del desarrollo de un país. Según el Catálogo oficial de la Red de Carreteras del Estado (RCE), España cuenta, a 31 de diciembre de 2017, con 165.686 kilómetros, de los cuales 26.393 km están administradas por el Ministerio de Fomento y hay 71.325 km que están gestionados por las Comunidades Autónomas.

Además de este viario, los ayuntamientos tienen a su cargo 489.698 km de los cuales 361.517 km son interurbanos (según última medición realizada con carácter oficial, que data de 1998). A parte existen 11.355 km de viario dependiente de otros organismos. Se observa en la Fig. 1.

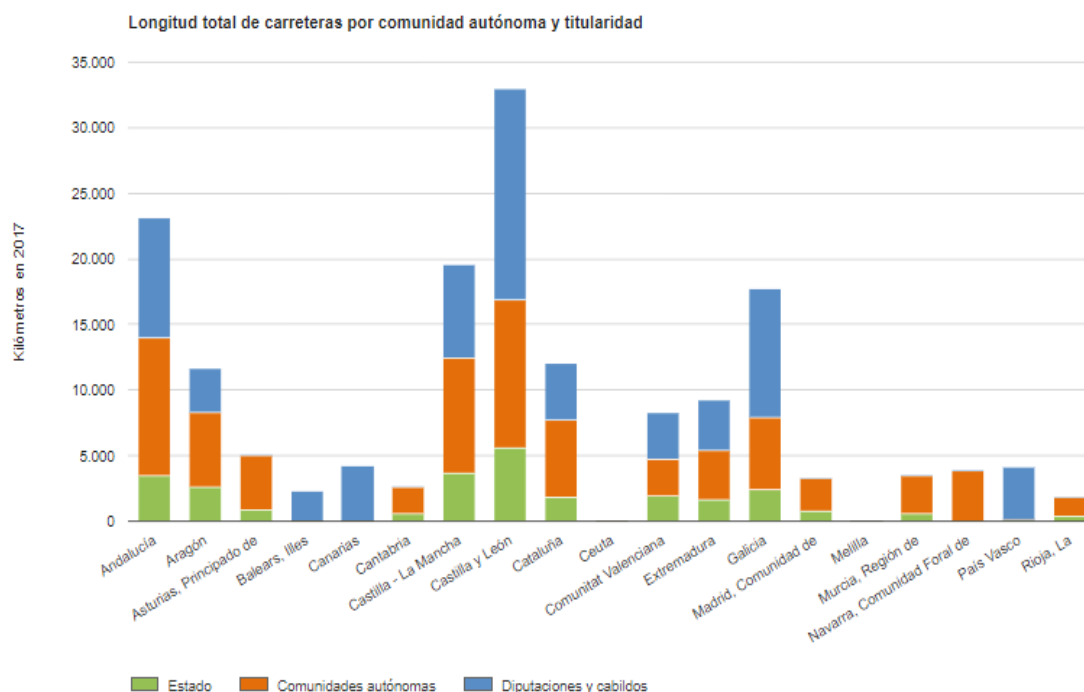


Fig. 1 Longitud total de carreteras por comunidad autónoma y titularidad. (Observatorio del Transporte y la Logística en España (OTLE), 2017)

Otro indicador que se observa en los países más industrializados es el parque de vehículos a motor. En España, el número de vehículos motorizados sufre una tendencia creciente durante los últimos años, como se puede observar en la Fig. 2, llegando a 32.929.004 de vehículos motorizados en 2017, DGT (2017). Como consecuencia directa, se producen unas externalidades con un impacto negativo que afectan a toda la población, como puede ser la saturación de las vías, el aumento de la contaminación atmosférica, el tiempo empleado para realizar los desplazamientos o incluso el número de accidentes.

Además, Las carreteras convencionales acumulan una parte importante de las víctimas en accidentes de tráfico debido a las características de las vías y la naturaleza de los trayectos realizados en ellas, especialmente los desplazamientos de corto recorrido y en

fin de semana. Según el Registro Nacional de Víctimas de Accidentes de Tráfico, en 2017, 1.013 personas fallecieron en carreteras convencionales, lo que supone un 55% del total de personas fallecidas en accidentes de tráfico (1.830), y un 77% de las personas fallecidas en vías interurbanas (1.321).

De los 102.233 accidentes con fallecidos producidos en las carreteras españolas 37.493 de ellos sucedieron en vías interurbanas.

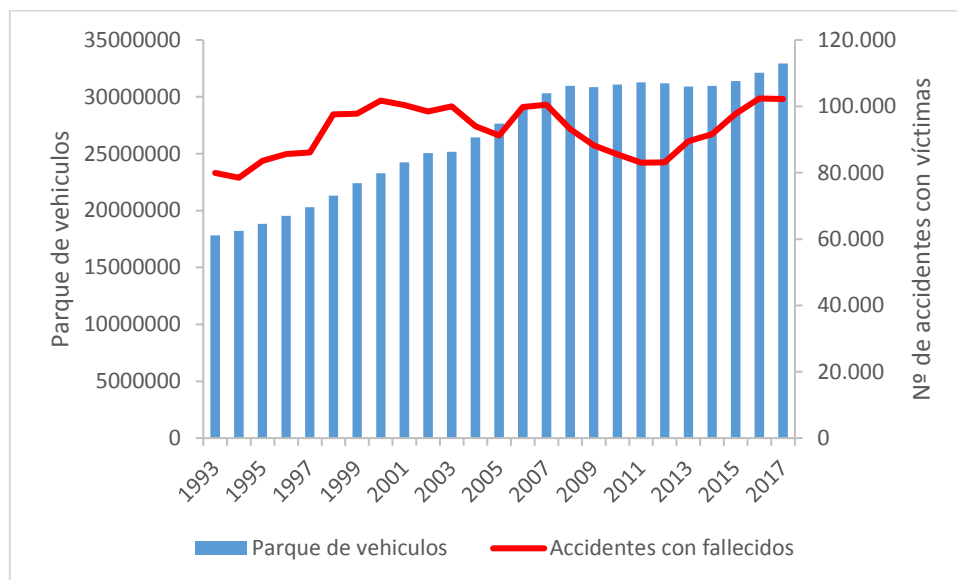


Fig. 2 Evolución del parque de vehículos y número de accidentes con víctimas en vías interurbanas (DGT,2018)

Por otro lado, las actividades deportivas y de ocio han sufrido un gran auge en los últimos años produciendo una significativa movilidad en las carreteras convencionales españolas. El ciclismo con un fin recreativo y de competición en las vías interurbanas españolas ha sufrido un gran aumento en los últimos años, lo que conlleva un aumento en la siniestralidad de este colectivo.

Como se observa en la Fig. 3, ha habido un aumento en personas que practican ciclismo, convirtiéndose en la tercera modalidad deportiva más practicada en términos semanales, solo siendo superada por la gimnasia y la carrera a pie.

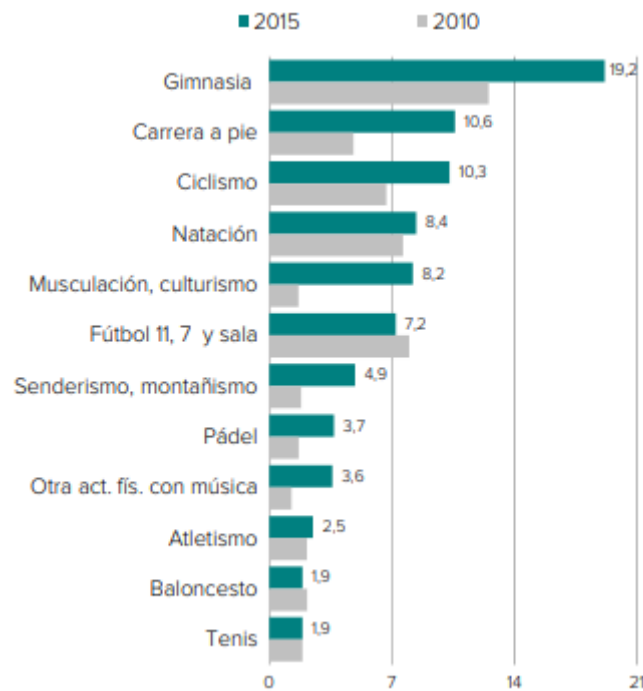


Fig. 3 Personas que practicaron deporte semanalmente según modalidades más frecuentes. (Encuesta de Hábitos Deportivos en España, 2018)

En carretera se puede distinguir dos tipos de usuarios ciclistas:

- Usuarios esporádicos: principalmente niños y jóvenes que viven en el entorno rural y realizan ciclismo los fines de semana. Utilizan todo tipo de vías: caminos agrícolas, carreteras secundarias, vías específicas para bicicletas, calzadas y aceras urbanas, etc. Por lo que circulan por las carreteras de forma esporádica, lo que, por su falta de hábito y conocimiento de educación vial, presentan un mayor riesgo de accidente.
- Usuarios deportivos: Los ciclistas deportivos, tanto aficionados (federados o no) como profesionales constituyen la gran mayoría de usuarios en las carreteras, especialmente las locales, aunque circulan indiscriminadamente por todas.

Por tanto, conocer el número de ciclistas que circulan por las carreteras convencionales es fundamental, ya que permitiría obtener un mayor conocimiento del comportamiento de este colectivo, que sirva como base para futuras investigaciones, y mejoras en las infraestructuras, centrándose en la seguridad de estos usuarios.

Es por ello, que el presente TFM consiste en el estudio de la demanda de ciclistas en carretera convencional, con una doble finalidad: desarrollar una metodología para la estimación de la demanda ciclista, y analizar si las bases de datos que ofrecen las aplicaciones informáticas web (que utilizan los ciclistas para registrar sus recorridos) son suficientemente representativas de la realidad. Por otro lado, se pretende determinar si utilizando únicamente las intensidades de ciclistas de estas plataformas informáticas es posible estimar la IMD de ciclistas en carreteras convencionales; con el objetivo de poder extrapolar el uso de estos datos, cuando sea necesario, para llevar a cabo estudios de diversa índole, entre los que se encuentra la gestión del tráfico en las carreteras.

Para llevar a cabo la investigación se realizaron diferentes sesiones de toma de datos en campo mediante la instalación de videocámaras, obteniéndose datos de demanda ciclista.

Una vez realizado el tratamiento de los datos recogidos se procedió al análisis de los resultados obtenidos, que se deberán contrastar con posteriores avances en la investigación que se lograrán con el paso del tiempo y mejoras en las técnicas utilizadas.

El contenido de este trabajo final de Máster (TFM) ha seguido el siguiente esquema:

1. Planteamiento de la problemática, aportando una serie de datos y estadísticas que lo justifican.
2. Revisión bibliográfica, que ha consistido en una recopilación de documentos sobre la materia, realizándose un análisis bibliográfico de las investigaciones científicas realizadas, recogiendo datos tanto nacionales como internacionales, que permite conocer el alcance de los estudios sobre el cálculo de la demanda de ciclistas en ámbito interurbano.
3. Planteamiento de los objetivos perseguidos con la investigación e hipótesis de partida.
4. Desarrollo de la metodología experimental, donde se explica cómo y cuándo se han realizado las tomas en campo, las características de vías estudiadas y el tratamiento de datos para obtener las variables principales del estudio.
5. Análisis de los resultados obtenidos del modelo, determinando la viabilidad del trabajo.
6. Conclusiones de la investigación, determinando si las hipótesis planteadas inicialmente y los objetivos del estudio son correctos siendo justificado mediante los resultados obtenidos.
7. Proponer posibles líneas de investigación futuras, dada la alta novedad en la labor investigadora en este campo concreto.
8. Plantear mejoras en las carreteras de las zonas de estudio, justificadas a partir de la intensidad ciclista estudiada.

Se finaliza este Trabajo Final de Master con la aplicación práctica, con los resultados obtenidos en el estudio se realizará un mapa de tráfico en el que se represente la IMD en diferentes tramos de carreteras convencionales: CV-333, CV-25, CV-331, CV-305, CV-328, CV-500, CV-502, N-332, CV-424 ,CV-416, CV-422 y CV-435 (provincia de Valencia) de ciclistas, mostrando de manera más visual las zonas donde hay un mayor flujo de ciclistas y debe prestarse más atención en futuras investigaciones. Además, se utilizarán estos resultados para proponer actuaciones encaminadas a la gestión de la carretera , que mejoren la seguridad vial de los usuarios que comparten estas vías.

5.1 EL CICLISMO RECREATIVO Y DE COMPETICIÓN EN ESPAÑA

El uso de la bicicleta en vías interurbanas está asociado principalmente con un fin deportivo y recreativo, donde el transporte de un lugar a otro no es el principal objetivo. Por tanto, para el estudio del número de ciclistas en carreteras convencionales se tiene

que abordar principalmente desde un punto de vista deportivo y de forma complementaria desde la movilidad.

Existen estudios y estadísticas que demuestran el crecimiento del uso de la bicicleta como medio de transporte y herramienta para realizar deporte. En la Encuesta de Hábitos Deportivos en España del año 2018 perteneciente al Plan Estadístico Nacional 2013-2016 y realizada por el Ministerio de Educación, Cultura y Deporte junto al Consejo Superior de Deportes y con la colaboración del Instituto Nacional de Estadística en su diseño, arroja que el ciclismo es uno de los deportes más practicados en España, aumentando el porcentaje de usuarios a lo largo de los últimos años.

Como se puede observar en la Tabla 1, el porcentaje de la población española con edad superior a 15 años que practican algún deporte fue del 37,0% en el año 2005, pasando al 53,5% en 2015. Además, dentro de este porcentaje de población que practica algún deporte, el ciclismo como deporte ha pasado del 19,1% al 20,7% en los últimos diez años. Por tanto, al incremento de población que practica algún deporte se ve reflejado en el incremento del número de ciclistas que realizan este deporte.

	Población española superior a 15 años que practica algún deporte	Porcentaje que practica ciclismo sobre población que practica algún deporte
2005	37,0%	19,1%
2010	43,0%	19,8%
2015	53,5%	20,7%

Tabla 1. Porcentaje de la población que práctica deporte.(Encuesta de Hábitos Deportivos en España)

La bicicleta es el equipamiento deportivo mayoritario en los hogares españoles, en la Fig. 4 se muestra que el 63% de las personas encuestadas tiene una de estas en su hogar, superando a otros elementos más comunes como los balones, lo que significa la popularidad del ciclismo.

Personas que disponen de equipamientos deportivos en el hogar según tipo
(En porcentaje de la población total investigada)

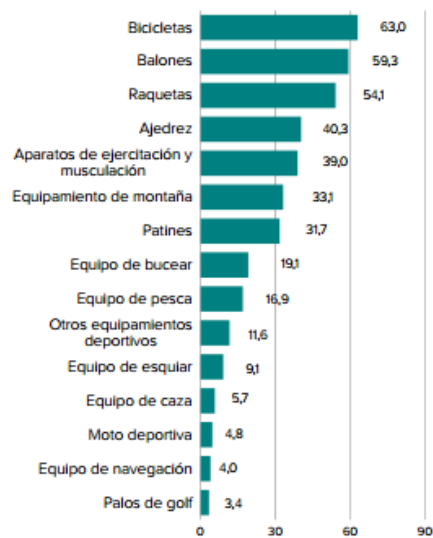


Fig. 4 Porcentaje de personas con equipamientos deportivos (Encuesta de Hábitos Deportivos en España)

Estos datos ofrecidos por la Encuesta de Hábitos Deportivos en España muestran que el ciclismo es un deporte en auge, aunque no aporta más información sobre el entorno sobre el que se practica. En cambio, un buen indicador para conocer el número de ciclistas que circulan por las carreteras convencionales son las licencias federativas deportistas de los ciclistas.

En la Fig. 5 se observa el histórico de licencias deportivas ciclistas desde 1945 hasta 2015, donde un notable incremento de estas licencias empieza en 1977 hasta 2015 con dos periodos de decreciente comprendidos entre 1995 y 2001 y desde el 2006 al 2008. En la última década, tomando como referencia el dato de 2005, este número aumentó un 82,3% en 2015, pasando de 41.611 licencias deportivas de ciclistas a 75.855.

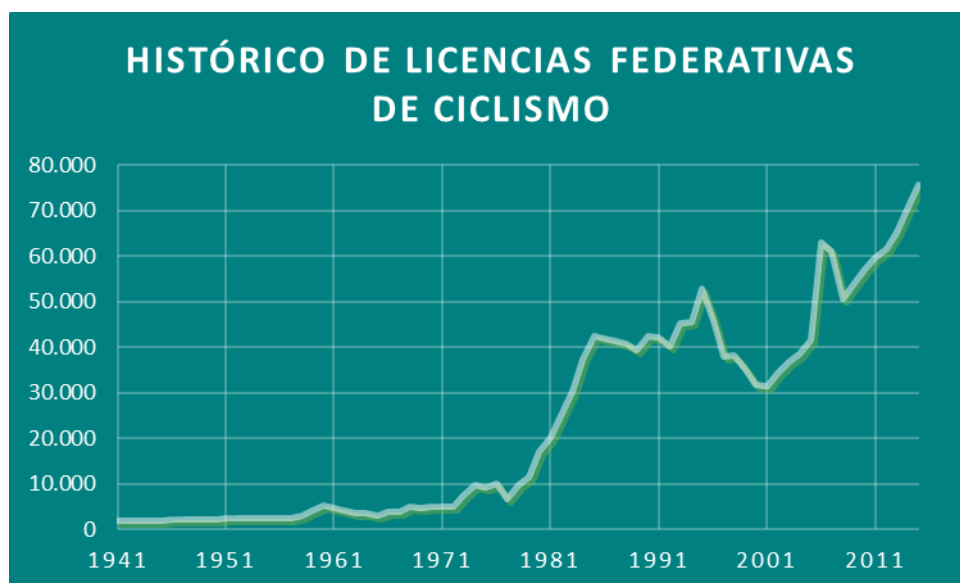


Fig. 5 Histórico de licencias federativas de ciclismo. (Encuesta de Hábitos Deportivos en España)

5.2 SINIESTRALIDAD CICLISTA EN VÍAS INTERURBANAS

En los últimos años ha habido un aumento de accidentes con ciclistas involucrados siendo sus víctimas de especial gravedad ya que las bicicletas son los usuarios más vulnerables y por tanto los que reciben el impacto en mayor grado. Es habitual que en los accidentes con ciclistas, estos terminen como víctimas mortales o de gravedad.

Como es lógico, al aumentar el número de ciclistas han aumentado el número de accidentes de este colectivo. A pesar de que los accidentes hayan disminuido hasta 2011, los accidentes de bicicletas con víctimas han sufrido un ascenso desde 2008 hasta 2013, (Martí-Belda et al., 2016).

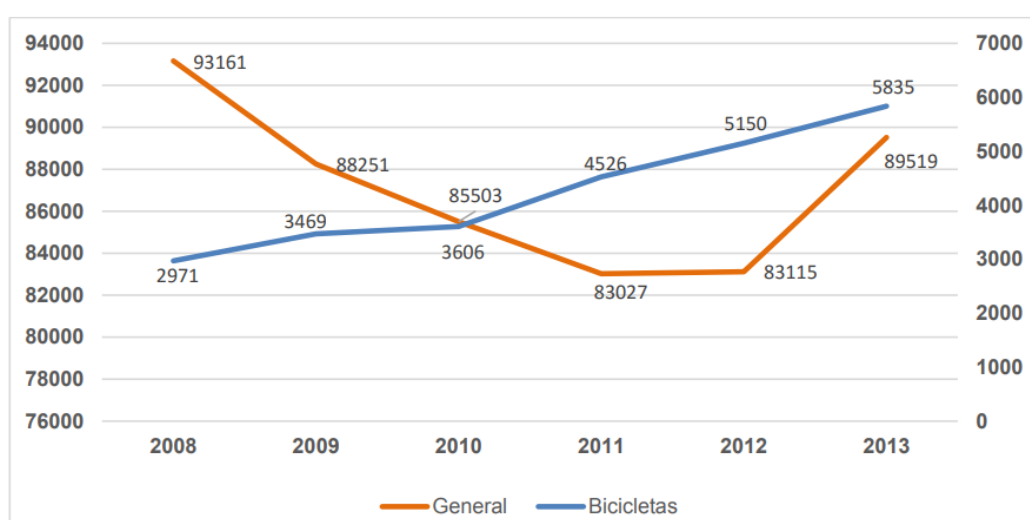


Fig. 6 Evolución de los accidentes con víctimas en España 2008-2013. (Martí-Belda et al., 2016)

Los datos ofrecidos por la DGT (DGT,2017) para el año 2017, se produjeron 7.673 accidentes donde estaban involucrados usuarios de bicicletas en los que 67 personas fallecieron (9 personas más que el año anterior), quedando 736 heridos graves (12,9% más que el año anterior) y 6.635 heridos leves (5,8% más que el año anterior). El 73% de los accidentes que se produjeron, estaban involucrados otro vehículo o peatón.

Los accidentes, principalmente, se produjeron en vías urbanas (73%) solo el 6% de los heridos necesitaron hospitalización.

En vías interurbanas hubo 2.024 accidentes en los que estuvo implicada una bicicleta, representado el 6% del total de accidentes con víctimas en vías interurbanas. En estas vías es donde se produce el mayor número de ciclistas fallecidos, 40 de los 67 ciclistas fallecidos. En estas vías, el 94% de los fallecidos y heridos hospitalizados en bicicleta, entre el 2014 y 2016, se produjeron en los accidentes ocurridos en carreteras convencionales. Analizando el tipo de vía y el trazado, el 41% de esas víctimas se ocasionaron en accidentes en carreteras convencionales y en trazado recto, el 27% en carreteras convencionales y en trazado en curva y el 16% en carreteras convencionales y en intersecciones.

Lo que indica, que a pesar de que en las vías urbanas es donde se produce el mayor número de accidentes con un ciclista involucrado (73%), es en las vías interurbanas donde se registra el mayor porcentaje de ciclistas fallecidos (60%)

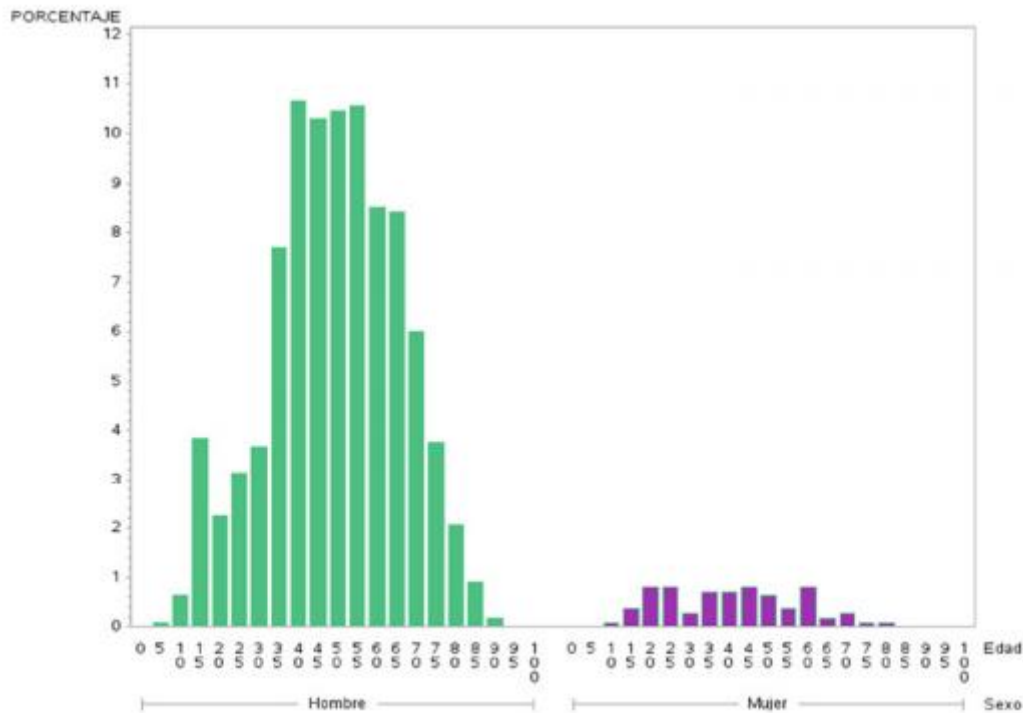


Fig. 7 Fallecidos y heridos hospitalizados ciclistas (DGT,2017)

El 93% de los ciclistas fallecidos o heridos hospitalizados en accidentes de tráfico ocurridos en vías interurbanas en los años 2014 a 2016 fueron hombres y el 7% mujeres. En cuanto a su edad el 21% tenían entre 35 y 44 años y el 22% entre 45 y 54, siendo la edad media de los ciclistas fallecidos 49 años para los hombres y 41 para las mujeres. Esto se observa en la Fig. 7.

La falta de uso del casco en los ciclistas heridos en accidentes en vías interurbanas ha disminuido entre el año 2007 y el año 2016, pasando del 25% al 9%. Los fallecidos sin casco en el año 2007 fueron 36 de 67 ciclistas fallecidos, mientras que en el año 2016 han sido 9 de 40 ciclistas fallecidos como se observa en la Fig. 8.

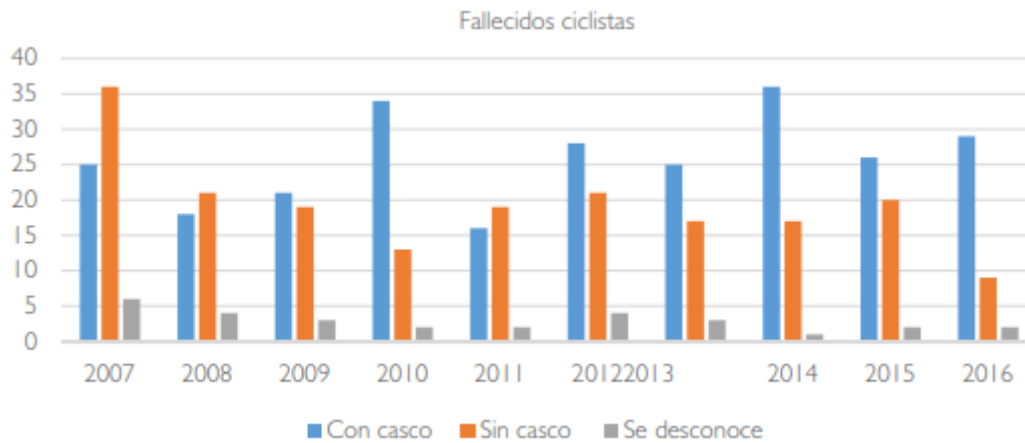


Fig. 8 Fallecidos ciclistas. Uso del casco. 2007-2016. Vías interurbanas (DGT, 2017)

En el Libro Blanco sobre la protección de las personas usuarias de la bicicleta en la Comunitat Valenciana incluye un Plan de Choque con el objetivo de reducir la siniestralidad del colectivo ciclista en la región, y llevado a cabo por diferentes organismos públicos y privados en colaboración con la DGT.

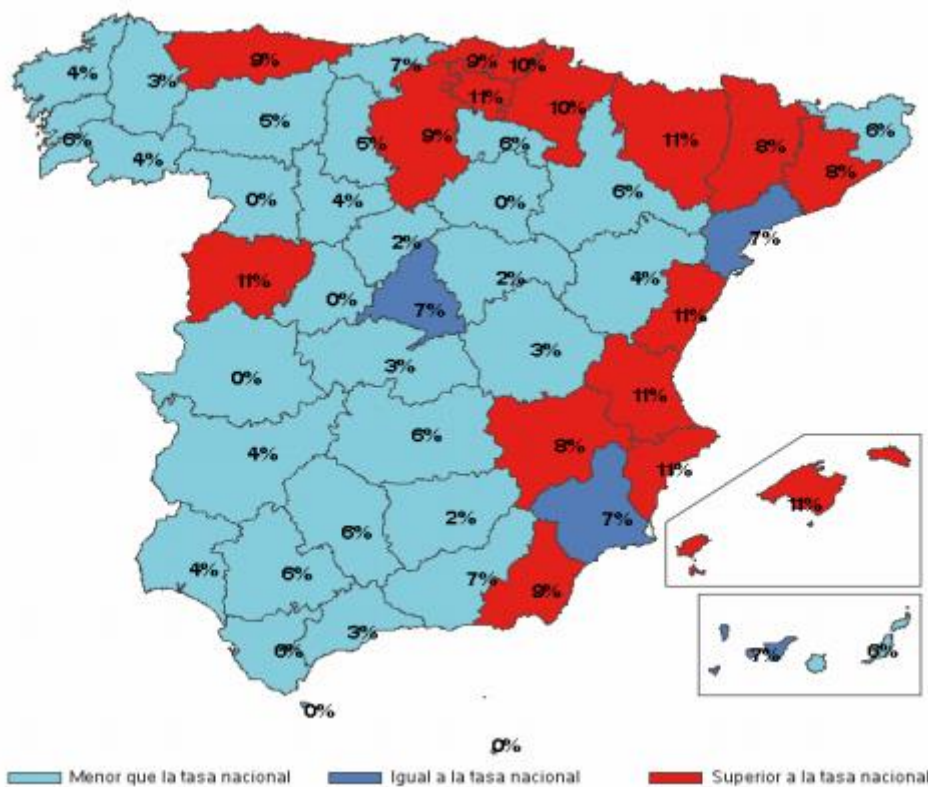


Fig. 9 Porcentaje de ciclistas fallecidos y heridos hospitalizados sobre el total de fallecidos y heridos hospitalizados. 2016 (DGT, 2016)

En dicho Libro Blanco, analiza el caso de la Comunidad Valenciana, que sigue la tendencia producida en el resto de España, aumenta el número de accidentes con ciclistas y el número de víctimas, siendo una de las comunidades autónomas y la ciudad de Valencia en concreto, la que este porcentaje de víctimas es mayor (Fig. 9).

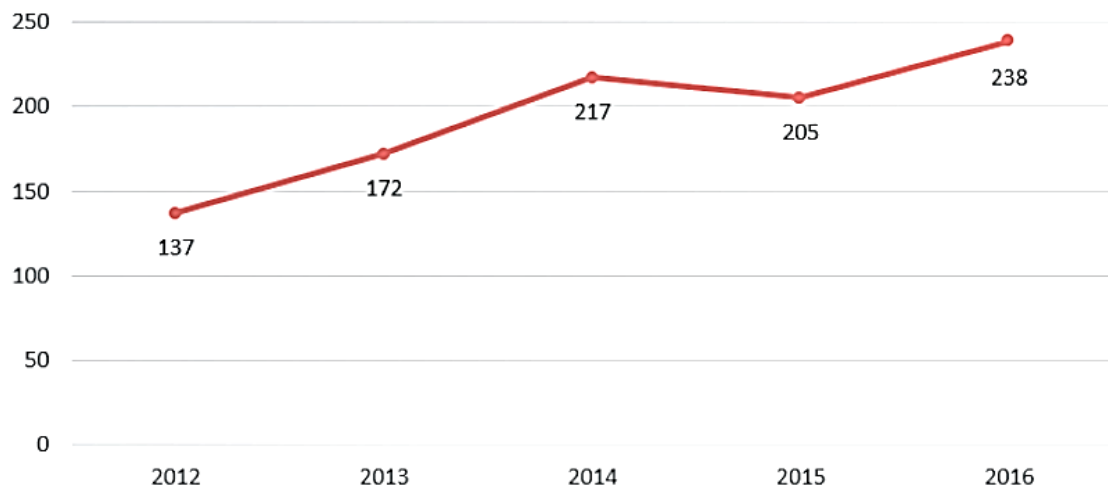


Fig. 10 Evolución anual accidentalidad ciclista. periodo: 2012 - 2016. La Protección de las personas usuarias de la bicicleta en la Comunitat Valenciana. (DOGV, 2017)

Desde 2012 a 2016 la cifra de víctimas ha aumentado hasta casi el doble, en especial las víctimas leves como se muestra en la Fig. 10 .

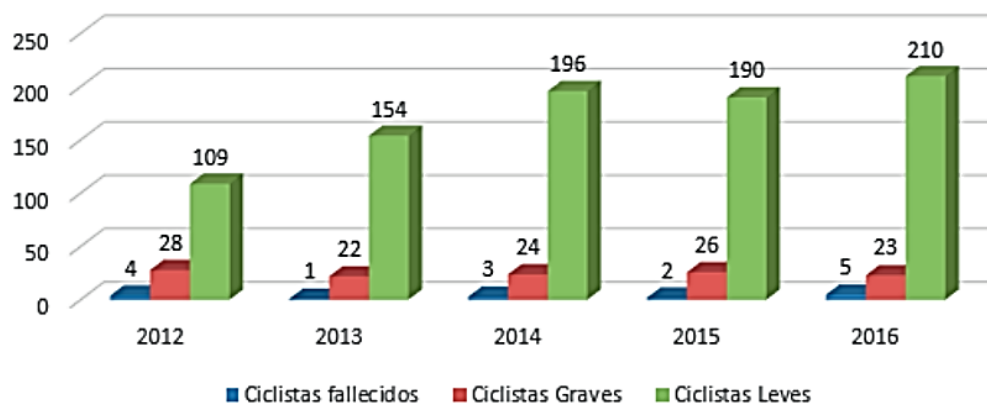


Fig. 11 Comparativa anual nº ciclistas implicados en accidentes. periodo: 2012 – 2016. La Protección de las personas usuarias de la bicicleta en la Comunitat Valenciana. (DOGV, 2017)

En cambio, el número de ciclistas fallecidos ha ido variando, siendo el peor año con datos registrados el 2016, con 5 víctimas mortales en las carreteras de la Comunidad Valenciana como se observa en la Fig. 11. Cifra que continúa aumentando, ya que hasta el 30 de junio de 2017 constan 6 ciclistas fallecidos en la Comunidad Valenciana en 5 accidentes según DGT (2017)

VIAS INTERURBANAS

	Hora del accidente																							Total	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22		23
Lunes	0	0	1	0	0	0	1	0	2	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0	14
Martes	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	1	2	0	1	1	1	0	2	0	3	1	1	0	0	18
Miércoles	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	2	2	0	0	0	2	1	2	1	0	0	0	13
Jueves	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	4	2	1	0	0	1	1	0	1	1	2	0	0	0	16
Viernes	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	3	1	0	1	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	10
Sábado	0	0	0	1	0	0	0	1	2	6	11	5	8	3	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	41
Domingo	0	0	1	0	0	0	0	1	2	9	0	8	4	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	30
Total	0	0	2	1	0	1	3	4	9	21	20	19	16	8	2	5	3	7	3	8	6	2	2	0	142

Fig. 12 Fallecidos y heridos hospitalizados ciclistas según día de la semana y hora del accidente. comunidad valenciana 2014-2016. (GVA,2017)

Como se puede observar en la Fig. 12, los accidentes con ciclistas en vías interurbanas se concentran entre las 9:00 y 12:00 horas de la mañana los fines de semana, es decir, el sábado y el domingo.

Respecto a la tipología de los accidentes ciclistas, según el estudio Martí-Belda et al. (2016) y el Análisis de la siniestralidad en ciclistas 2008-2013 (2014), llevado a cabo por la universidad de Valencia, el factor concurrente más habitual es la distracción (89,3%), seguido por la inexperiencia (8,2%), el alcohol o las drogas (5,1%), el cansancio, sueño o enfermedad (0,1%) y la velocidad inadecuada (0,1%) como queda recogido en la Fig. 13.

Factores concurrentes	Accidentes
Distracción	89,3%
Inexperiencia del conductor	8,2%
Alcohol o drogas	5,1%
Cansancio, sueño o enfermedad	0,1%
Velocidad inadecuada	0,1%

Fig. 13 Accidentes en función del factor concurrente. (Análisis de la siniestralidad en ciclistas 2008-2013, 2014)

El 35,7% de los accidentes causados por la distracción son producidos en carreteras convencionales. Otra causa de siniestralidad es el consumo de alcohol y drogas, ya que son la principal causa del 41,4% de los accidentes ciclistas en vías convencionales, tal y como se observa en la Fig. 14.

Análisis de la demanda ciclista y propuesta de una metodología para su caracterización en carreteras convencionales. Desarrollo de un mapa de tráfico de ciclistas en el entorno de las carreteras CV-333, CV-25, CV-331 y CV-305 (provincia de Valencia).

	Vía									Total
	Autopista	Autovía	Vía rápida	Vía convencional con carril lento	Vía convencional	Camino vecinal	Vía de servicio	Ramal enlace	Otro tipo	
Distracción	0,2%	2,0%	0,2%	0,2%	35,7%	2,2%	0,4%	0,6%	58,6%	100%
Inexperiencia del conductor	39,3%	7,5%	8,9%	1,8%	17,7%	2,8%	0,1%	0,3%	21,6%	100%
Alcohol o drogas	2,0%	2,7%	2,0%	0,3%	41,4%	3,4%	0,0%	0,7%	47,5%	100%

Fig. 14 Accidentes en función del factor concurrente y tipo de vía. (Análisis de la siniestralidad en ciclistas 2008-2013, 2014)

En cuanto al tipo de accidente más característico relacionado con los factores concurrentes, tanto las distracciones como la inexperiencia y el alcohol o las drogas se caracterizan por un mayor porcentaje de colisiones frontales/frontolaterales, siendo 35,1%, 40,1% y 31,4% respectivamente. Queda recogido en la Fig. 15.

	Colisión frontal/frontolat.	Colisión lateral	Colisión por alcance	Colisión múltiple o en caravana	Contra obstáculo	Vuelco	Salida de vía	Otro	Atropello	Total
	Distracción	35,1%	12,0%	16,3%	1,1%	3,8%	4,3%	5,1%	16,2%	6,0%
Inexperiencia	40,1%	6,3%	4,6%	0,0%	2,5%	5,8%	7,3%	9,0%	24,4%	100%
Alcohol o drogas	31,4%	12,5%	19,3%	3,7%	2,4%	5,4%	5,1%	12,2%	8,1%	100%

Fig. 15 Accidentes en función del factor concurrente y tipo de accidente. (Análisis de la siniestralidad en ciclistas 2008-2013, 2014)

En cuanto a la variación temporal de los accidentes, aquellos producidos en los fines de semana, el consumo de drogas y el alcohol son la causa principal: sábados (17,2%) y domingos (17,6%). Sin embargo, entre semana las causas principales son la inexperiencia y las distracciones. Son más frecuentes en mayo (9,2%), junio (9,2%), julio (12,3%) y septiembre (11,6%)

Como consecuencia de los datos registrados de víctimas y accidente con usuarios ciclistas, es fundamental tenerlos en cuenta para realizar el estudio, prestando especial interés en aquellos aspectos donde se produce una mayor siniestralidad causados por un aumento del número de usuarios ciclistas. Por ello, es fundamental realizar una buena gestión de la carretera, especialmente en aquellas que exista una alta presencia de ciclistas y vehículos a motor, con el objetivo de minimizar la interacción entre ambos usuarios y maximizar su seguridad.

6. ESTADO DEL ARTE

6.1 INTRODUCCIÓN

En este apartado, se presenta la revisión y recopilación de los conocimientos existentes hasta la actualidad del cálculo de la Intensidad Media Diaria de ciclistas en entorno interurbanos. El Estado del Arte recoge los principales puntos de la normativa y estudios previos relativa a la materia estudiada.

El primer paso ha sido la recopilación y lectura de la literatura, prestando especial interés a los artículos más relacionados con el objetivo de este estudio, desde su inicio en la planificación de las tomas de datos hasta el cálculo de IMD ciclista en la zona de estudio. Sin dejar a un lado aquellas investigaciones que, a pesar de no tener una relación directa, si son importantes para ampliar el conocimiento, por ejemplo, cómo afecta la tecnología en el comportamiento social y la forma que ha revolucionado el modo de vida, aprovechándose los datos recopilados para mejorar el entorno, beneficiándose de la retroalimentación.

Los medios empleados para recopilar información necesaria para ese conocimiento previo han sido los estudios de investigación recogidos en artículos e informaciones publicados en revistas científicas.

La mayoría de las investigaciones encontradas están basadas en el uso de la bicicleta como medio de transporte en un entorno urbano y con un fin no recreativo. Además, el desarrollo las nuevas tecnologías en los últimos años hace que, debido a la novedad de la temática, existan pocos estudios centrados en este tema, ya que dicha tecnología avanza a una velocidad mayor a la que los investigadores pueden estudiarla para aplicarla de una forma distinta para la que es creada.

La temática de este estudio es novedosa ya que analiza la IMD ciclista en el entorno interurbano, y además utiliza una ampliación informática de forma directa para su cálculo. Por lo que el conocimiento en este tema tan específico es escaso.

Dado que el colectivo ciclista es vulnerable, sobre todo cuando comparte vía con otros vehículos motorizados, las víctimas ciclistas han aumentado de forma continuada a lo largo de los últimos años. Aunque la mayoría de los accidentes sufridos ocurre en áreas urbanas, la mayoría de las víctimas mortales perecen en las vías interurbanas, un 77% según el Registro Nacional de Víctimas de Accidentes de Tráfico (2017).

Por tanto, el aumento del ciclismo recreativo en España ha producido un aumento en la siniestralidad de los usuarios vulnerables en las carreteras, con un mayor número de víctimas en vías interurbanas, ya que interactúan con vehículos a motor. Lo que se traduce un problema de seguridad vial a nivel nacional, por lo que es fundamental plantear un plan de actuaciones para solucionar dicha problemática y tener una mejor gestión de las carreteras.

El primer paso para llevarlo a cabo es conocer el volumen de ciclistas que utilizan las carreteras españolas, por ello surge la necesidad de un modelo de estimación de la demanda ciclista y con los resultados obtenidos, caracterizar las carreteras para asignar la actuación óptima y realizar una correcta gestión.

6.2 INTENSIDAD MEDIA DIARIA

La intensidad se define como el número de vehículos que atraviesa una determinada sección de la vía en una unidad de tiempo, empleándose para su medición aforos en determinados puntos de la carretera, ya sea de forma manual o con contadores. Más concretamente, la intensidad media diaria (IMD) es un indicador que se determina como el número total de vehículos que pasan durante un año por una sección transversal de la carretera.

La IMD suele estar relacionada al tráfico de vehículos motorizados, sin embargo, se puede utilizar para cualquier tipo de vehículo. En el caso de los ciclistas se usa normalmente en la investigación como una unidad de medida para los estudios de ciclismo, como el análisis de ciclistas, la planificación de la infraestructura y el riesgo de lesiones.

En cuanto al método de estimación de la IMD ciclista, no existe un procedimiento reglado aportado por las guías, simplemente ofrecen recomendaciones y sugerencias para su cálculo. En este apartado se hace un repaso de aquellas investigaciones más relevantes en el estudio del cálculo de la IMD ciclista. Todas ellas se han realizado en ámbito urbano puesto que no existen estudios en zonas interurbanas.

El estudio de Nordback et al. (2012) buscaba obtener una estimación de la IMD ciclista fiable, en particular, en qué días de la semana, horas del día y meses del año se debería realizar los conteos de corta duración para el diseño de un programa de conteo. Para ello se utilizaron datos de Boulder (Colorado). La ciudad ha estado recolectando datos a partir de conteos continuos de bicicletas usando contadores automáticos de bucle inductivo desde 1998 en 12 puntos de la ciudad, lo que se usó como base para el cálculo de los factores de ajuste para la estimación de la IMD. Para desarrollar el modelo de estimación se siguió las recomendaciones de la Traffic Monitoring Guide (TMG, 2013) desarrollada por la Federal Highway Administration (FHWA).

Se emplearon cuatro pasos para calcularla:

- Primer paso: con los datos se obtienen los factores de ajuste horarios, diarios y mensuales.

Primero se crean dos grupos de datos: aquellos con un patrón claro de comportamiento (los picos horarios de la mañana y de la tarde son claramente mayores a los del mediodía) y sin patrón de comportamiento. Posteriormente se calculan estos factores diarios y mensuales, dividiendo la IMD entre el volumen medio diario para un día o mes en particular

- Segundo paso: en diferentes escenarios, se estima la IMD multiplicando los datos aforados por los factores anteriormente obtenidos.

$$AADB_e = c_{kh} * H_{yf} * D_{yf} * M_{yf}$$

Donde:

- $AADB_e$ = IMD
- c_{kh} = Volumen de ciclistas contados en una hora
- H_{yf} = Factor horario para una hora del día en un año y para el grupo f

$$H_{yf} = \frac{AADB \text{ de ese año}}{\text{media horaria de ciclistas para esa hora de ese año}}$$

- D_{yf} = Factor diario para un día de la semana del año y del grupo f

$$D_{yf} = \frac{AADB \text{ de ese año}}{\text{media diraria de ciclistas para ese día de la semana de ese año}}$$

- M_{yf} = Factor mensual para el mes del año y para el grupo f

$$M_{yf} = \frac{AADB \text{ de ese año}}{\text{media diaria para ese mes de ese año}}$$

- Tercero: Se compara la IMD calculada con la real de cada escenario
- Cuarto: Se compara el error de la IMD de ciclistas de un escenario con la IMD de vehículos en ese escenario

El error aforando bicicletas durante 4 semanas es muy similar al de coches aforando 24 horas, debido a menor tráfico y más variabilidad.

Se llegó a la conclusión de que el error de estimación de IMD es menor cuando se obtiene un mayor volumen de ciclistas por hora y además determinan que es esencial la presencia de un conteo continuo para poder calcular esta IMD a partir de los factores temporales.

Es frecuente para el cálculo de la IMD ciclista hacer una extrapolación de un conteo de corta duración a uno continuo. La investigación de Miranda-Moreno et al (2015) indica que puede suceder dos problemas:

- Producir errores considerables
- Es un proceso laborioso que requiere validación manual

Para esta estimación se requiere tres procesos:

El primer paso es validar los datos del conteo de referencia para identificar discontinuidades y datos anómalos. Este paso es crucial para lograr una precisión alta en la extrapolación de la IMD ciclista que se basa en la preparación y limpieza de los datos. El proceso propuesto consiste en el cálculo de los factores temporales y

aquellos que queden fuera de un umbral predeterminado son eliminados. Para ello se utiliza la siguiente ecuación:

$$DF_{i,y,j} = \frac{DB_{i,y,j}}{AADB_{i,y}}$$

Donde:

- $DF_{i,y,j}$ = Factor de ajuste del sitio i para el día j del año y de un conteo de larga duración
- $DB_{i,y,j}$ = Volumen de ciclistas del sitio i para el día j del año y
- $AADB_y$ = IMD del sitio i del año y

El segundo paso consiste en hacer coincidir los conteos de corta duración con los datos utilizados del conteo continuo de referencia, agrupando las zonas según el patrón de comportamiento.

Por último, para extrapolar la IMD ciclista de un conteo de corta duración utilizando un conteo continuo de referencia coincidente, primero calcula la IMD ciclista con la siguiente formula:

$$\widehat{AADB}_{i,y,j} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n SDB_{i,y,j} * \frac{1}{DF_{y,j}}$$

Donde:

- $\widehat{AADB}_{i,y,j}$ = IMD estimada para un conteo de corta duración en el sitio i del año y tomado en los días j= 1 hasta n
- $SDB_{i,y,j}$ = Volumen de ciclistas observados en el conteo de corta duración en el sitio i del año y tomado en el día j
- $DF_{y,j}$ = Factor de ajuste para el día j del año y de un conteo de larga duración, se define como:

$$DF_{y,j} = \frac{DB_{y,j}}{AADB_y}$$

Donde:

- $DB_{y,j}$ = Volumen de ciclistas del día j
- $AADB_y$ = IMD del año y

Como resultado se obtuvo que la estimación de AADB o IMD ciclista a partir de conteos de corta duración no es trivial, si no un proceso laborioso y que puede dar como resultado datos inexactos.

Según Budowski et al. (2016) se realizó un estudio para el cálculo de la IMD ciclista en el entorno urbano de la ciudad de Winnipeg, Canada, basándose en el Capítulo 4 de la TMG de la versión de 2013 que utiliza los factores temporales de expansión o de ajuste obtenidos a partir de conteos continuos. Posteriormente comparan estos resultados con dos métodos adicionales, los factores desagregados (DF) y la metodología expuesta por el National Bicycle and Pedestrian Documentation Project Factoring (NBPDP).

Se parte de la premisa que conociendo los factores temporales, se puede obtener el volumen ciclista a partir de un conteo de corta duración siempre que exista un continuo. Para ello usan un método llamado “two hours count”, en el que se afora de 4 a 6 P.M. los martes (recomendado), miércoles o jueves.

1. Factores Desagregados (Disaggregated factoring - DF)

El principio empleado es que el volumen registrado en un sitio es similar al volumen en otro lugar en el mismo instante.

$$\frac{VCD_a}{IMD_a} = \frac{VCD_b}{IMD_b}$$

Donde:

- a = Localización “a” donde se ha realizado un conteo de corta duración
- b = Localización “b” donde se ha realizado un conteo de corta duración
- VCD = Volumen registrado en un conteo de corta duración
- IMD = Intensidad Media Diaria

2. Traffic Monitoring Guide Factoring (TMG)

Una vez obtenidos los factores temporales para cada año utilizando los datos de un conteo continuo. Las zonas de estudio se agrupan en patrones de comportamiento que comparten los factores. Se emplea la siguiente ecuación:

$$IMD = VCD * H * D * M$$

Donde:

- H = factor horario durante el periodo de tiempo el cual se tomó el conteo. También se puede emplear el promedio del volumen por hora entre el volumen diario de los días de la semana.
- D = factor diario para el día de la semana en que se realizó el conteo. También se puede emplear la IMD real entre el volumen promedio de ciclistas de ese día.
- M = factor mensual para el mes durante el cual se tomó el conteo. También se puede emplear la IMD real entre el volumen promedio de ciclistas diarios de ese mes
- VCD = Volumen registrado en un conteo de corta duración
- IMD = Intensidad Media Diaria

3. National Bicycle and Pedestrian Documentation Project Factoring (NBPDP)

El NBPDP usa tablas de factores a partir de un conteo que se basa en las horas, días de la semana y meses del año durante el cual se realiza el conteo. Las tablas de factores son para los grupos de patrones y no cambian con el año. Lo que significa que no tienen en cuenta las condiciones locales, como el clima local y los eventos. La ecuación utilizada es:

$$IMD = VCD * h * d * \frac{\text{días del mes}}{30} * m * \frac{1}{\text{días del año}}$$

Donde:

- h = factor horario durante el periodo de tiempo el cual se tomó el conteo. También se puede emplear el promedio del volumen por hora entre el volumen diario de los días de la semana.
- d = factor diario para el día de la semana en que se realizó el conteo. También se puede el volumen medio en un día específico entre el volumen medio semanal.
- m = factor mensual para el mes durante el cual se tomó el conteo. También se puede emplear el volumen medio de un mes entre el volumen observado ese año.
- VCD = Volumen registrado en un conteo de corta duración
- IMD = Intensidad Media Diaria

Como conclusión determinan que realizar un aforo de dos horas en las horas pico del día se obtiene un buen resultado comparando con un conteo de corta duración superior a 24 horas, siempre y cuando se tenga un amplio conjunto de datos de un conteo de larga duración. Además, se afirma que el mejor método haciendo un aforo de dos horas es el DF frente a los otros dos, ya que permite incluir las influencias climatológicas, pero como normalmente los factores usados en los otros dos métodos se cogen de la misma zona, este hecho no tiene mayor importancia.

Por otra parte, Beitel et al. (2016) propone un método para calcular la calidad de la estimación de la IMD de ciclistas mediante aforos de corto duración que tienen diferentes duraciones, entre 2 y 28 días, teniendo en cuenta la duración, la demanda, la época del año, la estabilidad y la correlación con el recuento de referencia. Para ello se realizaron aforos en 29 puntos, 15 en Arlington (EEUU) y 14 en Montreal (Canadá), usando "Eco-counter", un contador de bucle inductivo de bicicletas fabricado por esta marca.

Para ello emplearon una metodología de 5 pasos:

- Primer paso: ejecutar un "k-means clustering", agrupando los puntos por zonas.
- Segundo paso: dentro de cada clúster se cogen los datos tomados en los aforos como referencia.
- Tercer paso: se ejecuta el método, en este caso el Disaggregated factoring (DF), para obtener una estimación de la IMD.

La IMD se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$\widehat{AADB}_{i,y,j} = \frac{1}{n} \sum_j^n =_1 SDB_{i,y,j} * \frac{1}{DF_{y,j}}$$

Donde:

- $\widehat{AADB}_{i,y,j}$ = IMD estimada para un conteo de corta duración en el sitio i del año y

- $SDB_{i,y,j}$ = Volumen de ciclistas observados en el conteo de corta duración en el sitio i del año y y tomado en el día j
- $DF_{y,j}$ = Factor de ajuste para el día j del año y y de un conteo de larga duración, se define como:

$$DF_{y,j} = \frac{DB_{y,j}}{AADB_y}$$

Donde:

- $DB_{y,j}$ = Volumen de ciclistas del día j
 - $AADB_y$ = IMD del año y
- Cuarto pasos: se calculan los factores necesarios para la calibración
 - Quinto paso: se obtiene la idoneidad o calibración

Las conclusiones obtenidas fueron que los métodos desarrollados en el estudio pueden ayudar en un futuro a una estimación más precisa del posible error asociado con el cálculo de la IMD ya que los resultados fueron inexactos.

En este estudio de Buehler et al. (2016) se realizó una campaña de monitoreo de tráfico no motorizado en un pequeño pueblo universitario rural (Blacksburg). Para ello se emplearon contadores automáticos en 101 ubicaciones.

Este estudio se basa en cuatro pasos:

- Primer paso: seleccionar y validar el método de aforamiento. Se utilizaron tubos neumáticos comprobando la idoneidad con conteos manuales aleatorios.
- Segundo paso: seleccionar los sitios y el tiempo basado en la experiencia y el conocimiento previo de la zona.
- Tercer paso: calcular la IMD

Se desarrolla el modelo mediante un proceso de 4 pasos:

1. Se utilizan los datos obtenidos para la creación de un modelo de regresión binomial negativo basado en el clima.
2. Se calcula la IMD empleando la siguiente ecuación:

$$AADT_{estimada} = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n \frac{AdjC_i}{SF_i}$$

Donde:

- $AdjC_i$ = volumen ajustado del día i
- SF_i = Factor de escala según la zona
- n = número de días que se realiza el conteo de corta duración

3. Se calculan los factores temporales.

En este estudio solo emplean el factor diario de la siguiente manera:

$$\text{Factor de escala} = \frac{\text{Tráfico diario promedio}}{\text{IMD}}$$

4. Se aplican los factores temporales para la estimación de la IMD.

- Cuarto paso: Representación de las IMD estimadas en un mapa de tráfico.

Con las investigaciones revisadas, dado que no existe ninguna centrada en el ámbito interurbano, en este estudio se pretende analizar si la metodología llevada a cabo en ellas es extrapolable a este tipo de zonas no urbanas.

Además, ninguno de estos estudios utiliza alguna aplicación informática como base de datos para estimar la IMD ciclista.

6.3 ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA CICLISTA

Los programas de monitoreo de tráfico o modelo de cálculo de la demanda se utilizan para una gran variedad de funciones y procesos de decisión por investigadores y gestores del tráfico pertenecientes a administraciones. La necesidad de obtención de datos y los beneficios que resultan de estos, deben estar equilibrados con los recursos disponibles y potenciales para implementar un programa de monitoreo del tráfico siendo eficaz y eficiente. Por lo tanto, es fundamental la planificación y el diseño de un programa de monitoreo de tráfico.

Estos programas están diseñados para recopilar datos de tráfico y obtener la IMD con el objetivo de monitorear los trayectos dentro de una zona estudiada. Los tipos de datos recopilados consisten principalmente en datos de volumen, clasificación del vehículo, peso y velocidad.

En general, los programas de monitoreo de tráfico o los modelos de estimación de la demanda están compuestos por los siguientes pasos:

1. Planificación
2. Diseño
3. Calibración
4. Recolección
5. Distribución
6. Análisis
7. Informes
8. Mantenimiento

La FHWA es un organismo del Departamento de Transporte de los Estados Unidos especializados en el transporte por carretera. Se encarga de la ayuda a los gobiernos e instituciones de Estados Unidos para el diseño, la construcción y el mantenimiento de la red de autopistas. Entre sus objetivos se encuentra ofrecer seguridad en la circulación de las carreteras y autopistas, aportando programas para su mejora. Fue creada en 1966 y se estableció con la sucesión de un conjunto de organizaciones previas que gestionaban las carreteras desde 1893.

La TMG está destinada a proporcionar ayuda y recomendaciones a las agencias de carreteras estatales de EEUU, en cuanto a las políticas, normas, procedimientos y equipos que son utilizadas en un programa de control de tráfico.

La TMG de la FHWA nos ofrece una orientación en el establecimiento y mantenimiento de un programa de monitoreo del tráfico y que han empleado todos los estudios revisados. Se va a desarrollar a continuación.

6.3.1 METODOLOGÍAS PARA EL CONTEO DE USUARIOS VULNERABLES

Porter et al. (1999), indicaron que el primer paso para desarrollar un modelo de cálculo de la demanda ciclista o un programa de monitoreo es la respuesta de cuatro preguntas:

- ¿Cuántas personas utilizarían una nueva infraestructura?
- ¿Cuánto aumentará la demanda total si se mejora una infraestructura o una red de transporte?
- ¿Cómo afecta el ciclismo a los objetivos públicos, como es la reducción de la congestión y una mejora en la calidad del aire?
- ¿Cuáles son los beneficios totales que crea el ciclismo, tanto para los propios ciclistas, como la mejora de la salud y las ofertas recreativas?

Teniendo siempre en cuenta los siguientes objetivos:

- Predecir el número total de ciclistas en un área de estudio o en una infraestructura.
- Predecir qué porcentaje de la demanda total cambiará si se realiza un cambio en las infraestructuras o políticas de actuación.
- Identificar las zonas donde las infraestructuras inadecuadas o no idóneas hacen mantener la demanda ciclista por debajo de su óptimo.

El modelo que responde a todas esas preguntas al mismo tiempo es aquel que explica la demanda total ciclista en función de unos factores básicos, incluyendo las variables demográficas, políticas y de infraestructuras.

La medición de volúmenes de tráfico y su composición (clase, peso, velocidad) es la función principal y más básica de la planificación y gestión de carreteras. Los conteos de tráfico son la medida más común de uso de la carretera y los datos de recuento son necesarios como entrada para casi todos los análisis de ingeniería de tráfico.

En un programa de monitoreo de tráfico consta de dos tipos de conteos:

- Conteos continuos (temporales)
- Conteos de corta duración (espaciales), incluidos recuentos de cobertura periódica y recuentos de necesidades especiales.

En el capítulo 3 de la TMG proporciona unas recomendaciones sobre cómo planificar un programa de conteo así de como determinar el número adecuado de contadores para desarrollar los factores de ajuste y cómo aplicar estos. En la Fig. 16 se observa el procedimiento de un programa de monitoreo del tráfico propuesto por la TMG.

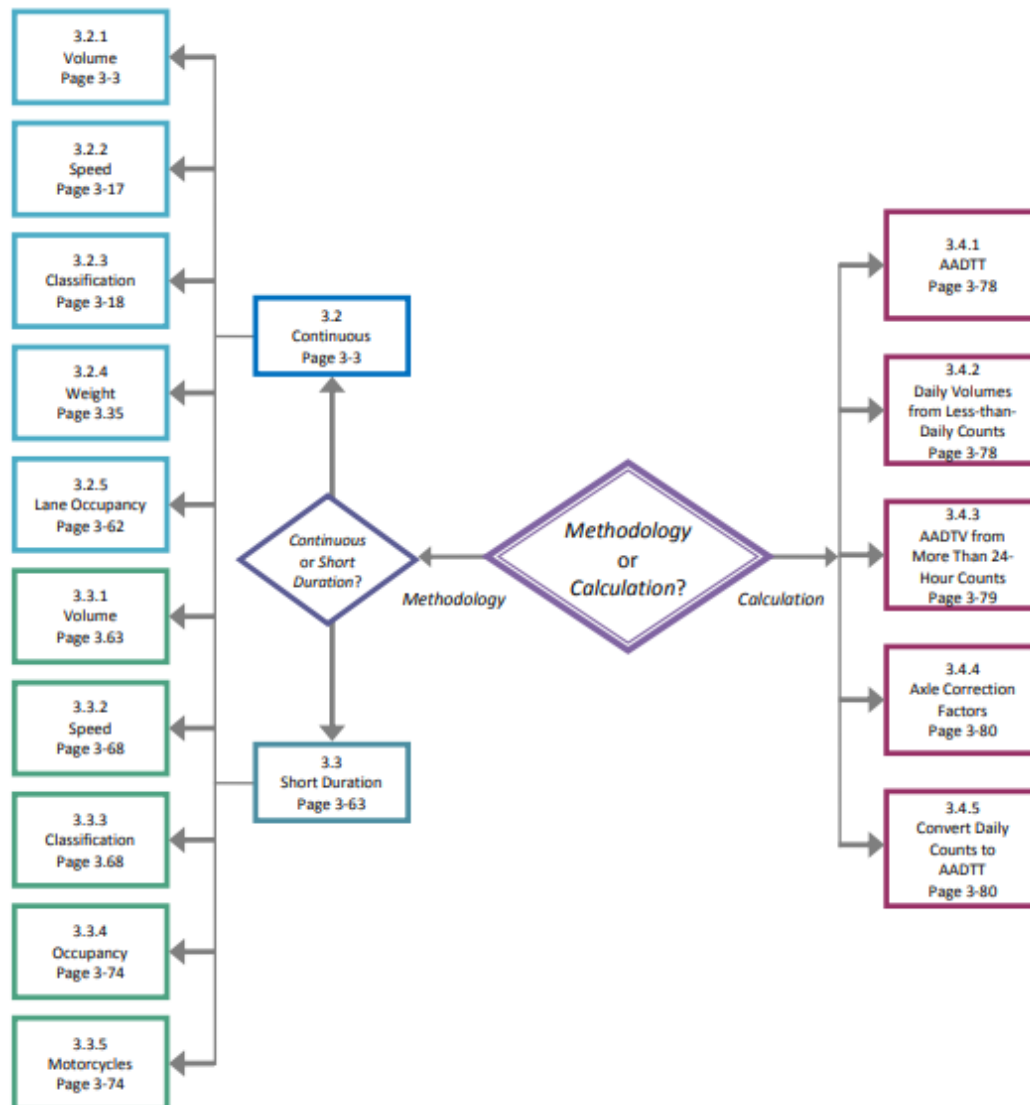


Fig. 16 Mapa conceptual de la metodología del diseño de un programa de monitoreo de tráfico. (TMG, 2013)

6.3.2 CONTEOS CONTINUOS

Un conteo continuo es un recuento de volúmenes que se obtiene de contadores permanentemente instalados durante un período de 24 horas diarias durante 365 días (excepto el año bisiesto).

Los objetivos de los programas de conteo continuo son muchos y pueden variar en función de su uso:

- Desarrollar factores de ajuste
- Seguir las tendencias de volumen de tráfico en segmentos importantes

- Proporcionar información a la gestión del tráfico

Los conteos continuos explican o ayudan a entender los cambios temporales (hora del día, día del mes, mes del año y plurianual) en el volumen, la velocidad, la clase y el peso del tráfico, permitiendo el desarrollo de un procedimiento necesario para convertir un conteo de corta duración a uno continuo. Proporciona estimaciones precisas de las condiciones anuales y normalmente se requieren ajustes a los datos de conteo de corta duración para eliminar el sesgo temporal de los datos utilizados para el cálculo de la IMD.

6.3.2.1 OBTENCION DEL VOLUMEN DE TRAFICO

Cuando se utiliza un conteo continuo para obtener el volumen de tráfico de una carretera o una red de carreteras, lo que se busca obtener son los factores de ajuste temporales:

- Horas de día (HOD)
- Día de la semana (DOW)
- Mes del año (MOY)
- Factores anuales para expandir

Los factores de ajuste temporal se utilizan para conocer con mayor profundidad las características del tráfico, pero también para hacer una extrapolación de un conteo de corta duración, aplicando estos factores al volumen obtenido en el conteo en una determinada franja horaria de un determinado día de la semana, en un mes en concreto de un año específico.

Cada organización que realice estos conteos continuos, deben colocar un número de elementos contadores que se ajuste a su presupuesto, si este es reducido, se recomienda colocarlas en aquellos puntos más importantes de la carretera.

En la Fig. 17 se muestra un esquema de los pasos que se deben seguir para realizar un conteo permanente.

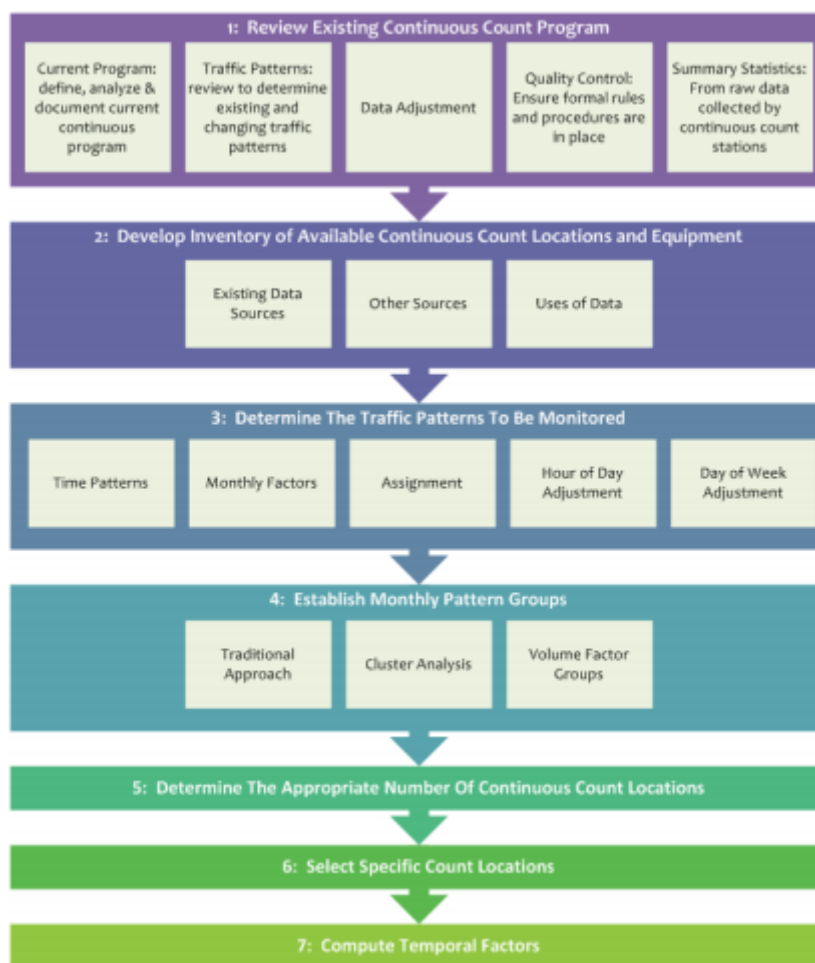


Fig. 17 Proceso de un programa de un conteo continuo. (TMG, 2013)

6.3.2.1.1 Conocer el actual programa de conteo continuo

El primer paso es definir, analizar y documentar el programa de recuento continuo actual, realizando un inventario de elementos, ya que conocer la situación actual permite definir los objetivos con mayor precisión, como la forma de uso de los datos, quién los está utilizando y cómo se usarían si hubiera herramientas disponibles para usarlos de nuevas maneras.

A continuación los datos deben ser revisados para determinar los patrones de tráfico horarios, diarios y mensuales que existen y si estos han cambiado. Si lo han hecho se debe reajustar el proceso de monitoreo.

El siguiente paso es revisar cómo se están ajustando los datos y si estos pasos de ajuste de datos pueden mejorarse para ser más eficientes, definiendo la calidad de estos. Cada organización debe tener reglas y procedimientos formales para estos controles de calidad ya que los datos no pueden ser retirados o reemplazados porque parecen atípicos, puesto que pueden explicar determinados hechos en el tráfico.

Además, se debe realizar revisiones periódicamente para crear estadísticas a partir de los datos brutos recopilados por los contadores continuos. Estos procedimientos deben ser consistentes de un año a otro

6.3.2.1.2 Desarrollar un inventario de las ubicaciones y el equipo de recuento continuo disponible y necesario

El inventario se realiza a partir de fuentes de datos existentes, donde se incluyen los sitios de conteo continuo existentes sin excluir los sitios secundarios.

Conocer cómo se están utilizando actualmente los datos de recuento continuo es un paso que debe dar respuesta a quién y cómo se usan los datos principalmente para la justificación de los presupuestos.

6.3.2.1.3 Determinación los patrones de tráfico a monitorear

Determinar las tendencias del volumen de tráfico es una de las tareas más importantes en el programa de conteo para comprender y determinar la variación del tráfico a lo largo del tiempo. Para ello se tiene que crear unos factores de ajuste que nos permite extrapolar un conteo de corta duración a uno de larga duración aplicando estos factores, lo que permite ahorra tiempo y presupuesto.

- **Variaciones del patrón de tiempo.** Los patrones mensuales (MOY) y semanales (DOW) son los de mayor importancia. El patrón mensual se utiliza para evaluar el grado de variación estacional (mensual) y examinar la validez de los procedimientos de agrupación de factores existentes que producen los factores estacionales. Comprender cómo se distribuyen esos patrones y cómo se pueden monitorear de manera eficiente es una parte importante del proceso de revisión de los factores.
- **Factores mensuales.** El proceso de revisión empieza computando la intensidad media diaria (IMD) y los factores mensuales. Posteriormente, los factores mensuales se utilizan como entrada para un procedimiento de análisis para la determinación de los patrones agrupándolos (Grupos de patrones mensuales).
- **Asignación.** Los grupos de patrones mensuales se definen por una característica fácilmente identificable que permita la asignación de un grupo de factores a los conteos de corta duración.
- **Distribución horaria.** La variabilidad horaria (HOW) es de gran importancia ya que por ejemplo las rutas rurales o no urbanas no muestran dos picos prominentes como si lo hacen los trayectos en zonas urbanas, mientras que las rutas recreativas muestran un solo pico diario ya que los viajeros van a su destino recreativo.
- **Distribución diaria.** La variación de volumen por día de la semana (DOW) también está relacionada con la ubicación del sitio, sea urbano o rural, y el tipo de carretera en la que se realizan las observaciones

6.3.2.1.4 Establecer grupos de patrones mensuales

Lo habitual es que los factores mensuales no sean homogéneos debido a las diferentes características de la zona estudiada y del tráfico, por lo que es necesario volver a formar los grupos de factores mensuales.

La estadística básica utilizada para crear grupos de factores puede ser la relación de Intensidad Media Diaria Anual (IMDa) y la Intensidad Media Diaria Mensual (IMDm) o la relación de IMDA y la Intensidad Media Diaria Semanal (IMDs).

Los tres tipos principales de análisis para establecer los grupos de patrones mensuales son:

- **Enfoque tradicional.** Se basa en un conocimiento general del sistema de carreteras estudiado combinado con una interpretación visual de los gráficos mensuales obtenidos. La ventaja de este enfoque tradicional es que permite crear grupos que son más fáciles de identificar ya que se espera que se comporten de manera similar. Como regla general se recomienda un mínimo de tres a seis grupos, pero si se identifica un número mayor, se deben crear.
- **Análisis de Cluster.** Se realizan mediante programas informáticos que realizan una agrupación estadística que interpreta los resultados obtenidos.

Las dos debilidades principales son:

- Falta de directrices o recomendaciones teóricas para establecer el número óptimo de grupos.
- Los grupos formados a menudo no pueden ser adecuadamente definidos.

Dos de las principales ventajas del análisis Clúster:

- Permite una obtención independiente del patrón o la similitud entre los grupos
- Como consecuencia del punto anterior, los grupos están menos sujetos al sesgo y se puede identificar patrones que de forma manual no puede ser intuitivos para el analista.

- **Grupos de Factores de Volumen.** Los patrones son obtenidos a partir del volumen del tráfico, lo que conlleva que estos grupos no se basan en las características del trayecto, lo que hace que no sean efectivos para la determinación de estos grupos de patrones.

6.3.2.1.5 Determinación del número de ubicaciones

Una vez establecida la cantidad de grupos de patrones y la cantidad de ubicaciones para cada uno, las ubicaciones determinadas se pueden modificar una vez realizada la revisión, pudiéndose ampliar o disminuir este número.

6.3.2.1.6 Selección de ubicaciones de recuento específicas

Una vez determinado el número de patrones de grupos y de las ubicaciones del conteo continuo para cada grupo, se puede hacer una modificación de estas ubicaciones una vez hecha la revisión de los datos. Si se detecta una escasez de ubicaciones de conteo se debe incluir nuevas ubicaciones lo antes posible ya que aumentan la confianza de los datos.

6.3.2.1.7 Cálculo de factores temporales

Los factores temporales que se desarrollan y se aplican aumentan la precisión del cálculo cada año que son utilizados, por lo que los factores aplicados en la extrapolación de un conteo de corta duración no podrán ser aplicados hasta que no finalice el año al que pertenece esa franja temporal.

La recomendación es calcular los factores de ajuste temporales en la estimación de la IMD antes de que finalice el año y luego realizar una revisión de esa estimación previa una vez que los verdaderos factores se puedan calcular en enero.

Estos factores temporales pueden desarrollarse de tres maneras:

- **Aplicar los factores del año anterior al conteo realizado.** Es el método más fácil pero también el menos preciso, ya que puede que las condiciones del entorno hayan cambiado de un año a otro.
- **Calcular un promedio de los factores de los tres años anteriores.** Reduce los sesgos que se producen al utilizar los factores de un solo año
- **Calcular un promedio móvil mensual.** Es decir, no seleccionando un año natural, si no los 12 meses previos a los que se ha realizado el conteo. Es el factor de ajuste más preciso, pero también requiere un procesamiento y manipulación de los datos que tiene un mayor consumo de recursos.

Los factores temporales quedarían definidos de la siguiente manera:

- **Factores mensuales (MOY):** Relación entre la IMDa y la IMDm
- **Factores semanales (DOW):** Relación IMDa y el IMDs (Intensidad Media Diaria Semanal)
- **Factores diarios (HOD):** Relación entre la IMDa y el IMDh (Intensidad Media Diaria Horaria)

Por otra parte, la IMDa se puede calcular como la relación entre el volumen registrado en un conteo durante los 365 días del año y dividiendo por 365. De manera similar, la IMDm se puede calcular agregando los volúmenes diarios durante un mes y dividiéndolo por la cantidad de días en el mes. De la misma forma se haría con la IMDh.

6.3.3 CONTEOS DE CORTA DURACIÓN

Los conteos de corta duración ocupan el mayor consumo de recursos y aportan la principal información espacial sobre el volumen de tráfico. Se clasifican en dos tipos:

- **Conteos de cobertura:** cubre el sistema de red de carreteras de manera periódica.
- **Conteos de necesidades especiales:** comprende recuentos adicionales necesarios para conocer cómo afectan variables específicas al tráfico.

No se determina un número concreto de conteos de corta duración en un determinado periodo de tiempo, solo se recomienda que se ajusten a recursos disponibles y a la necesidad de caracterizar el tráfico. Como directriz general aporta que se cuente al menos una vez cada seis años.

A continuación se detallan los pasos a seguir en un conteo de corta duración:

1. Dividir el sistema vial en segmentos homogéneos en función del volumen de tráfico.
2. Determinar las ubicaciones para posicionar los conteos
3. Establecer las necesidades de recopilación de datos
4. Representar en un mapa las ubicaciones de los contadores
5. Definir cómo se pueden combinar los conteos, de corta y de larga duración, para hacer el mejor uso de los recursos disponibles
6. Programar los conteos para utilizar los equipos disponibles de manera eficiente

6.3.4 COMBINACIÓN DE CONTEOS DE LARGA DURACIÓN Y CONTEOS DE CORTA DURACIÓN

La mejor manera de lograr la eficiencia de costos en el programa de monitoreo del tráfico es coordinar los conteos continuos y de corta duración

A partir de los conteos de volumen de corta duración, aplicando unos factores de ajuste, se puede convertir un conteo de volumen de tráfico de corta duración en una estimación de AADT. En general, se aplica la siguiente fórmula:

$$AADT_{hi} = VOL_{hi} \times M_h \times D_h \times A_i \times G_h$$

Donde:

- $AADT_{hi}$ = Intensidad Media Diaria en la ubicación i del grupo de factores h
- VOL_{hi} = Volumen obtenido en el conteo en la ubicación i del grupo de factores h
- M_h = factor estacional mensual aplicable para el grupo de factores h
- D_h = factor estacional diario aplicable para el grupo de factores h
- A_i = factor de corrección por método de conteo aplicable en la ubicación i
- G_h = factor de crecimiento aplicable para el grupo de factores h

Esta fórmula se puede modificar según las necesidades a tener en cuenta por las características específicas del conteo de tráfico.

6.4 METODOLOGÍAS PARA EL AFORO CICLISTA

En este apartado se hace una recopilación de los tipos y metodologías existentes actualmente de conteo de vehículos no motorizados, haciendo especial interés en los ciclistas. Los datos obtenidos en los conteos son la base principal de los modelos predictivos de la demanda, por ello deben ser precisos sin dejar de tener en cuenta otros aspectos importantes como son los costes y la facilidad de su uso.

La TMG nos ofrece una orientación en los dispositivos de monitoreo del tráfico que se va a desarrollar a continuación.

En el conteo de ciclistas y peatones se usan tecnologías muy similares que también son utilizadas para el caso de vehículos motorizados (automóviles). En cambio, las características en el diseño y la configuración difieren ya que se debe ajustar a las necesidades existentes, que vienen producidas por los siguientes inconvenientes:

- Los peatones y los ciclistas están menos confinados en las áreas por donde circulan, lo que produce que realicen un número superior de movimientos que los automóviles no pueden hacer por la rigidez de la circulación. Estos pueden circular por las aceras u otros lugares, pueden pararse a hablar o incluso manipular el dispositivo de monitoreo.
- Los peatones y ciclistas suelen circular en grupos espaciados y puede producir que algunos sensores tengan dificultades para distinguir usuarios individuales del conjunto del grupo, por lo que el sensor subestimaré los recuentos reales.


Sin embargo, los avances tecnológicos en los aparatos utilizados en los conteos de tráfico no motorizado han producido mejoras en estos procesos, minimizando los errores y los costos.

Para realizar un conteo de ciclistas, usuarios que se incluyen dentro del grupo de vehículos no motorizados, La TMG indica que se debe de realizar dos preguntas para obtener el mejor método para nuestro estudio:

- ¿Qué se está contando? Solo ciclistas, solo peatones, peatones y ciclistas combinados
- ¿Cuál es la duración del conteo? Permanente, temporal o en algún punto intermedio

En función de la respuesta, la guía nos ofrece un cuadro resumen con aquellos métodos que son más afines a nuestras necesidades que se observa en la Fig. 18. Dependiendo del presupuesto y la disponibilidad comercial, se puede tomar una decisión final de forma más sencilla que dependa de la tecnología que se implementará.

1. What Are You Counting?



	Technology	1. What Are You Counting?				Cost
		Bicyclists Only	Pedestrians Only	Pedestrians & Bicyclist Combined	Pedestrians & Bicyclist Separately	
2. How Long? ↑ Permanent ↓ Temporary/Short Term	Inductance Loops ¹	●			●	\$\$
	Magnetometer ²	○				\$-\$
	Pressure Sensor ²	○	○	○	○	\$\$
	Radar Sensor	○	○	○		\$-\$
	Seismic Sensor	○	○	○		\$\$
	Video Imaging: Automated	○	○	○	○	\$-\$
	Infrared Sensor (Active or Passive)	○ ³	●	●	●	\$-\$
	Pneumatic Tubes	●			●	\$-\$
	Video Imaging: Manual	○	○	○	●	\$-\$\$\$
	Manual Observers	●	●	●	●	\$\$-\$\$\$

○ Indicates what is technologically possible.
 ● Indicates a common practice.
 ● Indicates a common practice, but must be combined with another technology to classify pedestrians and bicyclists separately.
 \$, \$\$, \$\$\$: Indicates relative cost per data point.
¹ Typically requires a unique loop configuration separate from motor vehicle loops, especially in a traffic lane shared by bicyclists and motor vehicles.
² Permanent installation is typical for asphalt or concrete pavements; temporary installation is possible for unpaved, natural surface trails.
³ Requires specific mounting configuration to avoid counting cars in main traffic lanes or counting pedestrians on the sidewalk.

Fig. 18 Tabla resumen para escoger la tecnología de conteo adecuada. (TMG, 2013)

A continuación, se muestra la tecnología de método de conteo:

6.4.1.1 BUCLE DE INDUCCIÓN

Los bucles de inducción (Fig. 19) funcionan haciendo circular una corriente baja tensión y alterna a través de una bobina de alambre que se incrusta en el pavimento o suelo donde se va a realizar el conteo. La corriente alterna crea un campo electromagnético sobre la bobina de alambre que cuando un objeto conductor, en este caso la bicicleta, pasa a través del campo electromagnético, obstaculizará el campo en una cantidad medible. Si esta interrupción cumple con los criterios previamente diseñados, se produce la detección y de este y a través de un dispositivo se realiza el conteo.

Detectan indistintamente tanto objetos pesados como ligeros, por lo que no es recomendable de utilizar este tipo de conteo en tráfico mixto junto vehículos motorizados, ya que la complejidad de la pre-programación del dispositivo puede dificultar y encarecer este proceso.

Para diferenciar el conteo de ciclistas en función de la dirección del recorrido se debe realizar de una de las siguientes formas:

- Instalar un bucle de inducción dentro de cada carril y suponer que todos los ciclistas en ese carril viajan en la dirección especificada.
- Instalar dos bucles de inductancia en serie, de modo que pueda obtener la dirección del ciclista a partir del tiempo de detección en cada bucle.

Las características más importantes de los bucles que se deben precisar son:

- Configuración de bucle: Utilizar diferentes patrones
- Sensibilidad del circuito del detector: debe ser lo suficientemente alta como para detectar los marcos de bicicleta no ferrosos, pero lo suficientemente baja para no detectar vehículos motorizados.
- Posición de la bicicleta: Adecuar la geometría del trazado para que la posición de la bicicleta al paso del bucle sea la óptima para su detección.

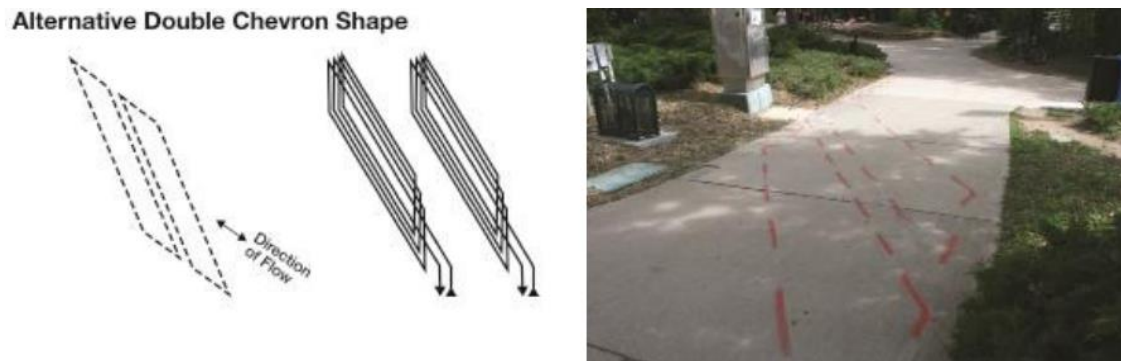


Fig. 19 Izquierda: Ejemplo de detector de bucle de inducción para conteo de ciclistas. (Jeff Bunker, City of Boulder.). Derecha: Ejemplo de detector de bucle de inducción para conteo de ciclistas. (Turner et al., 2007)

6.4.1.2 SENSORES INFRARROJOS

Existen dos tipos de sensores (Fig. 20):

- Sensores infrarrojos activos: usan un transmisor de señal en un lado de la zona de detección y un receptor en el otro lado. Funcionan enviando una serie de pulsos infrarrojos en un haz desde el transmisor hasta el receptor, cuando el haz es cortado durante un tiempo predeterminado, se registra un conteo.
- Sensores de infrarrojos pasivos: solo usan un transmisor de señal en un lado del área de detección y funciona cuando identifican un cambio de calor en el área de detección. Se predefine unos criterios en la diferencia de calor para registrar una detección.

Los sensores infrarrojos activos son mucho más complejos que los pasivos debido a que se necesita un doble montaje del transmisor y receptor.

Este método solo es útil en el paso único de ciclistas, ya que no diferencia tipo de vehículos e incluso peatones.



Fig. 20 Ejemplos de sensores infrarrojos pasivos vs. activos (Ryus et al., 2017)

6.4.1.3 MAGNETOMETROS

Los magnetómetros (Fig. 21) funcionan al detectar un cambio en el campo magnético normal de la Tierra causado por un objeto de metal ferroso. Es un método complejo ya que puede contar otros vehículos no motorizados además que para una pequeña zona de estudio se necesita un gran número de estos aparatos.



Fig. 21 Magnetómetro inalámbrico instalado (FHWA-HRT-08-001, 2007)

6.4.1.4 TUBOS NEUMÁTICOS

Los tubos neumáticos (Fig. 22) Es un método de conteo portable y de bajo coste que sirven perfectamente para el conteo de ciclistas únicamente. Su funcionamiento es sencillo, cuando el vehículo circula sobre el neumático se produce un estallido corto de aire que acciona un interruptor de aire que detecta el paso del vehículo. El registrador de datos utiliza unos criterios predefinidos o algoritmos para determinar si un el vehículo que ha pasado por los tubos es válido.

Es un método económico que en la actualidad no se usa simplemente como conteo principal, si no combinado con otros tipos de sensores para mejorar el conteo.

Se debe tener especial cuidado con los ciclistas porque pueden producir pinchazos en los neumáticos producido por los calvos de sujeción, recomendado colocarlos con cinta adhesiva.



Fig. 22 Ejemplo de configuración de tubo neumático para el conteo direccional del tráfico de bicicletas (Jean-Francois Rheault, Eco-Counter)

6.4.1.5 SENSORES DE PRESIÓN

Los sensores de presión (Fig. 23) funcionan cuando se produce un cambio de peso sobre su superficie. Como con los otros métodos de conteo, los criterios predefinidos se utilizan para determinar una detección válida. El sensor se debe colocar debajo o muy cerca del área de detección. Son más utilizados en caminos no pavimentados ya que el entierro del elemento es de menor costo y altera mínimamente el entorno. Algunos sensores de presión son capaces de detectar la diferencia entre peatones y ciclistas y se pueden usar para recopilar información direccional. De forma adecuada, pueden servir como contadores continuos permanentes.



Fig. 23 Ejemplos de sensores de presión sobre un suelo natural (Jean-Francois Rheault, Eco-Counter.)

6.4.1.6 SENSORES SISMICOS

Funcionan de igual forma que los sensores de presión, pero detectando el paso de ondas de energía a través del suelo causadas por un objeto, un vehículo o un peatón. Las características son idénticas a estos sensores de presión.

6.4.1.7 PROCESAMIENTO DE IMÁGENES DE VIDEO

Es un método que consiste en el procesamiento de imágenes de video. La forma más sencilla es el tratamiento manual. Otra forma más compleja es mediante el uso de reconocimiento de patrones visuales que identifican a un peatón o ciclista que circulan a través de la zona de visión de una cámara de video. En función del software desarrollado, se puede distinguir la dirección del viaje, los peatones de vehículos, si viajan en pelotón y otras muchas más características que pueden ser importante en los estudios.

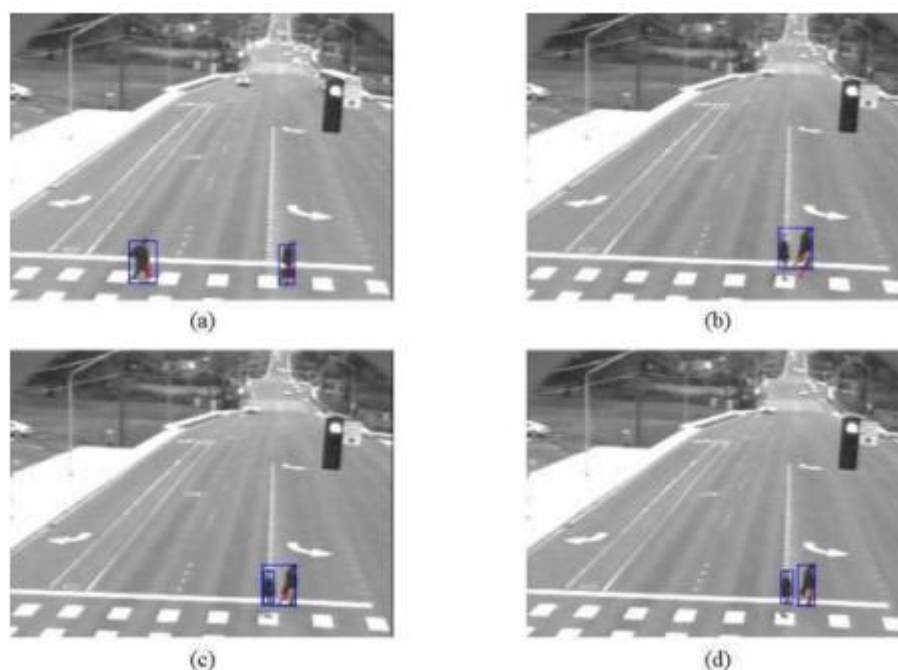


Fig. 24 Ejemplo de procesamiento de imágenes de video. (Malinovski et al., 2009)

6.4.1.8 NUEVAS TECNOLOGÍAS

Los productos que se encuentran actualmente en el mercado para el conteo del tráfico no motorizado están en constante renovación y desarrollo. Los dispositivos móviles equipados con GPS proporcionan un medio para monitorear pequeñas muestras de tráfico de ciclistas y peatones, por lo que está siendo el objetivo de empresas comerciales y estudios de investigación. Sin embargo, estas tecnologías por sí solas no pueden contar directamente los volúmenes totales de ciclistas y peatones.

En los últimos años, el volumen de datos GPS recogidos por los estudios ha aumentado significativamente cuando los investigadores han utilizado el GPS mediante las aplicaciones en los Smartphones. Esto es debido a una gran publicidad realizada entre

la comunidad ciclista proveniente de aplicaciones deportivas, en este caso, dentro de la comunidad ciclista.

6.4.1.8.1 Tecnología weareable

Otro aspecto que ha aumentado el número de usuarios de estas aplicaciones deportivas ha sido la creación de la tecnología Weareable o dispositivos vestibles. Estos dispositivos son pequeños aparatos eléctricos que se llevan integrados en el cuerpo mediante su implantación o como accesorio.

En esta investigación, para que un dispositivo pueda ser considerado como weareable debe de cumplir las dos características:

- Vestible o Weareable: Se deben usar en el cuerpo del usuario durante un período prolongado, mejorando de manera significativa la experiencia del usuario como resultado de su uso.
- Inteligente: Debe contener circuitos avanzados, conectividad inalámbrica y al menos un nivel mínimo de capacidad de procesamiento independiente.

Además, los clasifica en cinco categorías:

- Fitness y bienestar: Se usan en el monitoreo de actividades físicas y emociones.
- Asistencia sanitaria y médica: Se utilizan en el control de los signos vitales.
- Industrial: Transmiten información en entornos industriales.
- Militar: Transmiten información en entornos militares.
- Infotainment: Transmiten información para entretenerse o mejorar el estilo de vida

Los aparatos que pertenecen a la categoría de fitness y bienestar están destinados principalmente a los atletas profesionales y practicantes de deporte recreativo, siendo estos los principales usuarios que utilizan la aplicación Strava, objeto de estudio en este TFM, por ello la importancia de la tecnología en el cálculo de la IMD ciclista.

Según Nielsen (2014), uno de cada 6 personas, es decir, el 15% de la población usa algún dispositivo vestible, en cualquiera de su forma. La mayoría de los usuarios de wearables son jóvenes, con casi la mitad de estos usuarios, un 49%, se sitúa en una franja de edad entre los 18 y 34 años de edad, repartidos de forma equitativa entre hombres y mujeres.

Dentro de estos dispositivos, las bandas de fitness fueron los dispositivos más vendidos (61%), seguidos por los relojes inteligentes (45%) y dispositivos mHealth (salud móvil) (17%). Mientras que los compradores de bandas de fitness lo realizaron principalmente por su salud y el control de sus parámetros físicos a la hora de realizar deporte, los que eligieron los relojes inteligentes, fue debido al control de su teléfono inteligente o Smartphones.

Además, casi un tercio de los propietarios de Smartphones en Estados Unidos usan aplicaciones deportivas o Fitness apps, que se ha incrementado por la salida al mercado

de la tecnología *Wearable*, accediendo a estas apps una media de 16 veces al mes durante una hora.

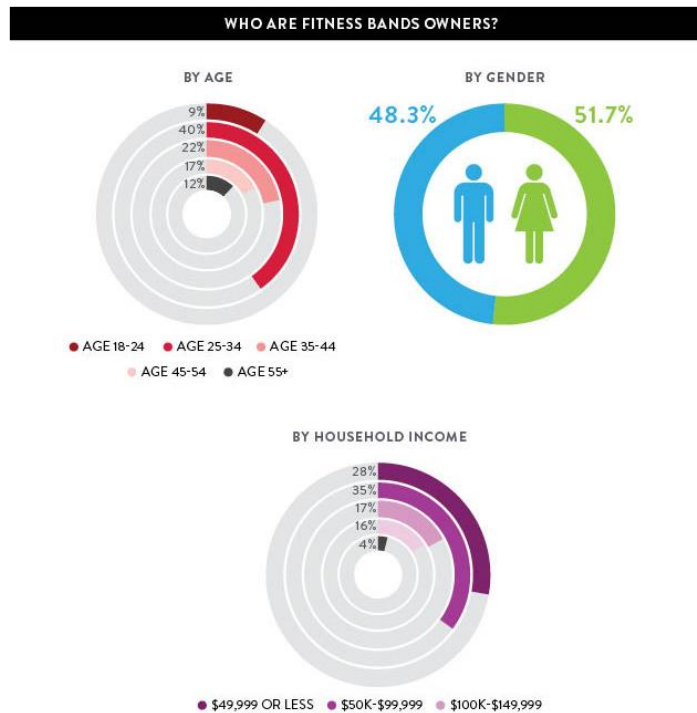


Fig. 25 Muestra de población que utiliza tecnología *wearable*. (Nielsen, 2014)

Según Mitesh et al. (2015), la retroalimentación de datos es fundamental para que los usuarios utilicen de forma continuada estos dispositivos, ya que la mitad de personas que posee un dispositivo *vestible* deja de usarlo, y de esta mitad, un tercio lo hace los seis primeros meses. Como conclusión, determina que para potenciar su uso de forma continuada, se debe combinar un estímulo individual, la competencia con otros usuarios y la colaboración social llevada a cabo mediante la retroalimentación de datos.

6.4.1.8.2 Tecnología RFID (radio frequency identification)

La tecnología RFID es un sistema de almacenamiento y recuperación de datos remoto que usa dispositivos en forma de etiquetas, tarjetas o transpondedores RFID (Fig. 26). El propósito fundamental es transmitir la identidad de un objeto mediante ondas de radio. Por tanto se precisa del equipamiento previo de las bicicletas o ciclistas mediante la etiqueta con un coste muy reducido



Fig. 26 Transpondedor RFID

Para su implementación se requiere por parte de las administraciones o de los organismos competentes una campaña de divulgación del sistema, que permita su incorporación en la mayor parte de los usuarios de bicicletas.

Para el aforo, es necesaria la instalación de una antena RFID en el tramo a analizar, que detectará la presencia de las bicicletas que se encuentren dentro de su rango de detección.

6.4.1.8.3 Aplicaciones deportivas

Las investigaciones centradas en el transporte, en especial en el uso de la bicicleta, necesitan una gran cantidad de datos para poder crear y validar modelos de tráfico, pero con las nuevas tecnologías esto ha cambiado.

La primera compañía que empezó a vender los datos registrados por sus usuarios fue la aplicación deportiva Strava, a través del proyecto StravaMetro. Según Strava (2014), Strava tiene millones de usuarios que suben más de nueve millones de actividades por semana y Metro anonimiza y agrega sus trayectos GPS en un mapa de tráfico para crear una vista detallada del comportamiento ciclista en carreteras y senderos. La información es similar a tener un contador de bicicletas en cada esquina, 24 horas al día, siete días a la semana.

Para comprobar si los datos ofrecidos por la aplicación son fiables se realizó un análisis estadístico de correlación a partir de dos segmentos. Como conclusión se obtuvo que podrían predecir el comportamiento de los ciclistas con una precisión del 91% y del 94%, lo que significa que los datos de Strava Metro son un representante altamente fiable de la realidad. En términos prácticos, la precisión de los datos de Strava Metro significa que los investigadores pueden tomar los datos de bicicletas y extrapolar esa información a cada calle e intersección en la ciudad o región de estudio.

Estas aplicaciones deportivas han sido desarrolladas gracias a la evolución del GPS y a su integración en los dispositivos tecnológicos con un coste asumible para la mayoría de la población.

6.5 OBTENCIÓN DE DATOS MEDIANTE GPS

El Global Positioning System (GPS), denominado en español como Sistema de Posicionamiento Global, es un sistema de navegación que permite conocer e identificar una posición tridimensional con aproximadamente un metro de precisión (latitud, longitud y altitud) en un instante de un objeto en cualquier punto de la Tierra. Para ello, este objeto debe estar equipado con un receptor que es detectado a través de una red de satélites que orbitan alrededor de nuestro planeta (Fig. 27).

El GPS se compone de tres partes diferentes:

- Segmento espacial: es una constelación de al menos 24 satélites que pertenecen al gobierno de EE. UU. Están distribuidos en seis planos orbitales inclinados 55° desde el ecuador en una órbita media terrestre (MEO) a unos 20.200 kilómetros y rodeando la Tierra cada 12 horas.
- Segmento de control: conjunto de estaciones en la Tierra monitoreando y manteniendo los satélites GPS en los planos orbitales.
- Segmento de usuario: receptores que utilizan los usuarios que procesan las señales de navegación de los satélites GPS y calculan la posición y la hora.

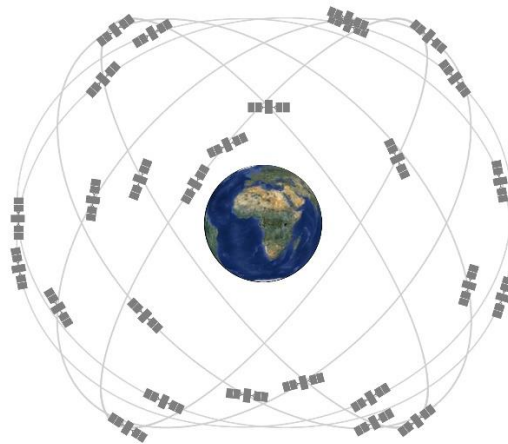


Fig. 27 Esquema de la red de satélites (Nasa ,2012 b)

El origen del GPS se remonta a 1957, cuando la Unión Soviética lanzó el primer satélite artificial, denominado con el nombre de Sputnik, perteneciente al Programa Sputnik.

En la investigación se comprobó que la frecuencia transmitida por las señales de radio sufría cambios, aumentado cuando el satélite se acercaba y disminuyendo cuando el satélite se alejaba, por lo que se producía el “Efecto Doopler”, convirtiéndose este fenómeno como base del cálculo en el GPS.

Para poder determinar la posición mediante el GPS es necesario como mínimo 3 satélites (Fig. 28) mediante el método matemático la trilateración en un modelo de dos dimensiones:

- Un satélite localiza e indica que el receptor se encuentra en un determinado punto en la superficie de la esfera terrestre, determinando una esfera con centro en el propio satélite y de un radio como la distancia total hasta el receptor.
- Con dos satélites quedan determinadas dos circunferencias cuya intersección permite conocer el punto el cual se encuentra el receptor.
- Añadiendo información de un tercer satélite, se elimina el error de la falta de sincronización entre los relojes de los receptores GPS y los relojes de los satélites. En este momento es cuando el receptor GPS puede determinar una posición 3D exacta permitiendo conocer la latitud, la longitud y la altitud.

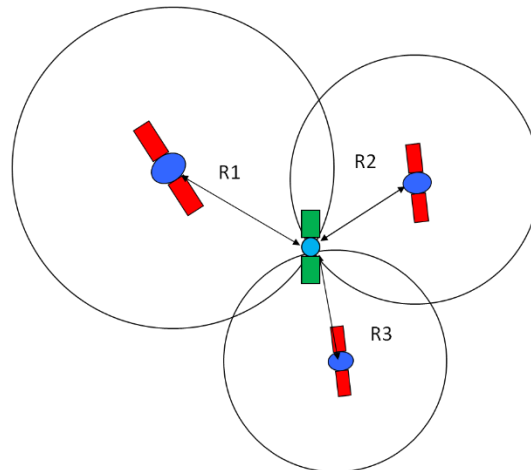


Fig. 28 Ejemplo del método matemático la trilateración (NASA, 2012 a)

El primer experimento fue llevado a cabo por la Marina de los Estados Unidos (The United States Navy) en la década de 1960, tomando como origen los primeros satélites artificiales lanzados por la Unión Soviética, los del Programa Sputnik. El experimento constaba de seis satélites orbitando en los polos que obtenían la posición de los submarinos que cargaban misiles nucleares.

Posteriormente, en la década de 1970, el Departamento de Defensa de los Estados Unidos (U.S. Department of Defense (DoD)) necesitaba aportar un sistema de mayor confianza de navegación. Apoyándose en el sistema creado por la Marina, lanzó una red de 24 satélites en 1978, el NAVSTAR, entrando en pleno funcionamiento en 1993.

En el año 2007 se alcanza el mayor auge debido a la revolución tecnológica con el desarrollo de los Smartphones o teléfonos inteligentes, donde incluyen GPS. En el año 2009, los teléfonos inteligentes representaban un 15,4% del total de teléfonos móviles en el mundo. En 2014 este porcentaje aumentó llegando al 35%, existían un total de 175 mil millones de estos teléfonos EMarketer (2014). En Estados Unidos el porcentaje en 2011 era de un 44%, alcanzándose el 65% en 2013 The US Digital Consumer Report (2014).

Por tanto, el aumento de Smartphones conlleva un aumento del uso del GPS. Este hecho junto al desarrollo de aplicaciones móviles ha propiciado un aumento de aplicaciones deportivas donde permiten la gestión de rutas y otra información de los usuarios que las utilizan.

Esta información puede ser aprovechada para la investigación, es decir, un uso distinto a la principal finalidad.

A continuación se va a realizar un repaso de los estudios e investigaciones más importantes sobre el tráfico ciclista cuyos datos se han recopilado a través de dispositivos GPS, ya sea implantando en los medios de transporte, en este caso las bicicletas, o a través de aparatos electrónicos como los Smarthpones o la tecnología Wereable.

Puesto que esta tecnología es muy reciente para los usuarios, el primer estudio data de 2007. Este primer estudio, en el que se utilizaron datos recogidos mediante GPS para la investigación de ciclistas, fue en 2007 por Harvey et al. (2007). Se recogió 938 trayectos (327 durante la primera semana, 304 en la segunda semana y 307 en la tercera semana) de 51 ciclistas diferentes dentro del entorno urbano de la ciudad de Minneapolis, Estados Unidos para representar un mapa de calor (Fig. 29).

Los voluntarios fueron captados en los meses de septiembre de 2005 y mayo de 2006 y los datos tomados durante los meses primaverales de 2006. Se buscaba obtener como resultado final un patrón en el comportamiento de los ciclistas en viajes de corta distancia utilizando las infraestructuras que ofrece la ciudad. La principal conclusión obtenida fue que, a pesar de la complejidad del tratamiento de datos proveniente de la imprecisión del posicionamiento, el uso del GPS en las investigaciones permite un análisis más detallado del comportamiento de los ciclistas cuando estos datos se pueden plasmar en un mapa del entorno estudiado.

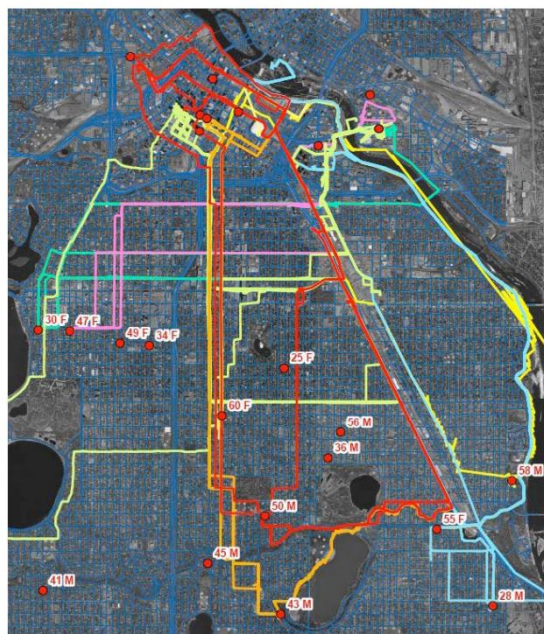


Fig. 29 Mapa de calor. (Harvey et al., 2007)

En el año 2009, Schuessler et al. (2009) mediante un estudio en las ciudades Zúrich, Winterthur y Ginebrade, Suiza, donde se obtuvieron datos mediante GPS a partir de 5.000 participantes voluntarios, llevando un dispositivo GPS durante una semana.

El resultado fue una base de datos de 32.000 viajes realizados donde se caracterizaban en función del medio de transporte empleado, la velocidad media y máxima alcanzada, así como las paradas realizadas o las infraestructuras por donde circulaban.

Debido a esta gran cantidad de datos e información, se empleó el Sistemas de Información Geográfica (SIG), ya que permite georreferenciar esta información y siguiendo la conclusión de Harvey et al. (2007), este método ofrece una mayor facilidad a la hora de manejar los datos.

El principal problema que se encontró fue la correcta localización mostrada por los GPS, ya que como situación ideal se consideraba si la posición exacta variaba entre 5 y 10 metros, pudiendo ser esta distancia mayor en los casos más desfavorables. Estos casos desfavorables se dan cuando el GPS es detectado por menos de los 4 satélites necesarios para esta obtener la localización y sucede principalmente en el enchufe o arranque de este dispositivo. Otros problemas pueden surgir por perturbaciones atmosféricas o la reflexión de la señal en diferentes superficies.

Para subsanar estos errores, la principal solución es el filtrado de datos. En este caso se eliminaron todos aquellos datos cuya altitud no pertenecía a la topología de Suiza o existían saltos en el espacio donde la velocidad necesaria para realizar esa distancia era mayor a 50 Km/hora.

En la detección del modo de transporte (andando, bicicleta, coche, transporte público (autobús o tranvía) y tren) fue empleado un algoritmo donde se consideraba la velocidad media, el percentil 95 de la aceleración y el percentil 95 de la velocidad.

Los datos obtenidos fueron comparados con los datos estudiador por *The Swiss Microcensus on Travel Behaviour (MZ)*, organismo suizo que realiza estudios de movilidad, siendo la comparativa la mostrada en la Fig. 30. Como se observa, en el caso de los usuarios que utilizan la bicicleta como medio de transporte, no existe una gran diferencia entre ambos estudios realizados.

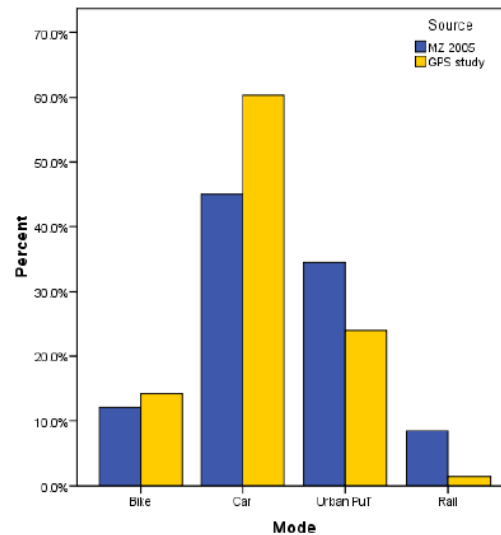


Fig. 30 Comparación entre el estudio de *The Swiss Microcensus on Travel Behaviour* (MZ) y el de (Schuessler et al., 2009). (Schuessler et al., 2009)

La mayor conclusión alcanzada fue que el éxito del estudio se debió principalmente al tratamiento realizado en los datos, que reside en el gran número de éstos y la imposibilidad de comparativa con otros elementos de aforos para ratificar los viajes realizados.

Posteriormente, en 2010 por Menghini et al. (2010), se realizó el primer estudio para la creación de un modelo que permite predecir la ruta que va realizar el ciclista. Para ello se recurrió a una empresa privada encargada de la toma de datos, donde se obtuvo la muestra a partir de 2435 ciclistas a partir del algoritmo resultado del estudio realizado por Schuessler et al. (2009) pertenecientes a la ciudad de Zurich. Para eliminar falsos trayectos o trayectos erróneos se realizó un tratamiento de datos. El primer paso en el tratamiento de datos fue excluir aquellos recorridos que salen de la ciudad de Zurich. Como segundo paso, se eliminaron aquellas rutas que interceptaban con elementos físicos como edificios y por tanto es imposible que fuera un recorrido real. Finalmente, se pudo conservar el 23% del conjunto de puntos GPS tomados inicialmente y el 36% de las rutas, es decir, de la unión del conjunto de puntos GPS.

Al igual que en los anteriores estudios, la principal conclusión fue la dificultad del tratamiento de datos, esperando que se obtenga en un futuro la automatización de este proceso.

Debido a que no se tomaron datos personales de los ciclistas ni de las rutas realizadas como consecuencia de su complejidad, no se pudo realizar el modelo de forma más detallada introduciendo estos datos de los usuarios.

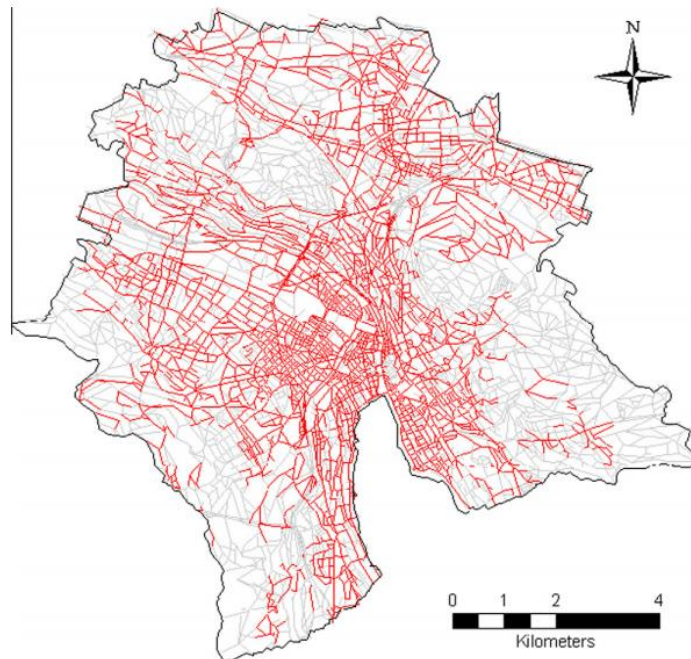


Fig. 31 Mapa de calor. (Menghini et al., 2010)

En 2010 se estimó un modelo de elección de ruta con datos GPS recopilados por Smartphones en San Francisco por Charlton et al. (2010), para ello se empleó la aplicación CycleTracks para teléfonos inteligentes con el sistema operativo tanto iOS como Android, donde al principio de cada viaje, el usuario seleccionaba el motivo del viaje para posteriormente recoger la ruta realizada por el GPS. Una vez finalizado este viaje se confirma el propósito del viaje y si desea escribir un comentario.

Para que la recogida de datos fuera completa se debía informar sobre la edad, sexo, frecuencia de ciclismo, dirección familiar y del trabajo y una dirección de correo electrónico.

La aplicación estaba disponible en iTunes App Store, Android Market y la SFCTA, que para incentivar su uso fue publicitado en los medios de comunicación locales y entre todos los usuarios se realizó varios sorteos de cheques de \$ 50 USD en tarjetas de regalo de iTunes.

Entre el 12 de noviembre de 2009 y el 18 de abril de 2010, 1.083 usuarios se descargaron la aplicación y 952 realizaron al menos un viaje, siendo el número total de viajes realizados por los usuarios de 7.096, aunque solo 5.178 fueron válidos.

La edad media fue de 33 años con una desviación estándar de 12 y el 35% de los usuarios eran mujeres.

Para el modelo se utilizó estos viajes clasificándolos según su velocidad, distancia de recorrido y aceleraciones.

En la Fig. 32 se observa el interfaz de esta aplicación para el sistema operativo iOS.

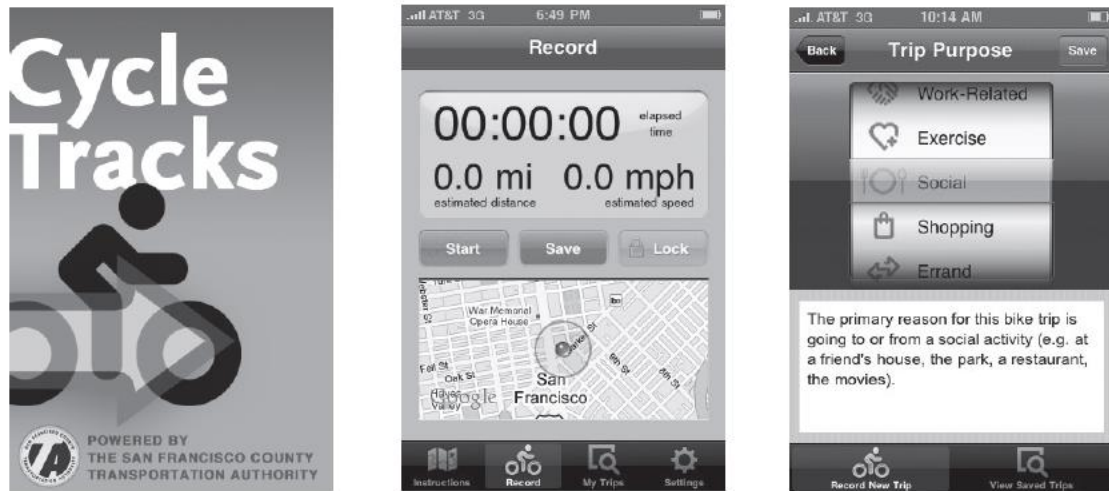


Fig. 32 Aplicación Cycle Tracks (Charlton et al., 2010)

De forma similar en San Francisco, California por Hood et al. (2011), se utilizó la aplicación creada para Smartphones CycleTrack, desarrollada en el estudio de Charlton, et al. (2010), disponible tanto para el sistema operativo Android como iOS con la finalidad de obtener un número mayor de muestra.

Se tomaron datos en un periodo de cinco meses, consiguiéndose un total de un millar de voluntarios, siendo la mayor muestra tomada hasta la fecha mediante dispositivos GPS y con fines de investigación. En este caso se introduce al modelo datos del usuario como el sexo, la edad y el propósito del viaje. Tras el proceso de tratamiento de datos, únicamente fueron útiles un tercio de los datos recogidos mediante GPS.

En los Países Bajos durante el periodo comprendido entre el inicio de septiembre de 2013 y finales de diciembre de 2014 se creó el objetivo “B-Riders” por Coeveringet al. (2014), cuya misión principal era el desplazar los usuarios que eligen el coche como medio de transporte al uso de la bicicleta eléctrica. Para ello se recompensaba económicamente a cada participante en función de los kilómetros recorridos que eran registrados mediante el GPS de los Smartphones de los usuarios a través de un programa creado para tal fin, con un total de 400.000 viajes registrados.

En la toma de datos expone nuevamente la imprecisión de la localización del GPS, que difiere entre 3 a 4 metros, que junto con los elementos encontrados en la zona urbana, como edificios o árboles, esta distancia aumenta. Esta inexactitud del GPS afecta al cálculo de la velocidad, por lo que se usó como indicador de rutas erróneas.

En primer lugar, se calculaba la velocidad de los ciclistas de forma ordinaria, dividiendo la distancia entre dos puntos por la diferencia de tiempo, y se comparaba con la velocidad real que se determina sobre la base de técnicas Doppler ya que el dato es muy preciso. Cuando la diferencia entre ambas velocidades era superior a un determinado valor, estas rutas se eliminaban por no ser válidas.

Una vez hecha la limpieza de datos se asignaban las rutas a una red donde se puede visualizar a través de un mapa donde se muestra la intensidad de ciclistas, las rutas o los viajes de recreo entre otros datos.

En el caso de Ahmouda et al. (2016), la investigación se centró en el área urbana del Condado de Miami-Dade (EEUU), obteniendo los datos del volumen de ciclistas de Strava en tres periodos distintos que busca conocer el efecto de las variables sociodemográficas en una red de infraestructuras para ser representados. Estos periodos son:

- De enero a mayo de 2015
- Fines de semana de febrero de 2015
- Días entre semana de febrero de 2015

Para ello se crea un modelo que relaciona los kilómetros realizados por los ciclistas con:

- Características de la red
- Características del terreno
- Nivel socioeconómico (Ingresos) de los usuarios

Se realizan cuatro versiones de este modelo en el que las cuatro variables se mantienen pero la relación entre ellas cambian:

- Modelo 1: utiliza los kilómetros de los viajes no diarios (datos enero-mayo año 2015)
- Modelo 2: utiliza los kilómetros de los viajes diarios (datos enero-mayo año 2015)
- Modelo 3: obtiene la diferencia entre los kilómetros de los viajes diarios y de los viajes no diarios (datos enero-mayo año 2015)
- Modelo 4: obtiene la diferencia entre los kilómetros de los viajes en fin de semana y de los viajes entre semana (mes de febrero)

Los resultados sugieren que los datos de Strava, debido a su alta resolución y cobertura espacial y temporal, puede identificar cómo la influencia de variables explicativas sobre el volumen estimado de viaje en bicicleta varía entre diferentes propósitos de viaje y días de la semana. Por lo tanto, los datos de seguimiento de Strava pueden considerarse un complemento útil para otros sistemas de recuento de bicicletas para estimar el volumen de ciclismo en grandes áreas.

6.6 NORMATIVA EXISTENTE

Para la realización de este estudio es necesario conocer la normativa aplicable al ciclismo respecto a la conducción de bicicletas, para poder adecuar los programas de datos de tráfico, especialmente en la planificación y diseño, configurando las tomas de datos de acuerdo con este.

6.6.1 REGLAMENTO GENERAL DE CIRCULACIÓN

La normativa que regula el uso de la bicicleta, que es un vehículo no motorizado, es el Reglamento General de Circulación, que detalla como deben circular los ciclistas en las vías públicas.

Según el Reglamento, una bicicleta, o un grupo de bicicletas, deben circular por el arcén, si existe, o lo más cerca posible del borde exterior de la superficie de la carretera. En el Artículo 36 establece que las bicicletas pueden circular en paralelo, en columna de dos, acercándose lo máximo posible a la derecha de la calzada, y colocarse en hilera en tramos de poca visibilidad cuando formen aglomeraciones. En las autovías solo está permitido su circulación por el arcén, en ningún caso pueden acceder a la calzada. En los descensos prolongados con curvas y cuando la seguridad lo permita, los ciclistas pueden abandonar el arcén y circular por la parte derecha de la calzada que necesiten.

Además, el Artículo 64 del Reglamento General de Circulación indica que los conductores de bicicletas tienen prioridad de paso respecto a los vehículos de motor:

- Cuando circulen por un carril bici, paso para ciclistas o arcén debidamente señalizados.
- Cuando para entrar en otra vía el vehículo de motor gire a derecha o izquierda, en los supuestos permitidos, y haya un ciclista en sus proximidades.
- Cuando circulando en grupo, el primero haya iniciado ya el cruce o haya entrado en una glorieta.

En todos los restantes casos, serán de aplicación las normas generales sobre prioridad de paso entre vehículos.

En cuanto a la interacción con vehículos a motor, en el Artículo 85 especifica que se puede adelantar a los ciclistas, manteniendo una distancia lateral superior a 1,5 metros, siempre y cuando existan las condiciones de seguridad necesarias, tal como se muestra en la Fig. 33. Además, a los vehículos de motor se les permite ocupar el carril contrario en caso de que no haya tráfico en sentido contrario, tanto de bicicletas como de otros vehículos, incluso donde no se permite el adelantamiento, con línea continua en el centro de la vía.

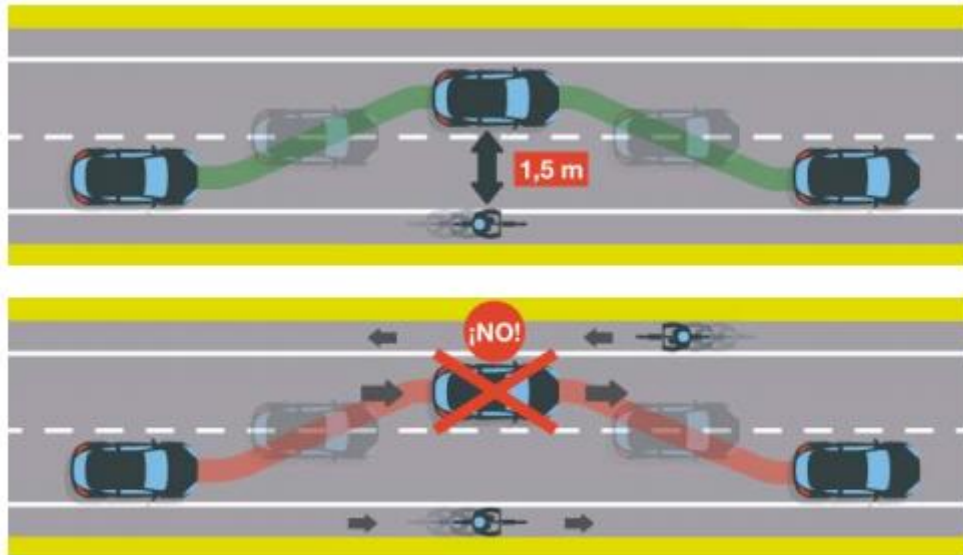


Fig. 33 Correcto adelantamiento de un vehículo a motor a un ciclista. (RACE, 2017)

Consecuentemente, la Ley de Tráfico, en su Anexo II, sobre “Infracciones que llevan aparejada la pérdida de puntos” del permiso de conducir, puede ser sancionado con la retirada de 4 puntos por “Adelantar poniendo en peligro o entorpeciendo a ciclistas”.

6.6.2 ORDENANZA DE CIRCULACIÓN DE VALENCIA

La Ordenanza de Circulación de Valencia fue publicada en 2010 con el fin de regular la circulación en las vías públicas de competencia municipal. Aquellas materias que no se recogen en dicha Ordenanza, se les aplicará la Ley sobre Tráfico, Circulación de Vehículos a Motor y Seguridad Vial.

Dicha ordenanza es de aplicación para la ciudad de Valencia, es decir, en zona urbana, por lo que queda fuera del ámbito interurbano de este estudio, y por lo tanto no es aplicable.

6.7 CONCLUSIONES DEL ESTADO DEL ARTE

A partir de la literatura recogida en el estado del arte, se puede concluir que todos los modelos desarrollados para obtener la IMD ciclista sigue las recomendaciones de la TMG para programas de tráfico de vehículos no motorizados. Las indicaciones de la TMG solo son recomendaciones que ofrecen una amplia posibilidad de acciones, por lo que dichas actuaciones no quedan acotadas pudiendo desarrollar los modelos predictivos para el monitoreo de tráfico con total libertad.

Todos los estudios que han desarrollado un modelo de predicción de la demanda ciclista han utilizado las recomendaciones de la TMG como base a partir de los factores de ajuste. Estas investigaciones han sido llevadas a cabo en ámbito urbano y las conclusiones obtenidas han sido la gran dispersión de los datos obtenidos y el error que se produce. Esto se debe a la gran variabilidad y el poco volumen tráfico ciclista.

En los últimos años, los métodos de conteo han ido evolucionando hacia las nuevas tecnologías, basándose las investigaciones recientes en nuevas herramientas, que van desde el uso de cámaras con software inteligente a aplicaciones deportivas mediante GPS. Estos datos se han utilizado para la representación de mapas de calor y de modelos de predicción de rutas.

Por tanto, la temática de este TFM es totalmente novedosa al incluir una aplicación deportiva, como es Strava, para utilizar sus datos en el cálculo de la IMD ciclista en el ámbito interurbano.

7. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

7.1 OBJETIVOS

El principal objetivo de este Trabajo Final de Máster es el desarrollo de un modelo de demanda ciclista en carreteras convencionales; incluyendo la determinación de factores de expansión que permitan estimar la Intensidad Media Diaria de bicicletas en una carretera a partir de aforos manuales de corta duración, datos de estaciones, o los resultantes de la aplicación Strava.

Para alcanzar el objetivo principal se ha desarrollado diferentes objetivos específicos:

- Revisar el estado del arte para el identificar de los métodos de conteo de usuario vulnerables existentes, así como, los métodos de estimación de demanda ciclista.
- Diseñar y llevar a cabo un estudio de campo para recopilar el número de ciclistas que circulan por las carreteras estudiadas.
- Desarrollar un procedimiento para la obtención de datos de la herramienta Strava; y posterior validación de su representatividad.
- Desarrollar un modelo predictivo sobre el cálculo de la IMD de ciclistas en carreteras convencionales del ámbito de estudio.
- Representación de las intensidades calculadas en un mapa de tráfico de ciclistas.

7.2 HIPÓTESIS

A continuación, se presentan las hipótesis planteadas en esta investigación. Estas hipótesis serán comprobadas mediante el análisis de los resultados y se aceptarán o rechazarán en función de los resultados finales del estudio.

1. En las zonas urbanas el uso de Strava es menor ya que los ciclistas en estas zonas utilizan las bicicletas como medio de transporte para realizar viajes utilitarios.
2. Los ciclistas que utilizan la bicicleta para realizar deporte usan más las aplicaciones deportivas como Strava.
3. Los ciclistas que circulan por carreteras interurbanas son aquellos que practican ciclismo ya que su objetivo es recreativo y deportivo..
4. El uso de Strava es mayor cuanto mayor es la afición del ciclista por el deporte, puesto que conlleva una competitividad que se traduce en controlar unos

determinados parámetros para poder ser superados constantemente o mantener una actividad regular y Strava ofrece esta posibilidad

5. A mayor volumen de ciclistas juntos, mayor es el uso de Strava por los ciclistas ya que es un deporte que se suele realizar de forma colectiva.
6. Para cada zona estudiada, la representatividad de Strava varía debido a que las características de cada una son diferentes.
7. Si en las carreteras que componen el conjunto de las zonas estudiadas no se obtiene una buena representatividad de Strava a nivel individual, la representatividad de la zona no es válida en esas carreteras.
8. La demanda ciclista es mayor en los días festivos que en días laborables.
9. La demanda observada de ciclistas se mantiene constante en días laborables.
10. En días laborables la representatividad de Strava es constante por la menor demanda ciclista en las carreteras interurbanas.
11. A mayor demanda ciclista, mayor variación en la representatividad de Strava.
12. Cuanto mayor es la duración de los conteos de corta duración, mayor es el volumen ciclista observado.
13. En carreteras con carril bici se observará mayor demanda ciclista que en aquellas que los ciclistas tengan que compartir la vía con vehículos a motor.
14. En los meses estivales la demanda ciclista es mayor por las condiciones climáticas.

8. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

En este apartado se desarrolla la metodología empleada para la recogida de los datos necesarios, basada en dos aspectos fundamentales: las tomas de datos en campo y las bases de datos obtenidas en la aplicación de Strava.

8.1 TRABAJO DE CAMPO

Previamente al diseño de las tomas de datos, es necesario conocer los recursos de los que se disponen, por lo que es fundamental realizar un inventario. Se completó una lista con los materiales y además se aprendió a utilizar dichas herramientas para optimizar las tomas de datos con una planificación previa y estar preparados para cualquier inconveniente que pudiese surgir durante estas.

Las tomas de datos fueron llevadas a cabo por el Grupo de Investigación en Ingeniería de Carreteras (GIIC) y estudiantes del Máster de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos (MICCP), entre los que se encuentra el autor del presente TFM.

8.1.1 DISEÑO DE LA TOMA DE DATOS

Gran parte de la investigación ha estado basada en la recopilación de datos observacionales tomados en diferentes puntos de diferentes carreteras convencionales de la provincia de Valencia, por lo que es fundamental una correcta planificación y diseño en el programa de tomas de datos del tráfico para el estudio y desarrollo de las siguientes fases.

La planificación esta basaba en tres aspectos:

- Recursos disponibles:
 - Dispositivos de grabación.
 - Recursos humanos.
 - Vehículos de desplazamiento.
 - Tiempo.
 - Equipos informáticos.
- Experiencia:
 - Experiencia de algunos de los investigadores que han participado en anteriormente en proyectos cuya base se fundamentaba en programas de datos de tráfico
 - Experiencia adquirida en cada toma de datos que sirve para corregir errores y optimizar recursos.
- Aplicación de Strava.
 - Aplicación de uso gratuito que ofrece mapas de rutas con mayor frecuencia de paso de ciclistas.

8.1.1.1 RECURSOS DISPONIBLES

El Grupo de Investigación de Ingeniería de Carreteras (GIIC) del Instituto del Transporte y Territorio (ITRAT) de la Universitat de València (UPV) han aportado los equipos necesarios para llevar a cabo las tomas de datos y el posterior estudio.

A continuación, se detallan los dispositivos de grabación empleados.

- MINI-CÁMARAS HD

Las mini-cámaras HD que se han empleado se corresponden al modelo VIRB ELITE de la marca de cámaras deportivas GARMIN. Entre sus funciones principales se encuentra el registro de ruta GPS y grabación de vídeo con sonido en alta definición con una resolución máxima de 1920 x 1080 y hasta 12 fotogramas por segundo. Además, dispone de otras funciones adicionales como son los acelerómetros de 3 ejes, la posible grabación en distintos modos (ojo de pez, zoom ampliado, etc.) entre otras que no han sido utilizadas en este estudio ya que la grabación se realizaba de forma estática sobre un trípode o soporte fijo.

Las videocámaras tienen unas dimensiones reducidas (32 mm x 53 mm x 111 mm) y un peso de 177 gramos (con la batería incluida). Dispone de un gran botón lateral para empezar a grabar vídeo de forma sencilla y una pequeña pantalla de 1,4 pulgadas para visualizar lo que se está grabando en cada momento. La apariencia de la cámara se puede ver en la Fig. 34 Cámara Virb Elite de Garmin.

La batería es de litio y recargable mediante puerto USB. Su capacidad de recarga es de 2.000 mAh (miliamperios por hora), con un voltaje de funcionamiento de 3,7 voltios.

Se disponía de 19 cámaras VIRB ELITE de GARMIN y 32 baterías.



Fig. 34 Cámara Virb Elite de Garmin

- CÁMARAS 360º

También se ha empleado el modelo de cámara KeyMission 360 de la marca NIKON, que permite capturar los 360 grados completos en formato 4K UHD dinámico. Es una cámara portable resistente al agua, al polvo, a los golpes y a la congelación. Tiene un peso de 198 gramos, incluyendo la batería y la tarjeta de memoria. Mide 6,6 cm de ancho y 6,1 cm de alto. El principal inconveniente de la cámara es que no dispone de una pantalla para poder conocer qué está grabando en cada momento y conocer el estado de su batería, es necesaria una aplicación de móvil conectada a la misma para poder controlarla.

La batería es de litio y recargable mediante puerto USB. Su capacidad de recarga es de 1.050 mAh (miliamperios por hora), con un voltaje de funcionamiento de 3,7 voltios.

Es necesario utilizar el programa informático KeyMission 360/170 Utility para la transferencia, visualización y editado de las imágenes y vídeos captados por esta. Se disponía de tres cámaras KeyMission 360 y 7 baterías de litio recargables mediante puerto USB.

La cámara se puede observar en la Fig. 35.



Fig. 35 Cámara Nikon KeyMission 360

- ELEMENTOS DE SOPORTE

Las cámaras se encontraban instaladas sobre diferentes soportes, como son los trípodes y los mástiles, que se escogían en función de la necesidad del punto de grabación.

Para fijar la cámara sobre los soportes se emplea un accesorio que sirve de elemento de enlace entre ambos elementos, que se muestra en la Fig. 36.

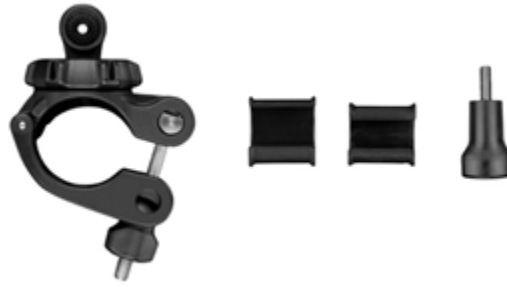


Fig. 36 Elementos soporte cámara Garmin Virb Elite

Los trípodes (Fig. 37) permiten modificar el ángulo de grabación, el plano y otras características que facilitan la posterior visualización de las grabaciones. Existen dos tipos diferentes, de alta y corta estatura, que se escogía en función de las zonas donde se colocan las videocámaras VIRB ELITE.



Fig. 37 Trípodes para soporte de cámaras

Existe un mástil que ha sido utilizado para la cámara 360 ya que puede alcanzar una altura de 8 metros y permite una visión desde un punto cenital, lo que ofrece una visualización de todos los ramales que confluyen en una rotonda con solo un cámara, situando esta en el interior de la rotonda.

La imagen captada por la cámara se encuentra deformada, por lo que se tiene que transformar mediante el programa informático KeyMission 360/170 Utility, en el que se puede girar la dirección de observación para visualizar aquellos puntos de interés según convenga.

8.2 STRAVA

Como se ha comentado anteriormente, Strava es una red social donde corredores y ciclistas comparten sus rutas y permite controlar las estadísticas de rendimiento para un posterior análisis y afrontar una continua mejora.



Fig. 38 Logo de la aplicación Strava

Entre las numerosas APPs con fines deportivos, STRAVA en el año 2014 era la tercera APP de entrenamiento Outdoor más descargada en Google Store. En la actualidad es la APP que tiene un mayor peso, mayor crecimiento y potencial; dado que combina el deporte con el componente social Strava.

Esto es posible gracias a la conectividad GPS de numerosos dispositivos que se encuentran hoy en día en el mercado, tanto el sistema operativo iOS y Android, que permita grabar o exportar archivos en formato GPX, TCX o FIT.

- **GPX (GPS Exchange Format):** Es un formato de datos en lenguaje XML que permite el intercambio de datos GPS en forma de puntos que conforman las rutas, entre sitios web y aplicaciones. Al ser un lenguaje genérico, estos datos pueden ser leídos por cualquier programa.
- **TCX (Training Center XML):** Es un formato de datos similar al GPX, pero creado por la marca de tecnología Garmin, con la misma finalidad de intercambiar datos GPS, pero en este caso, trata los datos como una ruta en si misma y no como un conjunto de puntos.
- **FIT (Flexible and Interoperable Data Transfer):** Es un formato de datos GPS como el TCX, desarrollado también por la marca Garmin, que además de incluir las rutas, permite añadir datos de control físico, como puede ser el ritmo cardiaco, pasos en una carrera o incluso las sesiones de sueño.

Strava se basa principalmente en la actividad generada por los usuarios de esta red social mediante la potenciación de la superación personal y la competitividad entre ellos, para que se genere una entrada de datos constante y se mantenga viva.

Esto se refleja en el propio nombre de la aplicación, ya que Strava significa esfuerzo en sueco y su filosofía es crear formas de inspiración para que los atletas hagan deporte y se apoyen unos a otros.

La red social del fitness fue creada en 2009 por Michael Horvath y Mark Gainey con el objetivo de unir a los deportistas del todo el mundo generando un sentimiento de inspiración y motivación, en el que tienen cabida tanto atletas profesionales como los recreativos. Esto ha sido uno de los motivos de su éxito mundial, ya que permite a través

de diferentes funciones que se verán posteriormente, analizar nuestro comportamiento y comparar las marcas obtenidas con las de otros usuarios, generando esta competición y que muchos deportistas lo toman como una motivación.

Aparte de enfocar la competitividad como una forma de motivación, Strava permite a los usuarios conocer nuevas rutas para seguir practicando deporte, que de otra manera les hubiera resultado más complicado ampliar la extensión de las zonas donde realizan deporte de manera habitual.

Pero lo que realmente ha llegado a impulsar esta aplicación ha sido el desarrollo de las tecnologías y el uso constante de los smartphones y otros aparatos tecnológicos, ya que el concepto de Strava existía muchos antes, pero por falta de herramientas era imposible su materialización. En la Fig. 39 se puede observar todas las marcas conectables con la aplicación.

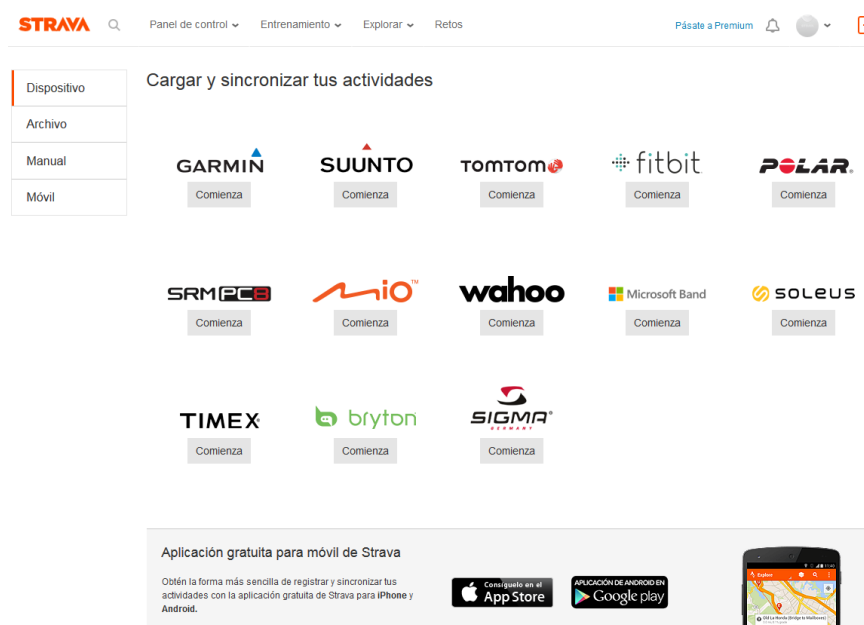


Fig. 39 Marcas compatibles con Strava

Su uso aumenta constantemente, en todas partes del mundo. Cada 0,18 segundos la aplicación registra una actividad y el 54% de estas son de ciclismo. Es un dato muy importante porque permite el estudio del comportamiento de los ciclistas en diferentes situaciones, como es el caso de dicho TFM.

8.2.1 TERMINOLOGÍA DE STRAVA

- **Actividad:** Deporte realizado por el usuario, atletismo o ciclismo, acotado en el tiempo y cuyo recorrido físico consta de un principio y un final basado en coordenadas GPS. Estas actividades se pueden dividir en tramos más pequeños denominados segmentos.

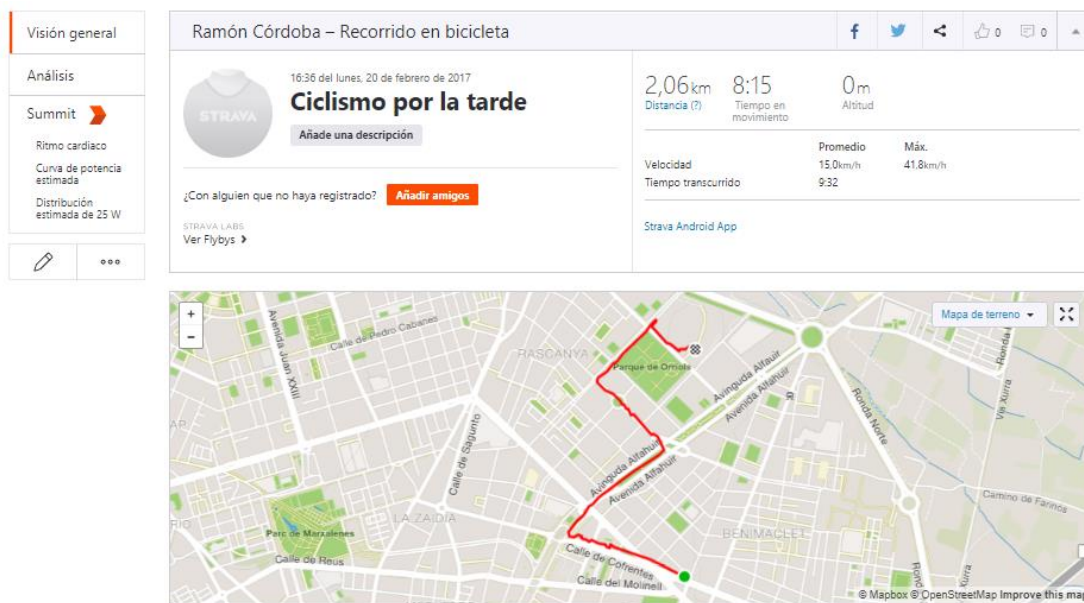


Fig. 40 Actividad realizada en Strava

- **Segmentos:** Son tramos de una actividad con unas características específicas creados por los usuarios. También puede ser creado automáticamente por Strava si se detecta un gran número de actividades en una determinada zona o cualquier otro tipo de anomalía como puede ser un gran desnivel.

Los segmentos están caracterizados por una longitud determinada por un inicio y un fin, y un desnivel acumulado y otro medio. Además, aparece la información geográfica como la locación (Población, Comunidad autónoma, País) y se representa de forma gráfica la ruta con un plano en planta. También se contabiliza la cantidad de intentos realizados por los deportistas.

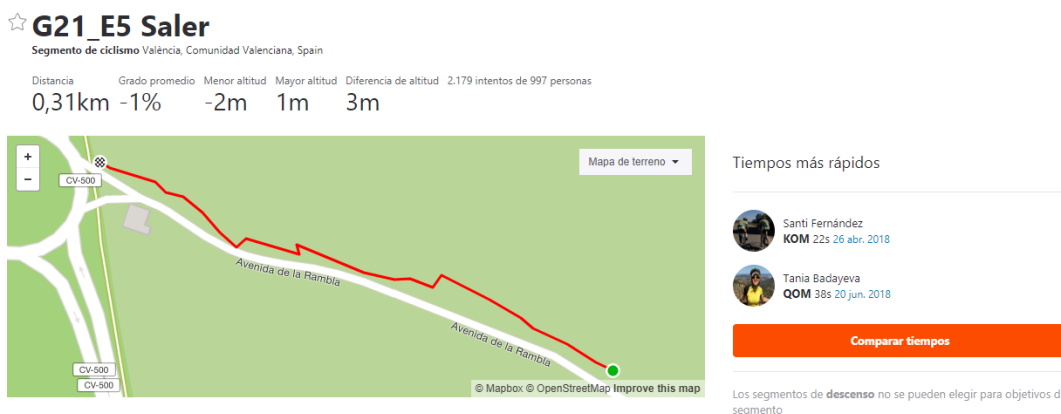


Fig. 41 Segmento creado en Strava

Cada vez que un usuario completa un segmento, es decir, pasa por el punto de inicio y el punto de fin del segmento, queda registrado el tiempo empleado para realizarlo, creándose una tabla de posiciones que muestran todos aquellos ciclistas registrados en Strava y que han realizado una ruta pasando por ese segmento y son ordenados por el tiempo que han empleado en completarlo. Si un ciclista realiza más de una vez ese segmento, se queda registrado el mejor

tiempo. Sin embargo, y dado que está pensada como una APP para uso deportivo, no muestra la demanda real; que se obtendría almacenando la información de cada ciclista tantas veces como haya recorrido el segmento analizado.

Tablas de posiciones


Global							
MI POSICIÓN ACTUAL		MI MEJOR TIEMPO		Todos los tiempos ▾		Todo ▾	
- / 1003		-					
Clasificación	Nombre	Fecha	Velocidad	RC	Potencia	AVM	Tiempo
1	 Santi Fernández	26 abr. 2018	51,7km/h	188ppm	-	-	22s
2	Borja Gallardo	18 dic. 2018	49,5km/h	-	410W	-	23s
3	MIGUEL FUENTES "SUILANA"	1 ago. 2018	45,5km/h	-	380W	-	25s
4	Vicent Renyonet	25 jul. 2016	37,9km/h	129ppm	189W	-	30s
5	Alberto Calixto «TeamBelgae»	24 mar. 2016	36,7km/h	-	168W	-	31s
5	Fabian Vandervorst	18 dic. 2018	36,7km/h	171ppm	146W	-	31s
7	Fran Guillem	4 jun. 2017	35,6km/h	173ppm	158W	-	32s
8	Jesús Del Tío -Palencia-/52/	19 oct. 2016	34,5km/h	-	93W	-	33s

Fig. 42 Tabla de posiciones de un segmento en Strava

Como se observa en Fig. 42, en la tabla de posiciones se puede observar la posición del ciclista respecto a los demás, la fecha en la que recorrió el segmento, la velocidad media del recorrido, y el tiempo en realizarlo (entre otros datos).

Tablas de posiciones

Todos los tiempos
Este año
Mis resultados
Personas que sigo
STRAVA SUMMIT
Grupo por edades
25 a 34
Ver todo
Por clase de peso
Ver todo

Fig. 43 Filtros tabla de posiciones de un segmento en Strava

Además, a estas tablas se le pueden aplicar diferentes filtros (Fig. 43) para obtener información específica o realizar consultas específicas. Pueden hacerse filtros en función de la variable sexo (hombres, mujeres o todos los ciclistas), y en función de la fecha en la que los ciclistas realizaron este segmento. De modo que las posibles consultas sobre la fecha son: el histórico (todos los tiempos desde que el segmento fue creado), sobre el día (hoy), sobre la semana (esta semana) o incluso sobre mes (este mes).

Cuando se realiza una actividad puede ser premiado con algún logro, que es un aspecto clave para generar esa competitividad y de esta manera potenciar el uso de la aplicación:

- KOM o QOM: Son aquellos usuarios que han recorrido un segmento, desde el punto de inicio al punto de fin, y lo han hecho en el menor tiempo, es decir, los que encabezan el ranking de posiciones por haber obtenido el mayor rendimiento. Son las siglas de King of Mountain para aquellos usuarios masculinos y Queen of Mountain para los usuarios femeninos y están representados por una corona.
- Trofeo: Se otorga a los usuarios que están entre la segunda y décima posición del ranking de posiciones.
- Medalla: Son otorgadas a todos los usuarios que hayan realizado un segmento por conseguir un récord personal.

Los segmentos creados por los usuarios pueden tener un carácter público o privado:

- Público: cualquier deportista puede verlo y cada vez que lo complete se registra su tiempo incluyéndose en el ranking. El principal objetivo de esta modalidad es aumentar la competitividad entre usuarios.
- Privado: solamente el usuario que ha creado el segmento puede acceder a él y por tanto solo su tiempo será registrado. La finalidad es tener un control de nuestras actividades y mejorar nuestros tiempos sin que los demás puedan verlo.

Para crear estos segmentos, es necesario haber pasado alguna vez por ese recorrido, quedándose registrada la actividad por el GPS.

8.2.2 SEGMENTOS

Los segmentos es la herramienta fundamental para llevar a cabo el estudio del presente TFM, por lo que se va a indagar tanto es su creación como en la utilización de estos.

8.2.2.1 Explorar segmentos

Es una función que ofrece Strava y muy importante para el estudio de la demanda. A continuación, se explica cómo funciona esta opción.

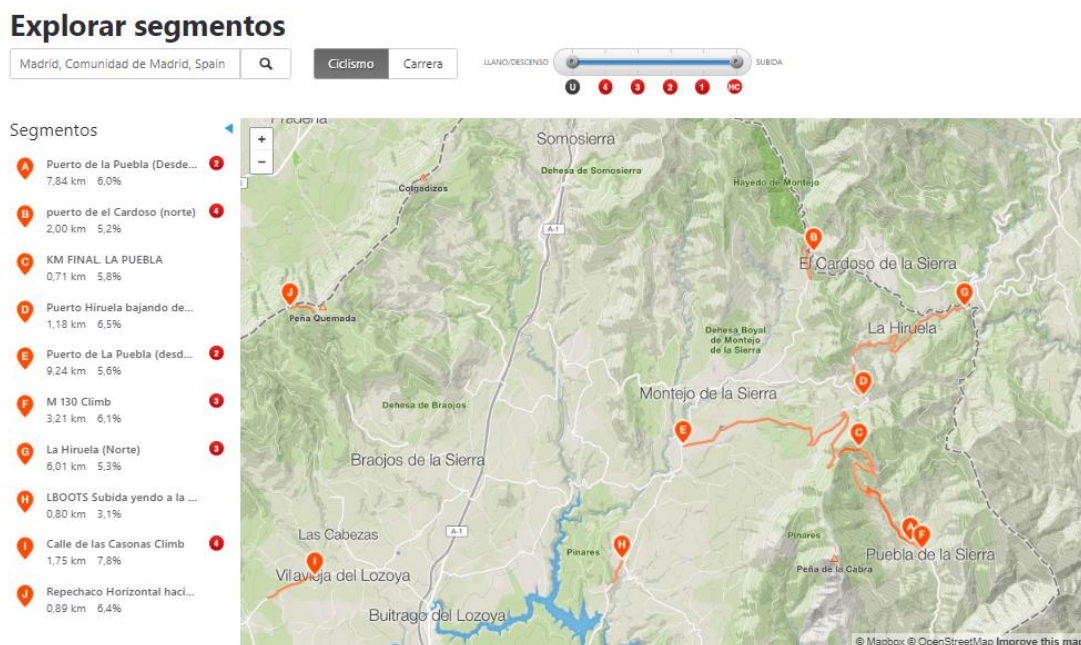


Fig. 44 Explorar segmento en Strava

Como se observa en la Fig. 44 existe un mapa interactivo donde muestra los segmentos registrados en Strava. Da la opción de filtrarlos por actividad deportiva, es decir, aquellos correspondientes al ciclismo o al atletismo. Además, como los segmentos están caracterizados en otros aspectos por el desnivel, también se puede cribar por su orografía.

Conforme se desplaza en el mapa, van apareciendo diferentes segmentos, mostrando primero aquellos que tienen más popularidad entre los usuarios. Cuanto más alejado se este, mostrará los segmentos más largos y cuanto más cerca se esté de una determinada zona, mostrará los segmentos más cortos. Como es lógico, existe un número mayor de segmentos de corta distancia que gozan de mayor popularidad ya que es más fácil completarlos por los usuarios.

Una vez seleccionado el segmento de interés, se puede acceder a él para conocer sus características y visualizar la tabla de posiciones.

8.2.3 STRAVA COMO APLICACIÓN EN INVESTIGACIÓN EN EL ÁMBITO CICLISTA

Strava es conocido mundialmente debido a su uso por los deportistas como aplicación deportiva, ya que permite monitorear la actividad física de cada uno de los usuarios para mejorar constantemente. Este monitoreo genera una gran cantidad de datos, conocido

como Big Data, de muchos elementos medibles y que aportan una importante información si sabe cómo utilizarlos.

En el ámbito científico, para realizar investigaciones es fundamental basarse en datos que sean fidedignos y permitan explicar un tema específico que hasta la fecha se desconocía su origen. Por lo que Strava es una aplicación que permite obtener esa base de datos para realizar estudios.

Por ello, se va a utilizar Strava con el objeto de evaluar la demanda ciclista en carreteras convencionales fuera del entorno urbano de Valencia. Según el TMG, una estación de conteo continuo es aquella que recuenta volúmenes durante 24 horas al día durante los 365 días del año. De esta forma, dentro de un programa de monitoreo de tráfico para la demanda ciclista cuyo objetivo sea la predicción de la demanda ciclista en la zona estudiada, se asimila que Strava es una estación de conteo continuo ya que cumple con la característica definida por el TMG.

Una vez definida Strava como base del estudio, es fundamental dos aspectos: el valor de los datos por sí mismos y la forma de obtenerlos.

8.3 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

En este apartado se desarrolla la metodología aplicada para alcanzar los objetivos indicados. Queda definida en la Fig. 45.

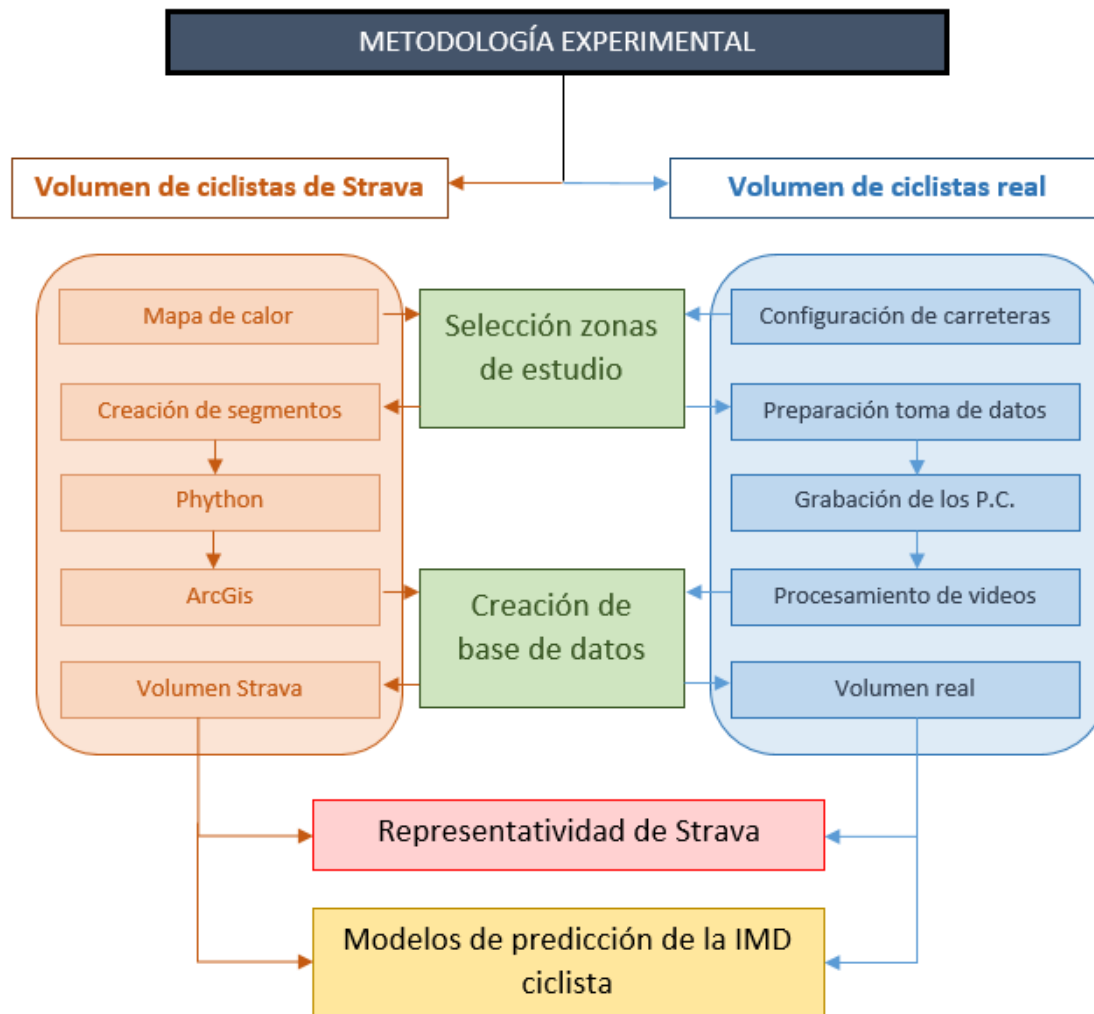


Fig. 45 Proceso de metodología experimental

Como se observa en el mapa conceptual de la Fig. 45, el proceso para conseguir los objetivos fijados previamente se basa en un feedback de los resultados adquiridos del análisis de los datos proporcionados y obtenidos para obtener el volumen de ciclistas que utilizan la aplicación Strava y el volumen real de los ciclistas que circulan por las zonas estudiadas.

8.3.1 VOLUMEN DE CICLISTAS REAL

Las carreteras convencionales de la Comunidad Valencia es el principal objeto de estudio, donde se han buscado aquellas zonas que exista una gran demanda ciclista para que los datos obtenidos sean útiles y las tomas de datos sean eficientes. Para ello el primer paso ha sido estudiar la configuración de las carreteras.

8.3.1.1 Configuración de carreteras

Para tener un mayor control de los puntos de observación se describen diferentes variables que se han tenido en cuenta para su selección.

- **Titularidad**
En función del organismo al que pertenece la carretera
 - Conselleria: Titularidad de la Comunidad Autónoma
 - Diputación: Titularidad de la Diputación Provincial
 - Estado: Titularidad del Estado Central

- **Provincia**
Finalmente, los puntos de observación pertenecen a la provincia de Valencia a pesar de que se ha concebido la idea de estudiar zonas en la provincia de Castellón y Alicante, que finalmente se desecharon por logística.

- **IMD**
Intensidad media diaria (Veh/día) de las carreteras

- **Vehículos pesados**
Porcentaje de vehículos pesados que circulan por las carreteras.

- **Uso**
Importancia que se otorga al tramo de carretera estudiado en función de los datos anteriores:
 - Principal: Tramo con alta importancia ya que tienen un alto volumen de tráfico. De forma habitual tienen una longitud y una anchura de carril mayor.
 - Secundaria: Tramo con una importancia media ya que unen núcleos de población aislados con carreteras principales.
 - Vías de servicio: Son vías paralelas a las carreteras que sirven para acceder a las propiedades colindantes y solo tienen un acceso.

- **Geometría**
 - Número de carriles
 - Ancho de carril
 - Ancho de arcén
 - Ancho de mediana
 - Ancho de carril bici
 - Número de accesos
 - Tipo de separación de la vía

8.3.1.2 Preparación de tomas de datos

La preparación de las tomas de datos consiste en organizar todo el material necesario para las grabaciones:

- Obtener permisos necesarios

- Realizar informes que indiquen la posición de las cámaras en cada punto de control
- Entrenar al personal que asistirá a las tomas de datos.
- Cargar las baterías de las cámaras
- Repartir el material necesario a cada observador
- Comprobar que las condiciones climáticas sean buenas

8.3.1.3 Grabación de los puntos de control

Se realizaron un total de 15 tomas de datos, siendo la primera ejecutada el día 12 de noviembre del 2016, donde sirvió como primera toma de contacto con el entorno y el medio, además de aportar un conocimiento utilizado para mejorar las siguientes tomas de datos. Por lo que la preparación de las tomas de datos y las grabaciones de los puntos de control es un procedimiento iterativo en el que se emplea la experiencia adquirida para mejorar y optimizar los recursos continuamente.



Fig. 46 Preparación de la toma de datos en la glorieta G14

La toma de datos consiste en dejar las cámaras grabar en un punto fijo de las carreteras convencionales pertenecientes a las zonas de estudios, sin ninguna interrupción para así realizar un conteo de corta duración continuo, planificándolo previamente. En la Fig. 46 se aprecia como se prepara la toma de datos en campo.

En la Fig. 47 se puede observar la posición de las cámaras preparadas para grabar el paso de ciclistas en la intersección I22. Una de esas cámaras enfoca al tramo 1 y 2, la segunda enfoca al tramo 3 que se descartó finalmente debido a la imposibilidad de crear segmentos en Strava para este tramo.



Fig. 47 Cámaras preparadas en la intersección I22

Para tener un mayor control de las grabaciones, la hora de las cámaras se sincronizaba con la del ordenador para que todas tuvieran la misma referencia y no hubiera ningún desfase de minutos o segundos que hicieran peligrar el posterior tratamiento de datos. Durante toda la toma de datos, se apuntaba cualquier cosa que pudiera ser relevante para facilitar el paso posterior, entre ello:

- Número de la cámara
- Número de la batería
- Hora de inicio de la grabación
- Hora de fin de la grabación o cambio de batería

De forma complementaria, se hacían aforos manuales aleatorios para confirmar y contrastar los datos de la demanda ciclista que posteriormente se analizan con detalle mediante la visualización de estas grabaciones. Un ejemplo de ese aforo manual se observa en la Fig. 48.

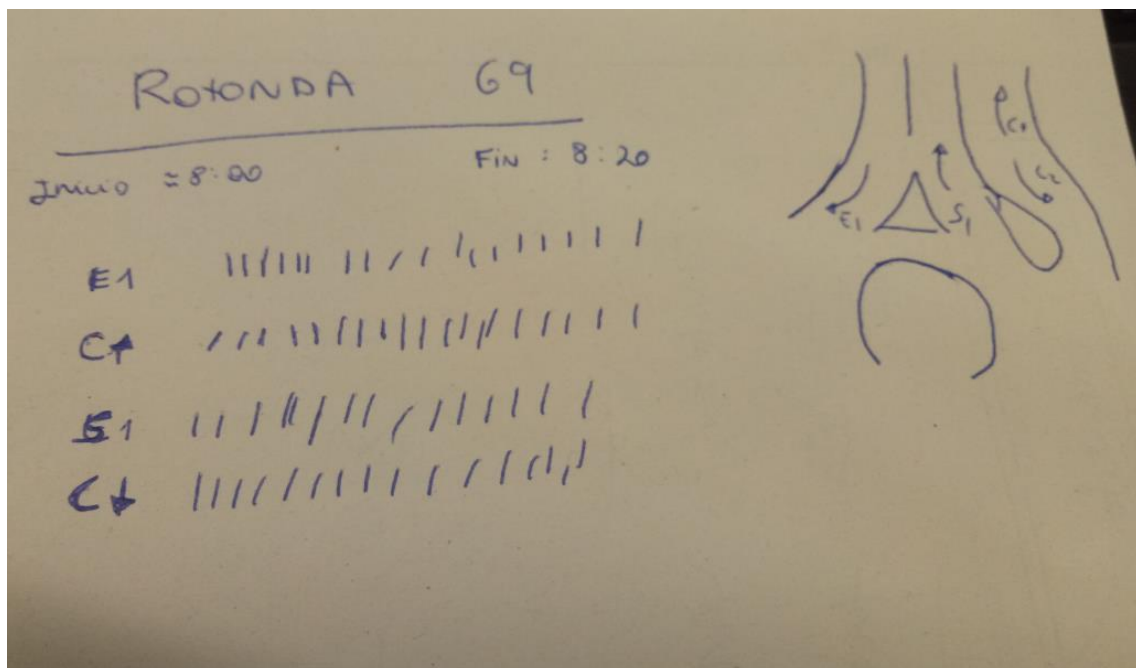


Fig. 48 Aforo manual aleatorio en la glorieta G9

8.3.1.3.1 Problemas y mejoras

La primera toma de datos realizada el día 12 de noviembre del 2016 fue fundamental para adquirir la experiencia necesaria para solventar todos aquellos problemas surgidos por una planificación que no ha tenido en cuenta aspectos hasta el momento desconocidos.

En esta primera toma de datos, 2 puntos de observación estaban controlados por dos personas de forma permanente y otros 3 puntos se controlaba de forma itinerante. Lo que concluyó que no se pueden dejar los puntos de observación sin una vigilancia permanente por el elevado número de fallos que se producen, ya que, aunque de forma itinerante este número de puntos es mayor, los errores por los dispositivos hacen que se tengan que descartar posteriormente.

Además, debido al fallo de las videocámaras, se tenía que reservar un número mayor para la reposición y sustitución de estas, por lo que hacía necesario optimizar su uso, tanto a nivel del entorno como de la propia cámara. Pasando así de tramos rectos donde solo se registraba una carretera convencional en dos sentidos a rotondas e intersecciones que hacían de unión de diferentes carreteras convencionales, aumentado entre 2 y 3 las carreteras observadas por videocámara.

Otros aspectos menos relevantes, pero también de importancia ha sido un mayor control de las cámaras de grabación para reaccionar rápidamente antes fallos que pusieran en peligro la toma de datos, en el que se incluye otros controles para evitar distorsiones temporales como son la anotación de la hora del inicio y fin de la grabación, así como la hora de cambio de cámaras y baterías.

En cuanto a las baterías, la duración determinada por el fabricante es de 3 horas, que variaba en función de su estado y de las condiciones climáticas, ya que en días calurosos podían reducirse hasta 30 minutos. Por lo que se debía llevar más baterías de las necesarias para las horas de grabación.

Por lo tanto, con estos problemas encontrados debidos a los errores y a la falta de optimización de los recursos disponibles, se propusieron y se realizaron las siguientes mejoras:

- Ampliar el número de personas en las tomas de datos, quedándose en un punto fijo para que todos los dispositivos estén controlados ante posibles fallos y si se produjeran, actuar rápidamente para no perder información.
- Optimizar los puntos de tomas de datos, pasando de un tramo recto a rotondas e intersecciones donde converjan distintas carreteras convencionales.
- Optimizar las videocámaras enfocando un mayor número de carreteras por cada una.
- Al inicio de la grabación mostrar la hora y la fecha de un reloj sincronizado mediante UTC (Coordinated Universal Time) por si es erróneo el facilitado por la cámara.

- Aumentar la frecuencia con la que se revisan las cámaras por posibles fallos o necesidad de cambio de batería, cada 5-10 minutos.
- Aumentar el número de baterías de reserva ya que, si se calientan por el sol, se produce una gran reducción de este tiempo de encendido.
- Tomar notas manuscritas de los hechos más característicos que no sean captados por las videocámaras con claridad o detalle.

Con todo lo aprendido con las tomas de datos se propusieron dos métodos para optimizar los recursos.

8.3.1.3.1.1 Realizar aforos en tiempo real mediante el uso de tablets

El objetivo de esta actuación era optimizar el tiempo, principalmente el de post-tratamiento de los datos. Consistía en crear un programa en una hoja de cálculo con la configuración de los puntos observados para aforar directamente en las tomas de datos mediante las tablets.

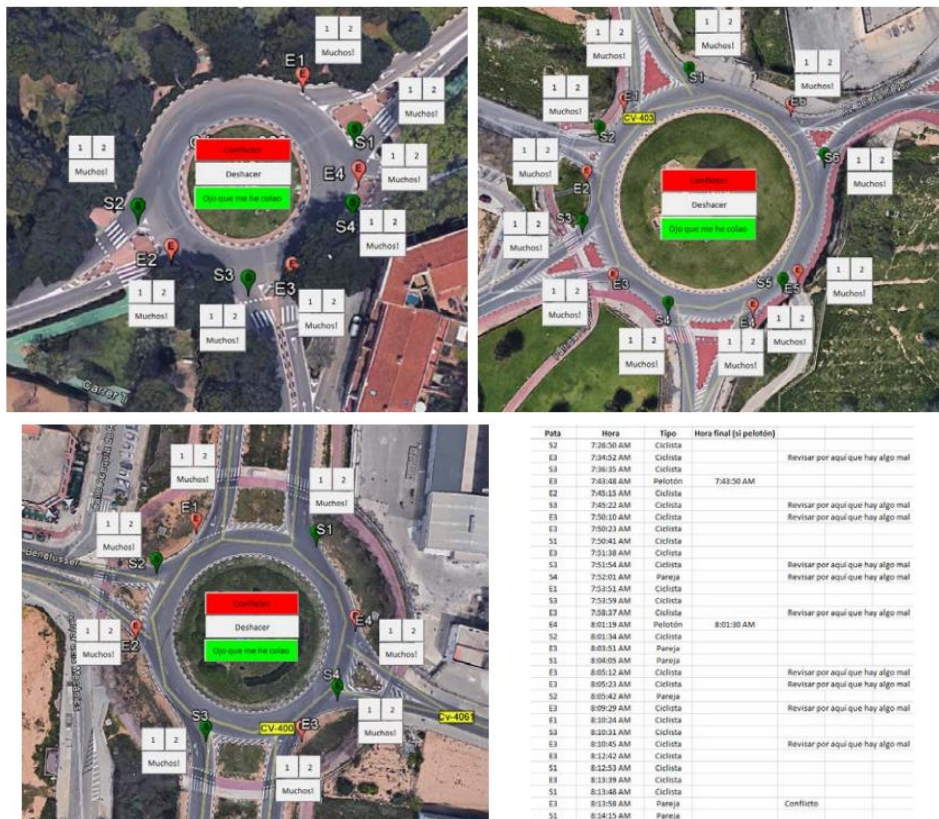


Fig. 49 Interfaz del programa en la tablet

En la Fig. 49 se observa el interfaz del programa creado, donde observador debía marcar mediante la huella táctil el número de ciclistas que pasaban por cada segmento, indicando si era 1, 2 o un pelotón.

Estas anotaciones quedaban registradas en la hoja de cálculo, indicando el segmento y la hora de paso de cada ciclista observado.

El principal problema de esta actuación era el elevado volumen de tráfico ciclista, que impedía al observador registrar todos los ciclistas que circulaban por cada segmento. De esta forma se obtenía una base de datos incompleta que posteriormente se debía completar con los videos grabados. Lo que el objetivo de optimizar el tiempo no era cumplido, ya que aparte de visualizar los videos completos se debe invertir tiempo en crear el programa.

8.3.1.3.1.2 Utilizar el trípode con las cámaras Virb

El trípode está diseñado para utilizar la cámara 360º, sin embargo, la poca duración de la batería de esta cámara hacía imposible usarse para las tomas de datos ya que cada 20 min debía de cambiarse. Lo que producía una pérdida de ciclistas observados en la operación.

Sin embargo, se decidió utilizar dicho mástil para las cámaras Virb, ya que estas tenían una mayor duración de la batería, entre 1,5 y 2 horas.

De esta forma se obtenía un plano cenital en las glorietas que recogía todos los tramos como se observa en la Fig. 50.



Fig. 50 Grabación glorieta G24 mediante el mástil y una cámara Virb

Por tanto, con una sola cámara era suficiente para grabar el tráfico ciclista y aparte de ahorrar en el uso de cámaras y baterías, el post-tratamiento era más eficiente ya que con visualizar los videos de una sola cámara se creaba la base de datos de toda una glorieta. Ahorrándose, como mínimo, la mitad de tiempo.

8.3.1.4 Procesamiento de videos

El procesamiento de videos consiste en la visualización de las imágenes grabadas con las cámaras puesta de forma estratégica en los puntos de observación, mientras se anotan las variables necesarias para este estudio en una hoja de Excel.

Debido a la importancia del paso ciclista, donde se debe anotar el segundo exacto del paso de ciclistas, se debe utilizar un programa de visualización de videos fiable. Para ello se ha utilizado el programa de videos llamado Kinovea que permite hacer zoom, dibujar marcas, medir distancias y demás tiene una precisión del tiempo en décimas de segundo.



Fig. 51 Logo del programa Kinovea

En la Fig. 52 se muestra un ejemplo de la visualización de un video en Kinovea.

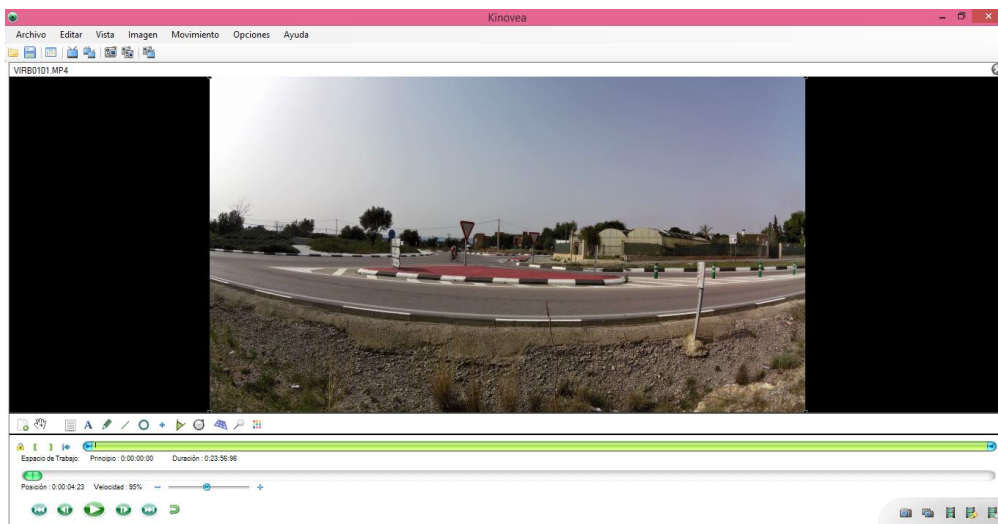


Fig. 52 Visualización de la grabación en la rotonda G14.

En cuanto a las variables anotadas que se han visualizado en los videos son las siguientes:

- Datos vídeo:
 - Cámara: Número que identifica la cámara utilizada para la grabación.
 - Vídeo: Nombre del video que se visualiza.
 - Hora de inicio: Hora inicio de la grabación en el punto observado. Se calcula conociendo la hora final del vídeo y la duración de este.
 - Duración: Duración del video que se analiza. Cuando se graba de forma continua, las cámaras virb crean un nuevo video cada 24 minutos, por lo que no habrá videos con una duración mayor.
 - Hora de fin: Hora de fin de grabación. Esta hora se asigna automáticamente cuando se genera el video.
- Datos de los ciclistas:
 - Hora en vídeo: Hora de paso ciclista relativa al vídeo de la grabación.

- Hora real: Hora de paso ciclista en el formato de 24 horas. Se calcula conociendo la hora de paso en el video y la hora de inicio del video.
- Entrada: Segmento por el que entran los ciclistas dentro de la rotonda o la intersección observada.
- Salida: Segmento por el que salen los ciclistas dentro de la rotonda o la intersección observada.
- Número de ciclistas: Número de ciclistas visualizados.
- Individual: Variable binaria.
 - 1: Si circula solo un ciclista.
 - 0: En cualquier otro caso.
- Pelotón → Variable binaria.
 - 1: Si el número de ciclistas visualizado es mayor de 2, es decir, el paso de un pelotón ciclista.
 - 0: En cualquier otro caso.
- Paralelo: En función de la configuración observada en el vídeo.
- Anotaciones: Si se observa algo de interés que no quede recogido en los anteriores campos.

En la Fig. 53 se muestra un ejemplo de esta hoja de cálculo con las variables anotadas.

	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	O
1	Datos vídeo				Datos ciclistas				282					
2	CÁMARA	NÚM. VIDEO	HORA INICIO	DURACIÓN	HORA FIN	HORA EN VIDEO	HORA REAL	ÚLTIMO PELOTÓN	Entrada €	Salida (S)	Num. CICLISTAS	INDIVIDUAL	PELOTÓN	PARALELO
3	14	VIRB0150	8:01:04	0:23:56	8:25:00	0:01:37	8:02:41	0:01:37		S5	1	1	0	
4	14	VIRB0150	8:01:04	0:23:56	8:25:00	0:03:11	8:04:15	0:03:11		S5b	1	1	0	
5	14	VIRB0150	8:01:04	0:23:56	8:25:00	0:07:38	8:08:42	0:07:38		S5b	1	1	0	
6	14	VIRB0150	8:01:04	0:23:56	8:25:00	0:07:55	8:08:59	0:07:55		S5b	2	0	1	1
7	14	VIRB0150	8:01:04	0:23:56	8:25:00	0:08:50	8:09:54	0:08:50		S5	1	1	0	
8	14	VIRB0150	8:01:04	0:23:56	8:25:00	0:12:07	8:13:11	0:12:07		S5b	1	1	0	
9	14	VIRB0150	8:01:04	0:23:56	8:25:00	0:20:45	8:21:49	0:20:45		S5b	1	1	0	
10	14	VIRB0151	8:25:00	0:23:56	8:48:56	0:01:43	8:26:43	0:01:43		S5b	1	1	0	
11	14	VIRB0151	8:25:00	0:23:56	8:48:56	0:01:51	8:26:51	0:01:51		S5b	2	0	1	
12	14	VIRB0151	8:25:00	0:23:56	8:48:56	0:02:36	8:27:36	0:02:36		S5b	2	0	1	
13	14	VIRB0151	8:25:00	0:23:56	8:48:56	0:06:29	8:31:29	0:06:29		S5b	1	1	0	
14	14	VIRB0151	8:25:00	0:23:56	8:48:56	0:07:03	8:32:03	0:07:03		S5b	1	1	0	
15	14	VIRB0151	8:25:00	0:23:56	8:48:56	0:08:44	8:33:44	0:08:44		S5b	1	1	0	
16	14	VIRB0151	8:25:00	0:23:56	8:48:56	0:08:51	8:33:51	0:08:51		S5b	1	1	0	1
17	14	VIRB0151	8:25:00	0:23:56	8:48:56	0:10:19	8:35:19	0:10:19		S5b	7	0	1	1
18	14	VIRB0151	8:25:00	0:23:56	8:48:56	0:10:29	8:35:29	0:10:29	E5		1	1	0	
19	14	VIRB0151	8:25:00	0:23:56	8:48:56	0:12:04	8:37:04	0:12:04		S5b	1	1	0	
20	14	VIRB0151	8:25:00	0:23:56	8:48:56	0:12:13	8:37:13	0:12:13		S5b	1	1	0	

Fig. 53 Hoja de cálculo con las variables recogidas.

8.3.2 VOLUMEN DE CICLISTAS STRAVA

8.3.2.1 Mapa de calor

A parte del explorador de segmentos, existe otra herramienta para buscar los segmentos más concurridos en Strava que se denomina Mapa de calor (Fig. 54). Se utilizan para que los usuarios descubran nuevos lugares donde poder practicar deporte. Para crear el mapa es necesario millones de puntos obtenidos de las actividades realizadas por los deportistas.

El mapa de calor se actualiza cada mes añadiendo nuevos datos de las actividades que sean públicas. Siempre que un usuario cambie a privado sus actividades, estas desaparecerán de la base de datos en el próximo mes. Está basado en un histórico de datos y nunca se actualiza a tiempo real.

Siempre muestra la actividad recogida en los dos últimos años, por lo que es un mapa interactivo en el que van apareciendo y desapareciendo segmentos según la confluencia que tenga. Este aspecto es muy importante para utilizarlo como una herramienta de estudio.

Actualmente está compuesto por 70 millones de actividades que equivale a 1,4 billones de puntos y ocupa 5 terabytes de espacio, con una distancia de 16 mil millones de kilómetros.

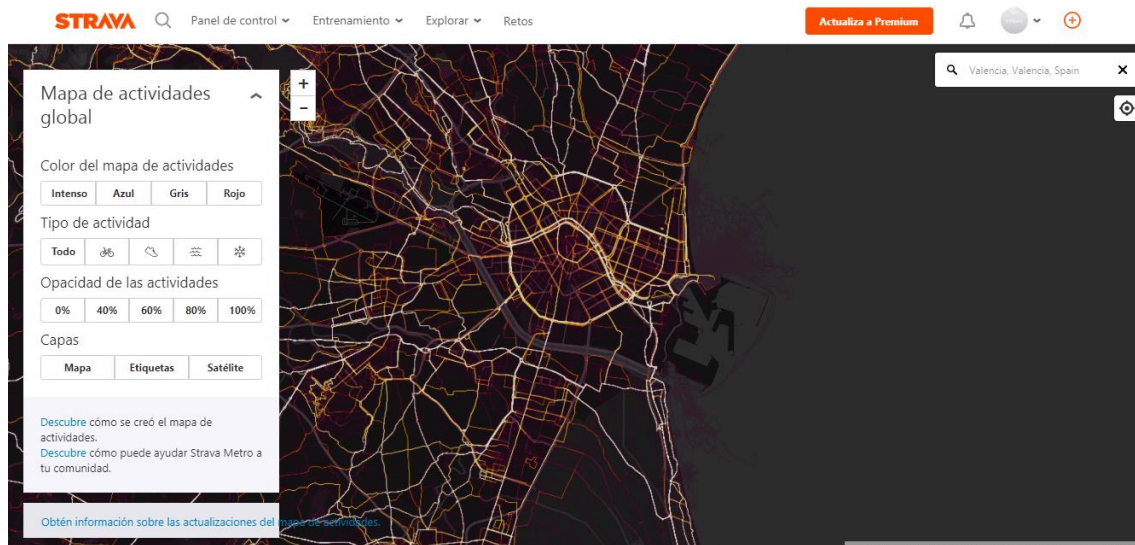


Fig. 54 Mapa de calor de Strava

Para crear el mapa, se obtiene los datos a partir de las actividades registradas por los usuarios, que son limpiados y tratados por diferentes algoritmos que además eliminan aquellos datos erróneos. Por ejemplo, existe un algoritmo que detecta la velocidad a la que se circula, para eliminar aquellas actividades con una velocidad muy elevada que indica que van en vehículos a motor.

Otro algoritmo es aquel que corrige la posición de la ruta, ya que existen dispositivos del sistema operativo iOS que asimilan la posición del usuario ajustándola a la geometría urbana, lo que hace desdibujar el mapa. Como consecuencia, hace que la actividad se centre principalmente en las vías más importantes, reflejando una realidad distorsionada, ya que puede ser que los usuarios transiten por rutas paralelas alternativas a las calles. Para corregir esto, el algoritmo añade un desplazamiento aleatorio a todos los puntos de cada actividad extraído de una distribución normal de 2 metros.

Tras el filtrado de los datos, se realiza la rasterización, donde se representa a través de un píxel cada punto GPS. Esto genera principalmente un sesgo, produciendo en el mapa zonas aisladas muy marcadas y que en realidad tienen poca afluencia de deportistas. Por una parte, es producido por la no conexión de los puntos GPS y por otra parte debido a las actividades que conllevan un mayor esfuerzo, como son las subidas, que el empleo de mayor tiempo hace que genere esa concentración de datos. Esto se solucionó

reduciendo el tamaño de cada píxel y por tanto ampliando el número de estos, además de conectar todos los puntos GPS de una misma actividad.

8.3.2.2 Creación de segmentos

Como se ha comentado anteriormente, para poder crear un segmento primero se debe haber realizado una actividad que pase por esa ruta y haberla registrado mediante el GPS del dispositivo tecnológico utilizado.

Para la creación de cualquier segmento se debe realizar a través del sitio web, ya que esta opción no está en su formato de aplicación para los sistemas operativos iOS y Android.



Fig. 55 Creación de un segmento en Strava

En la Fig. 55 se puede observar el interfaz para crear el segmento, en él se escoge el punto de inicio y el punto de fin, quedando definido por una longitud y un desnivel proporcionado automáticamente por el propio Strava.

Para ello se tiene en cuenta los siguientes aspectos:

- Dado a las imprecisiones del sistema GPS, existen dificultades para calcular el tiempo empleado por los usuarios en aquellos segmentos más cortos, especialmente en el caso de ciclistas por la velocidad que alcanzan estos vehículos. Por lo que la longitud mínima de los segmentos debe ser superior a 300 metros.

- La aplicación recomienda que siempre que exista un segmento similar al que se va a crear, se ponga con la configuración de privado, para evitar segmentos duplicados y cargar el soporte web.
- Para facilitar el entendimiento de los segmentos a otros usuarios, es mejor que se busquen referencias claras para su inicio y su fin, como puede ser el punto más bajo de una subida a una cima o algún elemento significativo en la ruta.
- Elegir un nombre para el segmento que sea utilizado en la vida real por los atletas y evitar nombres confusos o con palabras malsonantes.

8.3.2.3 Python

Los datos ofrecidos por Strava a todos los usuarios no son suficientes a nivel de investigación, ya que a pesar de ser relevantes, no aportan toda la información necesaria. Por otra parte, la interfaz que muestra los datos, es decir la tabla de rankings, no facilita el manejo de esta información insuficiente. Esta deficiencia en los datos debida a la falta de información relevante que la plataforma no muestra, la segregación hecha por esta o a las herramientas utilizadas para su tratamiento, hace necesario escoger otros medios que aporten mayor información y faciliten el manejo de estos datos, como son las hojas de cálculo.

Strava ofrece la posibilidad de utilizar diferentes lenguajes de programación para la obtención de la información que se encuentra en la base de datos y no está expuesta de forma pública, como son iOS, Java o Android. Sin embargo, se ha escogido el lenguaje Python ya que es el utilizado por ArcGis y lo comparte con Strava.

Python proporciona diferentes ventajas como es el fácil acceso a las herramientas de geoprocésamiento y sencillas funciones para enumerar, describir, leer y escribir datos. Además, los módulos disponibles son un útil sistema para compartir funciones entre herramientas similares y evitar así la duplicación de código o llevar a cabo tareas de programación comunes, como analizar cadenas, leer y escribir archivos y trabajar con estructuras de datos clave.

```
from stravalib.client import Client

client = Client()
authorize_url = client.authorization_url(client_id=1234, redirect_uri='http://localhost:8282/authorized')
# Have the user click the authorization URL, a 'code' param will be added to the redirect_uri
# .....

# Extract the code from your webapp response
code = request.get('code') # or whatever your framework does
access_token = client.exchange_code_for_token(client_id=1234, client_secret='asdf1234', code=code)

# Now store that access token somewhere (a database?)
client.access_token = access_token
athlete = client.get_athlete()
print("For {id}, I now have an access token {token}".format(id=athlete.id, token=access_token))
```

Fig. 56 Ejemplo de programación del lenguaje Python

Con Python se pretende extraer información tanto del segmento como de los ciclistas que lo han realizado.

Respecto al segmento, es importante conocer el número de ciclistas que lo han realizado, así como el número de veces que ha sido completado, ya que un mismo ciclista puede realizarlo tantas veces como desee. Además del número de veces que los ciclistas lo han recorrido en el último año o en un día concreto. Otra información complementaria puede ser el porcentaje de ciclistas del sexo femenino que han realizado el segmento, el porcentaje de ciclistas que lo han repetido, la velocidad media o la longitud de éste. A parte de esto, el segmento se referenciará geográficamente al lugar exacto donde ha sido definido en Strava.

En cuanto a la información que se pretende extraer de los ciclistas mediante la programación en lenguaje Python, es necesario los datos personales de cada ciclista para poder ser identificados como es el nombre registrado del ciclista en Strava, su código numérico identificativo de la plataforma y el sexo (Masculino, femenino o desconocido). En referencia con su recorrido dentro del segmento, se pretende conocer la posición de los ciclistas a lo largo de este, estando identificado la hora exacta y sus coordenadas geográficas.

Para poder acceder a la base de datos de Strava a través de Python debes estar registrado en la API Strava V3 y obtener una licencia que permite a los desarrolladores o investigadores extraer estos datos a cambio de cumplir una serie de requisitos:

- No crear una aplicación que imite o compita con Strava.
- La extracción de datos está sujeta a límites de volumen y otras restricciones de uso.
- Respetar a los usuarios de Strava y sus opciones de privacidad.
- Strava puede modificar o interrumpir el acceso a la API de Strava.
- Strava puede recopilar y utilizar datos de su acceso a la API de Strava.

A parte de estos requisitos se firma un acuerdo de API de Strava en el que se aceptan los Términos de Servicio de Strava, su política de privacidad y todas las leyes aplicables. El aspecto más importante de este acuerdo es que Strava podrá controlar todo el procedimiento del uso de sus datos para cualquier investigación y que podrá adquirir los resultados obtenidos de sus datos, ya sea la conclusión de las investigaciones o el desarrollo de diferentes aplicaciones.

8.3.2.4 ArcGis

Los datos GIS son fundamental para la investigación ya que aportan información georreferenciada permitiendo ser organizada, manipulada, almacenada y analizada de forma óptima cuando se disponen de gran cantidad de datos como en este caso y además es necesaria su distribución espacial.

El programa ArcGis ha sido el escogido para el tratamiento de los archivos GIS debido a que es uno de los softwares más potentes en tratamiento de estos datos que existen actualmente.



Fig. 57 Logo del programa informático ArcGis

8.3.2.5 Volumen Strava

Para obtener el volumen ciclista registrado en Strava se ha utilizado el lenguaje de programación Python y el programa ArcGis.

8.3.2.5.1 Herramienta que obtiene la demanda ciclista de Strava. "Get Strava Data"

En la Fig. 58 se observa el interfaz de la herramienta creada para el programa informático ArcGis y que permite extraer los datos necesarios para este estudio de las bases de la aplicación Strava.

El desarrollador de estas herramientas a partir del lenguaje Python ha sido el profesor Michael Lowry de la Universidad de Idaho.

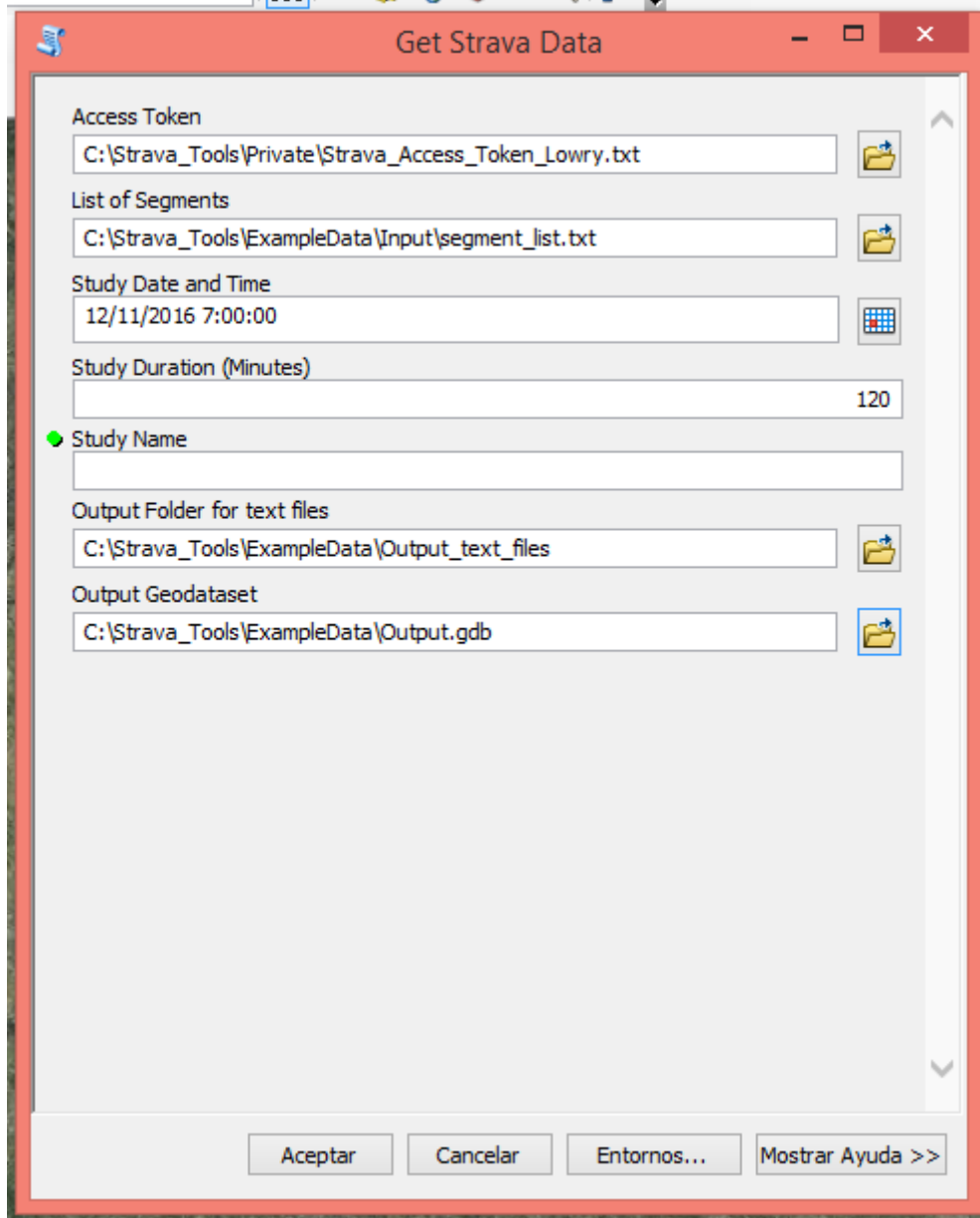


Fig. 58 Interfaz de la herramienta "Get Strava Data" en ArcGis para extraer datos de Strava

Para poder extraer los datos que se necesitan se debe introducir la siguiente información:

- "Study date and time": Se pone la fecha en la que se quiere obtener la información y la hora a la que empiece a contarlo. Es recomendable introducir media hora anterior al inicio del conteo de corta duración por si existiera algún desfase temporal.
- "Study duration": Se pone el tiempo del periodo en que se quiere que se extraiga la información en minutos. Es recomendable introducir una duración igual al tiempo de observación más una hora de holgura, distribuyéndose media hora antes del inicio y media hora después tras la finalización.
- "Study name": Se pone el código número ID que identifica a cada segmento.

Como salidas, la herramienta ofrece dos documentos Excel:

- Efforts
- Segments

[8.3.2.5.2 Archivo efforts](#)

En este documento se encuentra toda la información relacionada con los ciclistas que han recorrido el segmento estudiado en el periodo de tiempo seleccionado. Ofrece la siguiente información:

- Segment: nombre del segmento en Strava.
- Effort ID:
- Cyclist ID: Código identificador del ciclista que ha completado el segmento.
- Cyclist name: Nombre del ciclista con el que se ha registrado el usuario en Strava.
- Sex: Sexo del ciclista, hombre (M) o mujer (F).
- Time: Hora y fecha que pasa el ciclista a lo largo del segmento
- Orig Lat y Orig Lon: Coordenadas del ciclista en ese tiempo
- Epochtime: Fecha y hora en código Epoch Time
- Distance: Distancia recorrida por el ciclista dentro del segmento desde su coordenada inicial. Esa distancia es la suma total de la diferencia de coordenadas de ese tiempo respecto al anterior. No es la proyectada en el segmento.

El documento aporta información en cada uno de los campos de cada segundo que el ciclista se encuentra dentro del segmento, por lo que la información se tiene que cribar y se utiliza en todo momento aquella que hace referencia al segundo 0, siendo el instante en que entra en el segmento.

En cuanto a tiempo, aparece en formato Epoch Time que es un sistema de tiempo que se define como la cantidad de segundos transcurridos desde la medianoche UTC del 1 de enero de 1970, sin contar segundos intercalares. El beneficio de este sistema de tiempo es el no producir errores en el lenguaje de programación, sin embargo, no es intuitivo. Por lo que se transforma en el sistema horario de 12 horas.

[8.3.2.5.3 Archivo segments](#)

En este documento se encuentra toda la información relacionada con el segmento creado en Strava que se está estudiando. Ofrece la siguiente información:

- ID: Código de identificación del segmento en Strava
- Name: Nombre del segmento
- Att all: Número total de veces que se ha completado el segmento por los ciclistas registrados en la aplicación desde la creación de este.

- Att yr: Número de veces que se ha completado el segmento por los usuarios en los 365 días anteriores a la fecha introducida estudiada.
- Att day: Número de veces que se ha completado el segmento por los ciclistas el día que se está realizando el estudio, desde las 00:00 horas hasta las 23:59 horas.
- Cyc all: Número total de ciclistas que han completado el segmento, no tiene porque coincidir con "Att all" ya que un ciclista puede haber hecho el segmento varias veces.
- F percent: Porcentaje de mujeres que son ciclistas
- Repeat:
- Med speed: Velocidad media de los ciclistas que recorren el segmento
- Shape lenght:

El campo más importante de este documento es el "Att yr", ya que obtiene la Intensidad Media Diaria ciclista de Strava y un dato clave para este estudio.

8.3.2.6 Herramienta que obtiene los factores de ajuste. "Gett anual Data and Factors"

En la Fig. 59 se observa el interfaz de la herramienta creada para el programa informático ArcGis y que permite extraer los datos necesarios para este estudio de las bases de la aplicación Strava.

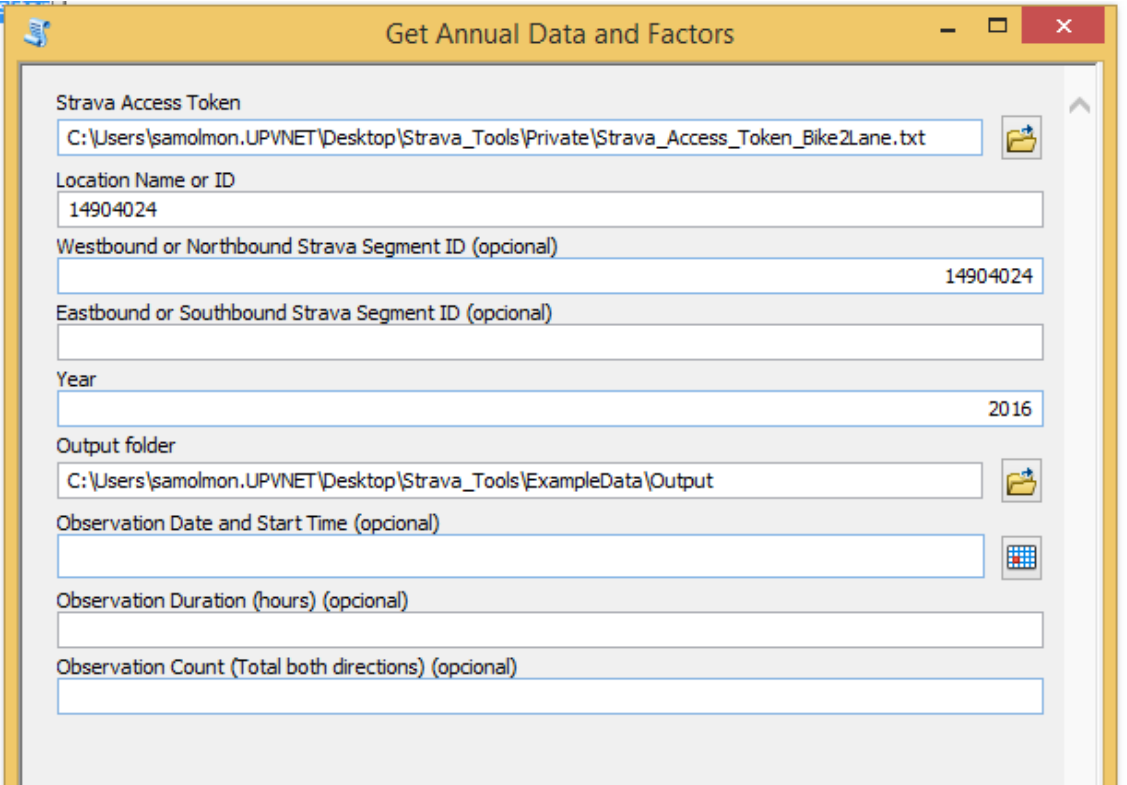


Fig. 59 Interfaz de la herramienta "Gett anual Data and Factors" en ArcGis para extraer datos de Strava

Para poder extraer los datos que se necesitan se debe introducir la siguiente información:

- “Location Name or ID”: Se pone el código numérico ID que identifica a cada segmento.
- “Year”: Se coloca el año que se quiere extraer los factores de ajuste y que afecta al factor “Day_of_Year_Factors”

Mediante la herramienta “Get anual Data and Factors” se extrae, para cada segmento creado en Strava, los siguientes factores de ajuste:

- Day_of_Year_Factors
- Hour_of_Day_Factors (Fall, Spring, Summer, Winter)
- Season_Factors
- Summary_AADT
- Timestamp_Strava_Data
- Hour_Count_Strava

Estos factores se desarrollarán más adelante en el apartado 7.10.2 de la metodología experimental.

Uno de los resultados obtenidos a modo de ejemplo con esta herramienta queda recogido en la Tabla 2.

Hour_of_Day_Factors_Fall							
Hour	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Sunday
0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0,00142857	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0
5	0,00347222	0	0	0,00142857	0,00198413	0	0
6	0,00694444	0,003125	0	0,00428571	0,00198413	0	0
7	0,01388889	0,0078125	0,01268116	0,00714286	0,00198413	0,00823353	0,01300813
8	0,08680556	0,084375	0,10144928	0,03857143	0,03968254	0,24101796	0,23252033
9	0,19097222	0,1921875	0,24094203	0,17142857	0,18452381	0,41766467	0,43902439
10	0,13888889	0,1421875	0,11956522	0,12714286	0,17460317	0,13173653	0,12601626
11	0,11458333	0,059375	0,05978261	0,07428571	0,10515873	0,07260479	0,10650407
12	0,0625	0,065625	0,03442029	0,06428571	0,05357143	0,05838323	0,03739837
13	0,03125	0,0328125	0,02898551	0,01857143	0,03968254	0,02095808	0,00894309
14	0,04166667	0,04375	0,04891304	0,06428571	0,04761905	0,00898204	0,00813008
15	0,04513889	0,05625	0,06521739	0,07571429	0,08333333	0,00673653	0,00243902
16	0,06597222	0,09375	0,08333333	0,11714286	0,10912698	0,00823353	0,00569106
17	0,09027778	0,0828125	0,07971014	0,07571429	0,08134921	0,01347305	0,00813008
18	0,06597222	0,0875	0,07246377	0,10142857	0,04563492	0,00823353	0,00487805
19	0,03819444	0,046875	0,05072464	0,04142857	0,0218254	0,00299401	0,00650407
20	0,00347222	0,0015625	0,00181159	0,01428571	0,00793651	0,0007485	0,00081301
21	0	0	0	0,00142857	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 2. Resultado de la herramienta “Get anual Data and Factors” obteniendo el Hour of Day Factors para la estación de primavera de la intersección IA2f del a Zona 1

Los factores se calculan para cada segmento estudiado, esto significa que se obtienen los factores para cada uno de los sentidos. La herramienta da la opción de extraer los factores de ajuste de forma combinada para dos segmentos, es decir, que se utilizarían para calcular la IMD ciclistas de un tramo compuesto por dos segmentos.

Debido al poco conocimiento que hay de los factores de ajuste, se va a estudiar cada segmento de forma individual y no como un tramo con dos direcciones, para obtener mayor precisión en los resultados y obtener mejores conclusiones.

8.3.3 CREACIÓN DE LA BASE DE DATOS

Una vez obtenidas ambas bases de datos se deben comparar para contrastar que los ciclistas registrados son los observados en los videos.

En primer lugar, se debe limpiar los datos obtenidos de Strava, ya que existen dos posibilidades de que un usuario aparezca dos veces y que produzca una distorsión de la demanda ciclista registrada en Strava

- Por un fallo de Strava que cuenta al mismo usuario dos veces.
- Un usuario que tiene dos cuentas y las utiliza a la vez.

En el caso de que strava registre por error a un mismo usuario dos veces, se detecta ya que el ID del ciclista y el nombre con el que se ha registrado aparece dos veces seguidas con el mismo tiempo de paso. Un ejemplo es la Tabla 3.

Segment_Name	Cyclist_ID	Cyclist_Name	Sex	Start_Date	Hour	
G14_S1 BÃ©tera	7067792	Xeremietes Xeremies	M	05/04/2017 0:00	16:08:02	
G14_S1 BÃ©tera	12786840	Juan Miguel Casildo	M	05/04/2017 0:00	16:08:03	
G14_S1 BÃ©tera	2946623	Diego Alatraste	M	05/04/2017 0:00	16:09:02	Repetido
G14_S1 BÃ©tera	2946623	Diego Alatraste	M	05/04/2017 0:00	16:09:02	
G14_S1 BÃ©tera	14257511	Borja Oliver	M	05/04/2017 0:00	16:16:39	
G14_S1 BÃ©tera	22341584	Jose Luis Garrido Lucas	M	05/04/2017 0:00	16:22:32	Repetido
G14_S1 BÃ©tera	22341584	Jose Luis Garrido Lucas	M	05/04/2017 0:00	16:22:32	
G14_S1 BÃ©tera	10751851	Francisco Navarro Ricart	M	05/04/2017 0:00	16:27:32	
G14_S1 BÃ©tera	6228392	DIEGO Azcarate	M	05/04/2017 0:00	16:33:05	

Tabla 3. Usuarios registrados en el segmento S1 de la glorieta G14

Para los usuarios que tienen dos cuentas y las utilizan a la vez se detecta porque el usuario tiene el mismo nombre en ambas cuentas y diferentes IDs. Además, para confirmar que son la misma persona, se revisan las fotografías que suben a la red social.

En la Tabla 4 se observa como hay 4 ciclistas con este caso y que se confirmó que para cada doble cuenta, era la misma persona.

Análisis de la demanda ciclista y propuesta de una metodología para su caracterización en carreteras convencionales. Desarrollo de un mapa de tráfico de ciclistas en el entorno de las carreteras CV-333, CV-25, CV-331 y CV-305 (provincia de Valencia).

Segment_Name	Cyclist_ID	Cyclist_Name	Sex	Start_Date	Hour	
G14_S1 BÃ©tera	12496896	Emili A Si	M	05/04/2017 0:00	8:58:24	Repetido
G14_S1 BÃ©tera	18919690	Emili Offroad	M	05/04/2017 0:00	8:58:24	
G14_S1 BÃ©tera	10865805	Sergio Offroadbike	M	05/04/2017 0:00	8:58:25	
G14_S1 BÃ©tera	17855406	Jose Perez Domingo	M	05/04/2017 0:00	9:18:23	
G14_S1 BÃ©tera	67951	Micasmat Micasmat	M	05/04/2017 0:00	9:32:56	
G14_S1 BÃ©tera	3912195	david garcia	M	05/04/2017 0:00	10:00:03	Repetido
G14_S1 BÃ©tera	3759305	David GarcÃa Aroca	Unknown	05/04/2017 0:00	10:00:03	
G14_S1 BÃ©tera	18623943	Juan Antonio Martinez Bau	M	05/04/2017 0:00	10:00:04	
G14_S1 BÃ©tera	8469583	Jose V. Muria	M	05/04/2017 0:00	10:00:06	Repetido
G14_S1 BÃ©tera	9300766	Jose Vicente Muria	Unknown	05/04/2017 0:00	10:00:06	
G14_S1 BÃ©tera	4617048	JesÃs Coll	M	05/04/2017 0:00	10:11:40	
G14_S1 BÃ©tera	12574736	Canek Fonseka	M	05/04/2017 0:00	10:34:11	
G14_S1 BÃ©tera	14491666	Fernando Martin hinojosa	M	05/04/2017 0:00	10:35:04	Repetido
G14_S1 BÃ©tera	14419078	Fernando Martin	M	05/04/2017 0:00	10:35:04	
G14_S1 BÃ©tera	10788463	Ana Lopez	F	05/04/2017 0:00	10:38:05	

Tabla 4. Usuarios registrados en el segmento S1 de la glorieta G14

Una vez esté preparada la base de datos con los ciclistas registrados en Strava, se debe comparar con la creada a partir de la observación de los videos. Este se debe realizar para asegurarse de que no existe un desfase o un error en las horas de paso de los ciclistas y distorsione los resultados finales.

En la Tabla 5 se aprecia como se prepara el listado de los ciclistas registrados en Strava asignándoles un color y en la Tabla 6 dicha comparativa con los ciclistas observados en los videos, asignándole a cada uno que se ha observado, un usuario registrado en la aplicación.

De esta forma se comprueba que las demandas ciclistas obtenidas tienen sentido y siempre va a ver más ciclistas observados que registrados en Strava. Si esto no ocurriera se debe revisar el procedimiento para corregir el error o buscar una posible explicación.

Segment_Name	Cyclist_ID	Cyclist_Name	Sex	Start_Date	Hour
Est. CV-310_A	22054254	Aldo Esteban	M	05/04/2017	9:38:53
Est. CV-310_A	12894988	Paco Poca Mecha Alcedo	M	05/04/2017	9:43:39
Est. CV-310_A	16615176	Quique Bosch	M	05/04/2017	9:48:54
Est. CV-310_A	14806725	Dmitry Blatov	M	05/04/2017	9:58:42
Est. CV-310_A	8056274	Marta FernÃndez de Castro	F	05/04/2017	10:10:40
Est. CV-310_A	6974004	David Tortosa tauste	Unknown	05/04/2017	10:10:42
Est. CV-310_A	14241074	Juan Carlos Guadalajara Garcia	M	05/04/2017	10:32:28
Est. CV-310_A	1128973	Javi VM B3 BeBike	M	05/04/2017	10:33:16

Tabla 5. Usuarios registrados en el segmento S1 de la intersección I22

S1		
Hora de paso video	Cicl. Strava	Cicl. Video
8:00:19		1
8:25:54		1
8:58:56		1
9:10:47		1
9:38:51	1	1
9:42:31		1
9:43:37	1	1
9:48:54	1	1
9:51:14		1
9:51:37		1
9:58:34	1	1
9:58:48		2
10:10:38	2	2
10:17:34		1
10:22:33		1
10:32:28	1	2
10:33:15	1	1

Tabla 6. Comparación entre ciclistas registrados en Strava y observados en el video en el segmento S1 de la intersección I22

8.3.4 ZONAS DE ESTUDIO Y PUNTOS DE OBSERVACIÓN

Para la elección de las zonas de estudio y los puntos de observación se han seguido unos criterios que han ido evolucionando según avanzaba la investigación, que corresponde principalmente a la optimización de los recursos disponibles y que solo es posible llegar a ello con el conocimiento que ofrece la experiencia.

La herramienta utilizada para determinar las zonas de estudio ha sido principalmente el mapa de calor de Strava, mientras que la herramienta para establecer los puntos de observación ha sido Google Earth para conocer su configuración sin necesidad de desplazarse a cada posible punto de observación.

Para el presente TFM se han escogido para puntos de observación tanto en tramos aislados de carreteras y rotondas e intersecciones donde confluyen dichas carreteras convencionales.

En un primer lugar y para una primera toma de contacto se escogieron puntos de control en tramos aislados de carreteras, donde solo existía un carril en cada sentido, siendo una configuración muy simple y básica. Esto es debido al desconocimiento inicial de Strava y cómo funcionaría dicha herramienta, ya que no se sabía si era útil para el objetivo del estudio. Con estos puntos de observación se descubrió su utilidad más a fondo, analizando sus debilidades y sus fortalezas.

Una vez ya estudiados esos puntos de observación y por tanto saber de lo que era posible Strava, se decidió optimizar los recursos disponibles para las tomas de datos. El criterio escogido fue concentrar todos los puntos de observación, y eso solo es posible en aquellos lugares donde confluyen diferentes carreteras, es decir, glorietas e intersecciones, ya que solo con duplicar los recursos en un punto de observación se pueden obtener de 4 a 5 veces más datos que en aquellos tramos aislados.

Como consecuencia del análisis del mapa de calor y la recomendación de los expertos pertenecientes a peñas ciclistas se escogió tres zonas distintas de la provincia de Valencia:

- Zona 1: Bétera
- Zona 2: El Saler
- Zona 3: Monserrat

En ellas se han escogido puntos de observación de diferente geometría y configuración para además de optimizar los recursos disponibles, aprovechar estos datos en diferentes investigaciones, como son el estudio de conflictos en rotondas y en intersecciones de carreteras convencionales en zonas interurbanas.

8.4 ZONAS DE ESTUDIO

Para llevar a cabo las tomas de datos y aforar el paso de ciclistas con el fin de obtener la demanda ciclista, se han seleccionado 3 zonas de estudios en los alrededores de la ciudad de Valencia que se puede observar en la Fig. 60. Cada zona representa un sector de la provincia de Valencia:

- Zona 1: Bétera – Norte de la provincia de Valencia
- Zona 2: El Saler – Sur de la provincia de Valencia
- Zona 3: Monserrat – Oeste de la provincia de Valencia

Análisis de la demanda ciclista y propuesta de una metodología para su caracterización en carreteras convencionales. Desarrollo de un mapa de tráfico de ciclistas en el entorno de las carreteras CV-333, CV-25, CV-331 y CV-305 (provincia de Valencia).

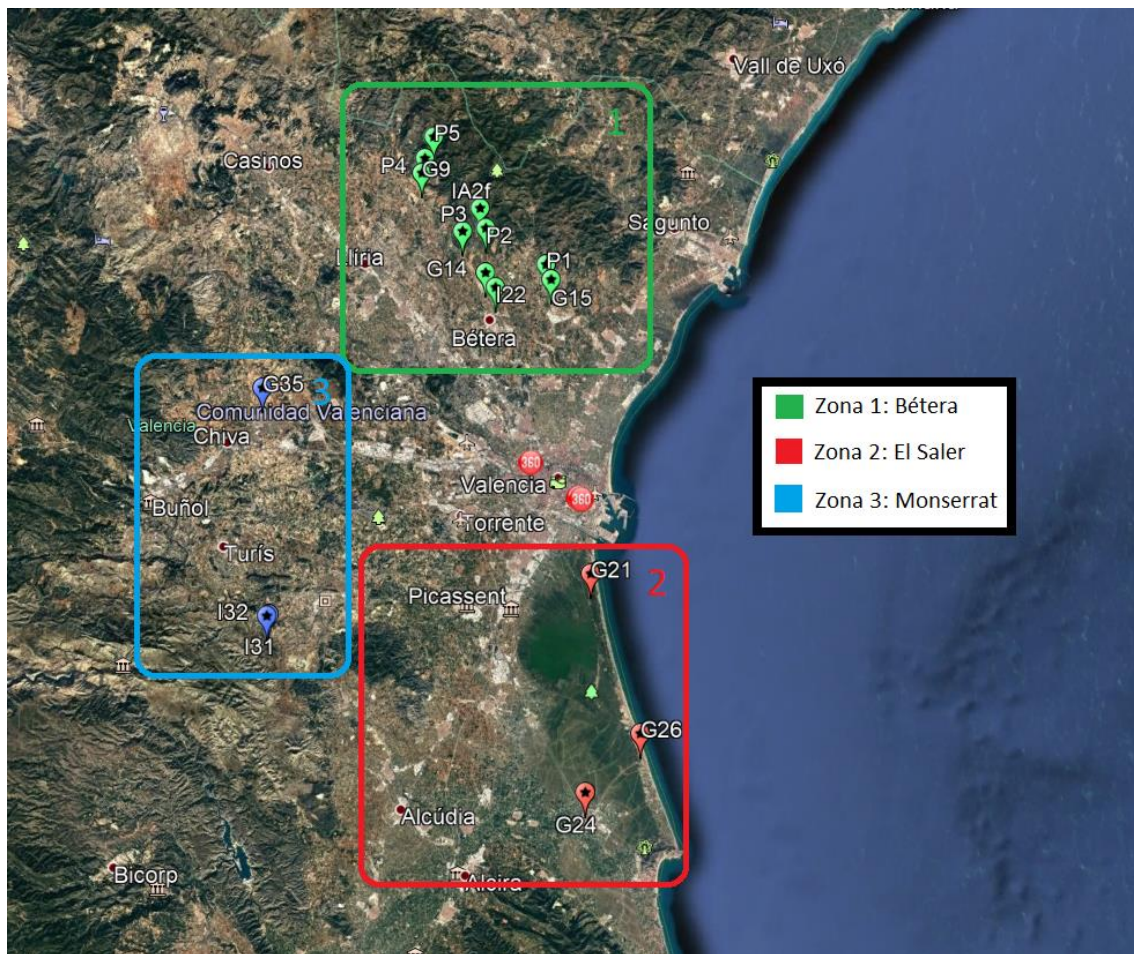


Fig. 60 Zonas de estudio

Como queda recogido en la Tabla 7, se han estudiado un total de 52 tramos distribuidos en las 3 zonas de estudio y para ello ha sido necesario crear 72 segmentos en Strava.

Cada tramo está formado por 2 o más segmentos creados en Strava. Existen tramos estudiados que debido a las condiciones de Strava, no se ha podido crear segmentos.

Zona	Puntos	Tramos	Nº Seg.	Glorietas	Tramos	Nº Seg.	Inter.	Tramos	Nº Seg.	Total tramos	Total seg.
1: Bétera	5	5	10	3	17	20	2	4	8	26	38
2: El Saler				3	16	18				16	18
3: Monserrat				1	4	8	2	6	8	10	16
										52	72

Tabla 7. Número de tramos y segmentos creados en las zonas de estudio.

8.4.1 ZONA 1 – BÉTERA

La zona 1 incluye los puntos de observación dentro del término municipal de Bétera, Olocau, Náquera y Liria.

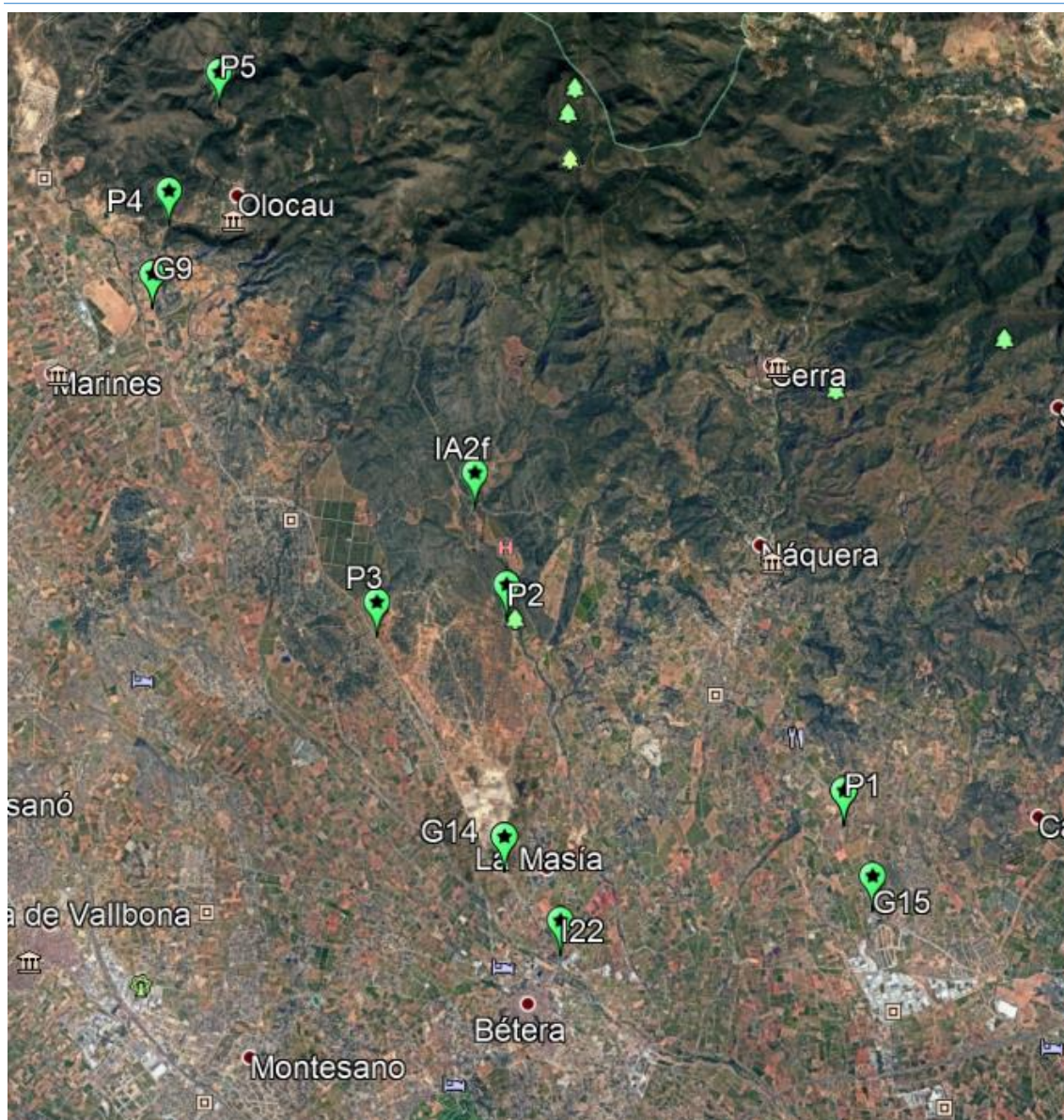


Fig. 61 Zona de estudio 1: Bétera

En la Zona 1 se han tomado datos en las siguientes ubicaciones:

- 5 tramos rectos: P1, P2, P3, P4 y P5
- 3 glorietas: G9, G14 y G15
- 2 intersecciones: I22 y IA2f

Análisis de la demanda ciclista y propuesta de una metodología para su caracterización en carreteras convencionales. Desarrollo de un mapa de tráfico de ciclistas en el entorno de las carreteras CV-333, CV-25, CV-331 y CV-305 (provincia de Valencia).

Zona 1- Bétera				
Fecha	Día	Estación	Franja horaria	Puntos aforados
12/11/2016	Sábado	Invierno	8:00 a 16:00 h	G9, G14, P1, P2, P3, P4 Y P5
22/02/2017	Miércoles	Invierno	10:00 a 14:00 h 16:00 a 18:00 h	G9, G14, G15 e I22
11/03/2017	Sábado	Primavera	7:00 a 14:00 h	G9, G15 e I22
05/04/2017	Miércoles	Primavera	8:00 a 12:00 h 15:00 a 17:00 h	G9, G14, G15 e I22
27/06/2017	Martes	Verano	7:00 a 12:00 h	G9, P1, I22 y IA2f
09/07/2017	Domingo	Verano	7:00 a 10:30 h	G9, I22 y IA2f

Tabla 8. Calendario toma de datos de la Zona 1: Bétera

8.4.2 ZONA 2 – SALER

La Zona 2 está ubicada en los alrededores de la Albufera en los términos municipales de Sueca y Cullera.

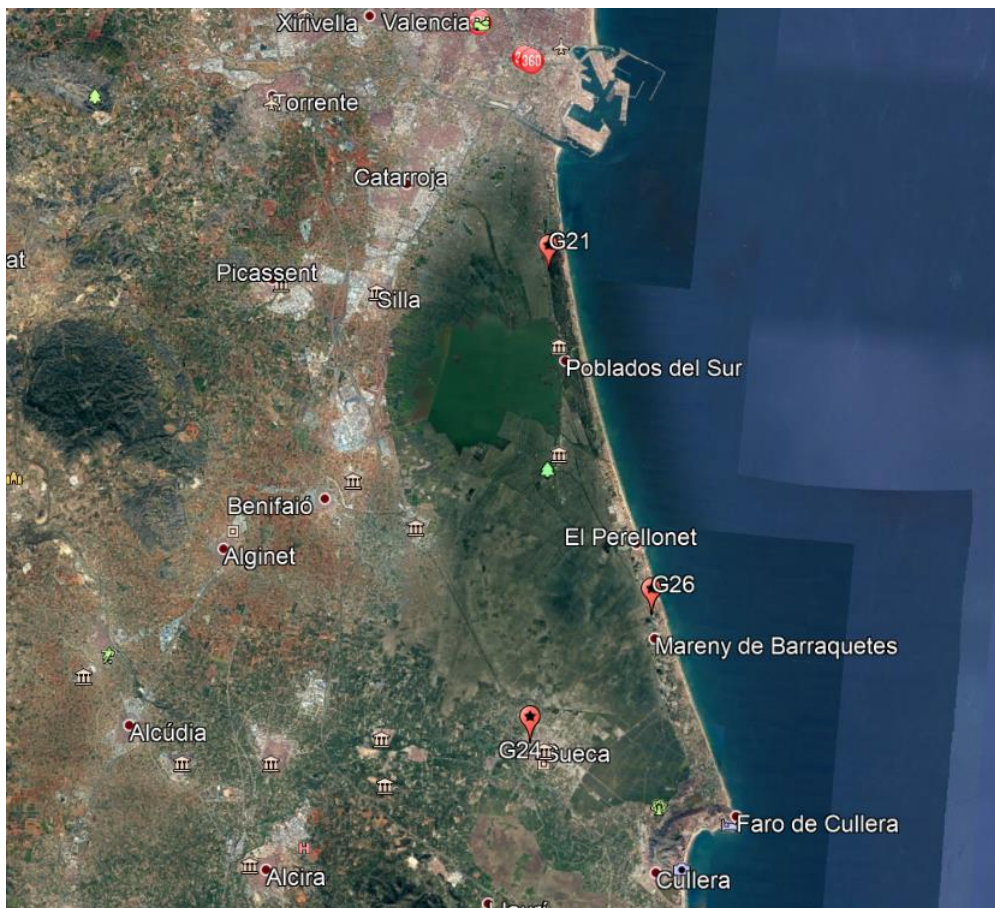


Fig. 62 Zona de estudio 2: El Saler

En la Zona 1 se han tomado datos en las siguientes ubicaciones:

- 3 glorietas: G21, G24 y G26.

Análisis de la demanda ciclista y propuesta de una metodología para su caracterización en carreteras convencionales. Desarrollo de un mapa de tráfico de ciclistas en el entorno de las carreteras CV-333, CV-25, CV-331 y CV-305 (provincia de Valencia).

Zona 2- Saler				
Fecha	Día	Estación	Franja horaria	Puntos aforados
08/04/2017	Sábado	Primavera	7:00 a 13:00 h	G21, G24 y G26
17/05/2017	Miércoles	Primavera	7:00 a 11:00 h 15:00 a 17:00 h	G21, G24 y G26
20/07/2017	Jueves	Verano	7:00 a 10:00 h	G21, G24 y G26
23/07/2017	Domingo	Verano	8:00 a 11:00 h	G21 y G26
28/09/2017	Jueves	Otoño	8:00 a 12:00 h	G21 y G26
28/10/2017	Sábado	Otoño	8:00 a 12:00 h	G21 y G26

Tabla 9. Calendario toma de datos de la Zona 2: El Saler

8.4.3 ZONA 3 – MONTSERRAT

La Zona 3 incluye los términos municipales de Montserrat, Godelleta y el Balcón de Montroy.

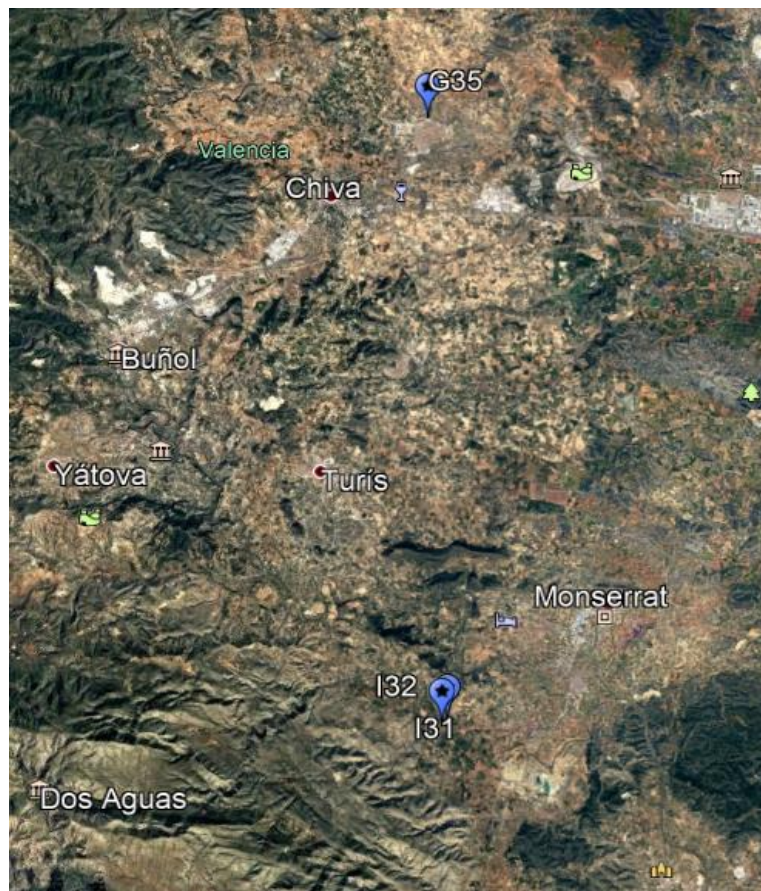


Fig. 63 Zona de estudio 3: Montserrat

En la Zona 3 se han observado las siguientes ubicaciones:

- 1 glorieta: G34.
- 2 intersecciones: I31 e I32.

Zona 3- Montserrat				
Fecha	Día	Estación	Franja horaria	Puntos aforados
03/06/2017	Sábado	Verano	8:00 a 12:00 h	G34, I31 y I32
01/08/2017	Martes	Verano	7:00 a 11:00 h	G34 y I32
19/10/2017	Jueves	Otoño	8:00 a 12:00 h	G34 y I32

Tabla 10. Calendario toma de datos de la Zona 3: Monserrat

8.5 PUNTOS DE OBSERVACIÓN

A continuación se muestran los puntos de estudio y los segmentos creados en Strava para obtener el número de ciclistas que han pasado por el punto de observación en las horas estudiadas y que registraban su ruta en la aplicación de Strava del punto de observación 1 a modo de ejemplo.

El resto de los segmentos creado en Strava y las características de las carreteras quedan recogidos en el Anejo 1.

Como se observa en la Tabla 11, se han creado hasta un total de 72 segmentos en Strava con el fin de ser estudiados.

Zona	Total segmentos
1: Bétera	38
2: El Saler	18
3: Monserrat	16
	72

Tabla 11. Segmentos creados en Strava

Los segmentos de Strava son unidireccionales y solo registra a aquellos ciclistas que pasan primero por su comienzo y posteriormente por su fin, por lo que se han creado dos segmentos por cada tramo; uno en el sentido ascendente del PK de la carretera y otro en el sentido descendente.

8.5.1 PUNTO P1 – SEGMENTOS CV333 39.642 -0.497 A / CV333 39.642 - 0.497 D. ZONA DE ESTUDIO 1 – BÉTERA

Se muestran las características de la carretera del punto observado.

Análisis de la demanda ciclista y propuesta de una metodología para su caracterización en carreteras convencionales. Desarrollo de un mapa de tráfico de ciclistas en el entorno de las carreteras CV-333, CV-25, CV-331 y CV-305 (provincia de Valencia).

P1	
Carretera	CV - 305
Ancho carril	3,5 m.
Ancho arcén	1,5 m.
Pendiente	< 3%
Velocidad máxima	90 Km/h.
IMD	9014
Porcentaje de pesados	5,40%

Tabla 12. Características carretera P1

Se muestran los segmentos creados en Strava para el punto P1

CV333 39.642 -0.497 A	
Municipio	Bétera
Sentido	Ascendente
Longitud	220 m.
Código	13728777

Tabla 13. Características segmento P1_A



Fig. 64 Segmento P1_A en Strava

CV333 39.642 -0.497 D	
Municipio	Bétera
Sentido	Descendente
Longitud	320 m.
Código	13728784

Tabla 14. Características segmento P1_D



Fig. 65 Segmento P1_D en Strava

8.6 CALENDARIO DE TOMA DE DATOS

Una buena planificación en las tomas de datos se verá reflejada en el proceso de estudio de los datos observados, puesto que es necesario para conocer la variación del tráfico a lo largo del tiempo, tanto de forma horaria, diaria, mensual, estacional y anual.

El proyecto Bike2Lane tiene una duración de 3 años, por lo que se debe realizar una planificación a largo plazo para obtener el mayor número de datos que permitan caracterizar la demanda ciclista en los diferentes aspectos temporales.

Por ello, se debe obtener datos en diferentes franjas de horas al día para tener en cuenta la variación horaria. La variación diaria viene determinada principalmente por el tipo de día, es decir, se clasifica si es laborable (de lunes a viernes) o festivo (sábado, domingo y festivos). Para conocer la variación mensual se deben tomar datos al menos una vez al mes, lo que determina la variación estacional, ya que estos meses están agrupados en las 4 estaciones. En la Tabla 15 se muestra este reparto.

Verano	Otoño	Invierno	Primavera
Junio	Septiembre	Diciembre	Marzo
Julio	Octubre	Enero	Abril
Agosto	Noviembre	Febrero	Mayo

Tabla 15. Agrupación de los meses en estaciones

En la Tabla 16 se muestra el calendario de las tomas de datos.

		Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
2016	Noviembre						Z1 Bétera	
	Diciembre							
2017	Enero							
	Febrero			Z1 Bétera				
	Marzo						Z1 Bétera	
	Abril			Z1 Bétera			Z2 El Saler	
	Mayo			Z2 El Saler				
	Junio		Z1 Bétera				Z3 Monserrat	
	Julio				Z2 El Saler			Z1 Bétera Z2 El Saler
	Agosto		Z3 Monserrat					
	Septiembre				Z2 El Saler			
	Octubre				Z3 Monserrat		Z2 El Saler	

Tabla 16. Calendario de toma de datos

8.7 REPRESENTATIVIDAD DE STRAVA

Conocer la representatividad que presenta Strava sobre la demanda ciclista real es uno de los principales objetos de estudio del presente TFM. Para ello, es fundamental partir de una buena base de datos que recoja información de los puntos estudiados.

En la Fig. 66 se observa el proceso empleado para estudiar dicha representatividad a partir de la denominada densidad de la demanda ciclista y el coeficiente SUR.

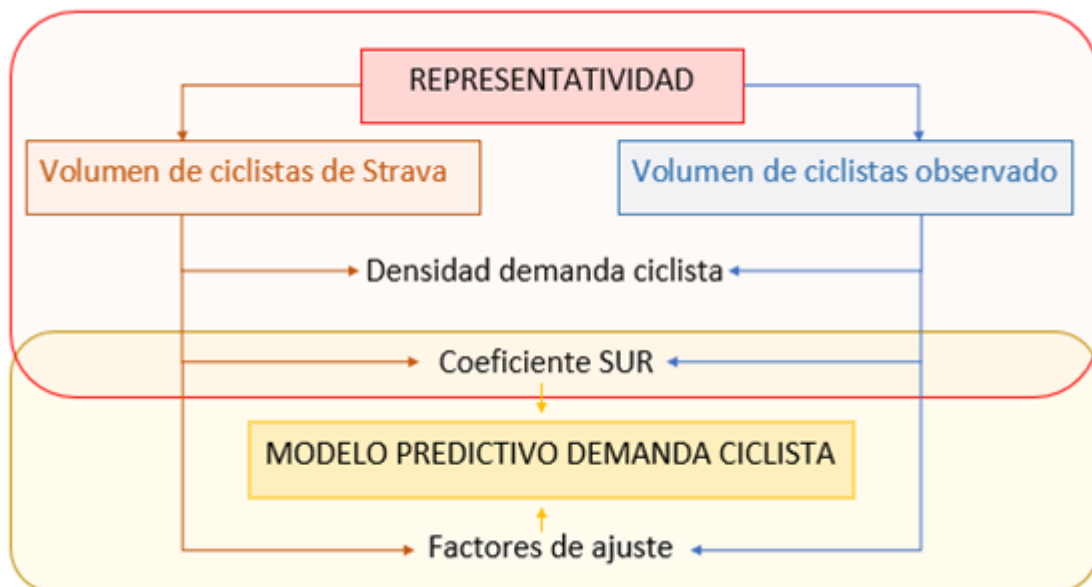


Fig. 66 Mapa conceptual cálculo de la representatividad de Strava y del modelo predictivo de la demanda ciclista.

8.7.1 DENSIDAD DE LA DEMANADA CICLISTA

Debido a la necesidad de ser comparadas las bases de datos creadas, la mejor opción es mediante la densidad de ciclistas, que expresa el número de ciclistas que existen por unidad de tiempo.

Es fundamental emplear dicho método ya que no se puede comparar directamente los ciclistas observados con los ciclistas registrados en la aplicación. Esto se produce por la unidad de paso de los ciclistas, que queda registrado en un determinado instante sin viabilidad de realizar un análisis estadístico mediante una representación gráfica que aporte información relevante.

Otro factor que influye y dificulta la comparación de los datos extraídos es el desfase temporal producido en el paso de los ciclistas entre los puntos observados y Strava.

En la Fig. 67 obtenida del punto de estudio P1 de la zona 1 de Bétera, se observa estos dos sucesos donde en el gráfico no se puede obtener ninguna conclusión de los datos analizados ya que es imposible relacionar ambas demandas ciclistas si no se transforman a una unidad de mediación que sea equiparable, es decir, la densidad ciclista.

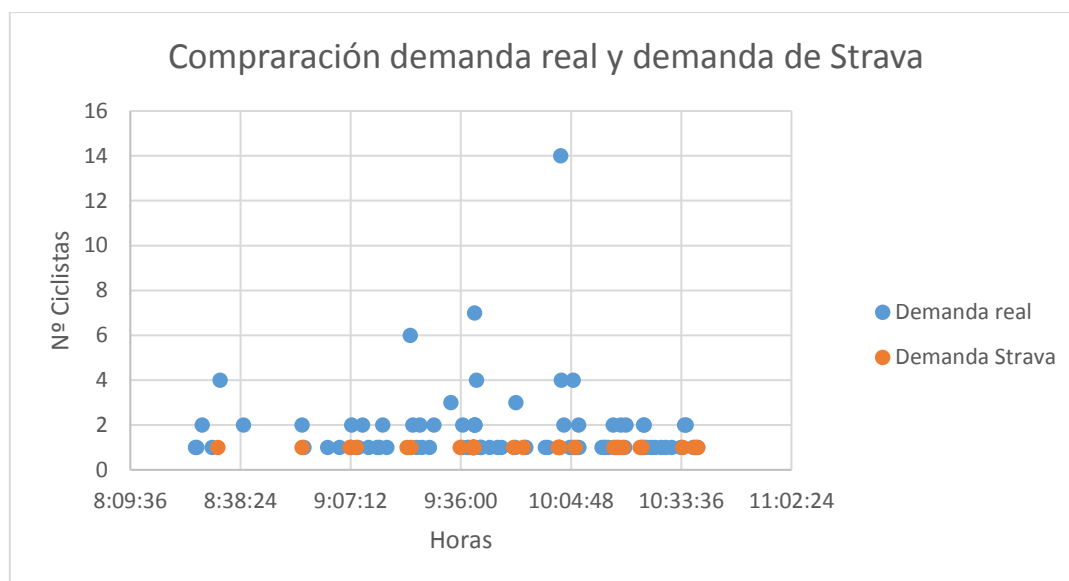


Fig. 67 Comparación demanda real y demanda de Strava en el Punto 1 de la zona

Por tanto, para homogeneizar y controlar el flujo de datos la mejor opción a aplicar es el cálculo de la densidad ciclista a partir del método de la ventana deslizante.

La densidad de la demanda ciclista se emplea en la primera toma de datos realizada el sábado día 12 de noviembre de 2016 para conocer si Strava es realmente representativo de la demanda observada. Es fundamental debido a los pocos datos que se tienen hasta ese momento y es decisivo para ver el nivel de relación que muestra y función del resultado obtenido ampliar otras vías de análisis de datos para su estudio.

8.7.1.1 Ventana deslizante

Para obtener la densidad ciclista, el GIIC de la UPV ha creado una Macro en una hoja de cálculo en la que se introduce los ciclistas registrados junto a su hora de paso y devuelve el número de ciclistas por segundo, laminando el flujo ciclista en función de la longitud de la ventana deslizante.

El proceso de cálculo consiste en obtener para cada instante estudiado un número de ciclistas que han pasado durante una franja temporal antes y después de dicho instante. Es fundamental determinar cuál es la longitud de la franja de tiempo para que el flujo ciclista se lamine correctamente y el resultado se pueda comparar de forma gráfica.

En la Fig. 68 se muestra de forma gráfica un ejemplo del proceso de la ventana deslizante en un instante dado, donde la longitud de dicha ventana es de 10 segundos y dentro de ella quedan recogidos todos los ciclistas que sean abarcados por ella. Esto se repetiría para cada segundo superponiendo cada ventana.

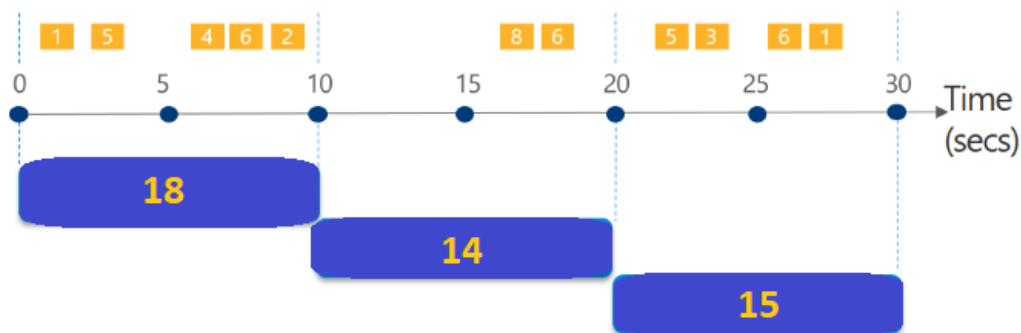


Fig. 68 Ejemplo del método de la ventana deslizante

Para evitar fallos en la ejecución de la Macro, el primer paso es transformar la hora de paso con formato de 24 horas a segundos. De esta forma, el campo de la hora está compuesto por una sola cifra compacta.

Una vez ejecutada la Macro, el resultado obtenido es el número de ciclistas que quedan dentro de la ventana para cada instante, pero eso no es la densidad ciclista. El siguiente paso es dividir dicho resultado entre la longitud de la ventana para obtener las unidades que se buscan de ciclistas/segundo.

De esta forma se obtiene una densidad ciclista para cada instante de la franja horaria observada que equivale a un segundo.

Con estos resultados se obtiene la laminación del flujo ciclista que consiste principalmente en que se aprecien el paso de pelotones ciclistas representados mediante picos de intensidad. Los pelotones ciclistas aportan una información esencial respecto al comportamiento, tanto de los ciclistas como de la aplicación, que a parte de dicho TFM, se puede emplear en otros estudios.

8.7.1.2 Desfase temporal

Existe un desfase temporal entre el punto de paso de ciclistas observados y los registrados en Strava. Este desfase existente es de debido a:

- Punto de inicio del segmento en Strava
- Punto de referencia del paso ciclista del observador que recoge los datos

El procedimiento empleado para determinarlo fue a través de los datos obtenidos de Strava, ya que aporta el nombre completo con el que se registra el usuario y su ID, buscar fotografías en las redes sociales del mismo día de la toma de datos, para conocer la indumentaria que vestía en ese momento e identificarlo en el video.

Para ampliar el conocimiento sobre el funcionamiento de Strava se determinó este desfase temporal entre la aplicación y la realidad.

Se identificó 10 ciclistas para determinar dicho desfase.

En la Fig. 69 se puede observar la foto del ciclista colgada junto a sus compañeros en las redes sociales y los ciclista registrados por la cámara en el punto de observación 5 a las 12:23 horas.



Fig. 69 Ciclistas identificados en el punto de observación 5

En la Fig. 70 se observa a un pequeño pelotón compuesto por 5 ciclistas circulando en fila que visten la misma indumentaria que en su paso por el punto de observación 1 a las 8:58 horas.



Fig. 70 Ciclistas identificados en el punto de observación 1

Ocurre lo mismo con el usuario de la Fig. 71, que se puede determinar claramente su paso al vestir el mismo maillot ciclistas con el detalle de la manga bicolor a las 13:08 en el punto de observación 3.



Fig. 71 Ciclistas identificados en el punto de observación 3

A continuación se muestra en la Tabla 17 el desfase observado por los ciclistas estudiados:

Punto de observación	ID ciclistas	Hora de paso Strava	Hora de paso observada	Desfase (Seg)
P5	17257337	12:23:22	12:23:56	34
	6103545	11:36:43	11:37:34	51
	16001166	12:53:20	12:54:05	45
	5139957	12:06:36	12:05:55	41
P2	4673592	9:56:17	9:56:09	8
	4694070	10:10:02	10:09:55	7
	6162178	10:22:24	10:22:11	13
	17649213	10:31:40	10:31:32	8
	2878590	12:30:07	12:30:30	23
P1	13258259	8:58:21	8:58:24	3

Tabla 17. Cálculo de desfase temporal entre puntos observados y Strava

Se observa en la Tabla 17 que no se puede determinar un desfase determinado, ni siquiera por punto de observación ya que tiene una gran variación. Este desfase se debe principalmente, a parte de la posición de los puntos de observación, a la velocidad de los ciclistas. Por eso no es un desfase uniforme, ya que cada ciclista circula a una velocidad diferente y determina el desfase temporal entre el punto de observación y el inicio del segmento en Strava.

Profundizar en el estudio del desfase temporal es innecesario, ya que para ello se tendría que determinar la velocidad de cada ciclista, obteniéndose resultados imprecisos debido a los escasos metros que recoge la cámara y aportando una información no relevante para este estudio y consumiendo muchos recursos. Por ello se determina que desfase producido entre los puntos de observación y Strava puede ser entre 0 y 60 segundos.

8.7.2 COEFICIENTE SUR

Una forma de determinar la representatividad de Strava es mediante un coeficiente que relacione los ciclistas que circulan por la carretera y usen Strava (García et al. 2017).

Este coeficiente se denomina SUR (Strava Usage Rate) y queda determinado por:

$$SUR(\%) = \frac{\text{Volumen Strava}}{\text{Volumen observado}} * 100$$

El coeficiente SUR se define como el porcentaje de ciclistas que usan Strava respecto al número de ciclistas observados en un conteo.

Por tanto, cuanto mayor sea el coeficiente SUR obtenido, mayor número de ciclistas observados serán usuarios de Strava y se tendrá una mayor representatividad.

Sin embargo, un punto clave y fundamental no es el valor del coeficiente SUR en sí, si es mayor o menor, es que se mantenga constante a través del tiempo mostrando un patrón de comportamiento que indique que dicha representatividad es fiable.

En caso de que el coeficiente SUR se mantenga constante en las zonas de estudio, se puede utilizar para obtener un modelo predictivo que obtenga la IMD ciclista a partir de los datos extraídos de Strava.

8.8 MODELO PREDICTIVO DE LA DEMANDA CICLISTA

El cálculo de la demanda ciclista puede realizarse mediante modelos que predicen la IMD ciclista. En este estudio se presentan dos vías para el cálculo de dicha IMD a partir de los datos extraídos de Strava:

- Coeficiente SUR
- Factores de ajuste

8.8.1 COEFICIENTE SUR

Como se ha expuesto, si el coeficiente SUR se mantiene constante en el tiempo indicará que la demanda ciclista registrada en Strava es siempre el mismo porcentaje de la demanda ciclista real, por tanto, se puede definir como:

$$AADB = \frac{1}{SUR} * AADB_S$$

Siendo:

- AADB: IMD ciclista real (Nº Ciclistas/Año)
- SUR: Coeficiente SUR (%)
- AADB_S: IMD ciclista registrada en Strava

8.8.2 FACTORES DE AJUSTE

Este apartado se va a desarrollar siguiendo las recomendaciones de TMG para crear un programa de monitoreo de tráfico con el fin de desarrollar un modelo predictivo que estime la IMD ciclista.

En primer lugar, se va a asimilar la aplicación Strava como un conteo continuo ya que cumple los requisitos que se definen en la TMG, es decir, un recuento de volúmenes que se obtiene durante un período de 24 horas diarias durante 365 días.

A partir de Strava se van a obtener los factores de ajuste, ya que es uno de los principales objetivos de los conteos continuos, para el cálculo de la demanda ciclista.

Se va a abordar el estudio de la predicción de la IMD ciclista para cada segmento de forma individual debido al desconocimiento existente y por tanto no poder crear grupos de patrones de comportamiento. Por tanto, el enfoque del análisis se asimila como si se establecieran grupos de factores en función del volumen ya que no tiene en cuenta las características del trayecto.

A partir de la TMG se ha definido la IMD ciclista obtenida de Strava (Annual average daily Strava (AADS)) como:

$$AADS = \frac{\text{Total annual Strava}}{365}$$

- AADS (Annual average daily Strava) = Intensidad media diaria de ciclistas registrados en Strava. (Nº de ciclistas/día)
- Total annual Strava = Número total de ciclistas registrados en Strava que circulan por un tramo de estudio durante un año. (Nº de ciclistas/año)

A continuación, se definen los diferentes factores de ajuste a partir de la TMG.

- **Factor estacional o Seasonal Factors ($F_{D,M}$) :**

$$F_{D,M} = \frac{AADS}{\sum S_{D,M}}$$

- AADS = Intensidad media diaria de ciclistas registrados en Strava. (Nº de ciclistas/día)
 - $F_{D,M}$ = Factor de estación aplicable al día D del mes M
 - $S_{D,M}$ = Número de ciclistas en el día D del mes M (Nº de ciclistas)
 - D = Día de la semana
 - M = Mes del año
- **Factor horario o Hour of Day Factors ($F_{Season,D,H}$) :**

$$F_{Season,D,H} = \frac{\sum S_{Season,D,H}}{AADS}$$

- AADS = Intensidad media diaria de ciclistas registrados en Strava. (Nº de ciclistas/día)
- FSeason,D,H = Factor horario aplicable a la hora H del día D de la estación Season
- H = Hora del día
- D = Día de la semana
- Season = Estaciones del año
- SSeason,D,H = Número de ciclistas en la hora H del día D en la estación Season (Nº de ciclistas)

- **Factor diario o Day of Year Factors (FDOY) :**

$$F_{DoY} = \frac{AADS}{S_{D,M}}$$

- AADS = Intensidad media diaria de ciclistas registrados en Strava. (Nº de ciclistas/día)
- FD,M = Factor de estación aplicable al día D del mes M
- SD,M= Número de ciclistas en el día D del mes M (Nº de ciclistas)
- D = Día de la semana
- M = Mes del año

Este factor solo se puede obtener en años naturales completos (Del 1 de enero al 31 de diciembre). Es igual o equivalente que el Seasonal Factor o factor estacional pero con el valor exacto ya que al completarse el año es conocido. Si se está trabajando en un año que se ha completado, este factor es más fiable que el Seasonal Factor.

Sin embargo, si se trabaja en un año no completo usamos los Seasonal Factors y los Hour of Day Factors del año pasado

Una vez defina la IMD ciclista de Strava (AADS) y los factores de ajuste se definen las fórmulas empleadas para obtener la IMD ciclistas a partir de conteos de corta duración.

En primer lugar se calcula el número de ciclistas que han circulado durante el día en el que se ha hecho el conteo de corta duración.

- **Daily bicyclist (DB):**

$$DB = \frac{\sum Count_H}{\sum F_{Season,D,H}}$$

- DB (Daily Bicyclist) = Nº de ciclistas en un día. (Nº de ciclistas/día)
- CountH = Nº de ciclistas registrados en un aforo manual durante la hora H. (Nº de ciclistas/hora)
- H = Hora del día
- FSeason,D,H = Factor horario aplicable a la hora H del día D de la estación Season
- D = Día de la semana

Una vez obtenido el DB se calcula la IMD ciclista. Para ello se puede hacer dos formas, según si se trabaja dentro de un año que se ha completado, es decir, se ha estado registrando datos en el conteo continuo durante 365 años o si aún dentro del año que se está estudiando no ha superado el 31 de diciembre.

- **IMD ciclista o Annual Average Daily Bicyclist (AADB) para años incompletos:**

$$AADB = DB \cdot F_{D,M}$$

- AADB (Annual Average Daily Bicyclist) = Intensidad media diaria de ciclistas. (Nº de ciclistas/día)
- DB = Nº de ciclistas en un día. (Nº de ciclistas/día)
- FD,M = Factor de estación aplicable al día D del mes M
- D = Día de la semana
- M = Mes del año

- **IMD ciclista o Annual Average Daily Bicyclist (AADB) para años completos:**

$$AADB = DB \cdot F_{DoY}$$

- AADB (Annual Average Daily Bicyclist) = Intensidad media diaria de ciclistas. (Nº de ciclistas/día)
- DB = Nº de ciclistas en un día. (Nº de ciclistas/día)
- FDoY = Factor aplicable al día D del año Y
- D = Día de la año Y
- Y = Año

Para obtener el número de ciclistas que circulan por los tramos cada año, se obtiene de la siguiente manera:

- **Ciclistas totales anuales o Total Year Bicyclists:**

$$Total\ Year\ Bicyclists = AADB \cdot 365$$

- Total Year Bicyclist = Nº de ciclistas en un tramo estudiado en un año. (Nº de ciclistas/año)
- AADB = Intensidad media diaria de ciclistas. (Nº de ciclistas/día)

Para obtener los factores a partir de las herramientas desarrolladas en lenguaje Python, se van a emplear los datos registrados para cada segmento durante el periodo de octubre de 2016 a octubre de 2017, ya que la TMG recomienda un registro de volumen de tráfico ciclista comprendido dentro de un periodo de un año.

8.8.3 VALIDACIÓN DEL MODELO

La validación busca verificar que la IMD ciclista obtenida es fiable y el modelo se puede aplicar a cualquier segmento dentro de la zona estudiada.

Para este TFM no hay disponibilidad de datos que determinen la IMD ciclista en las carreteras estudiadas puesto que no existen medios de conteos continuos físicos que registren el tráfico ciclista real en 24 horas al día durante los 365 días al año. Por tanto, no se tiene constancia de datos que puedan verificar los modelos desarrollados a este nivel.

Sin embargo, se validarán parte de los modelos con datos obtenidos en tomas de datos adicionales. A continuación, se exponen dichas validaciones.

8.8.3.1 Validación modelo predictivo de la IMD ciclista mediante coeficiente SUR

Al existir una mayor cantidad de datos para desarrollar el modelo de predicción mediante el coeficiente SUR, se va a estudiar su comportamiento a lo largo del tiempo y si se observa un patrón. Como se ha expuesto anteriormente, si el coeficiente SUR se mantiene constante se determinará que es un modelo fiable, aunque no se haya validado a nivel de IMD.

Por otra parte, se realizaron dos tomas de datos adicionales; el sábado 24 de noviembre de 2018 y el miércoles 28 de noviembre de 2018 en la intersección I22 de la zona 1. Estos aforos tuvieron una duración de 10 horas y 50 minutos y 10 y 20 minutos respectivamente como se observa en la Tabla 18.

Fecha	Estación	Día	Hora inicio	Hora fin	Duración
24/11/2018	Otoño	Sábado	7:13:00	18:02:14	10:49:14
28/11/2018	Otoño	Miércoles	7:36:44	17:57:08	10:20:24

Tabla 18. Tomas de datos para validación del modelo de predicción de la IMD ciclista mediante el Coeficiente SUR en la I22

Lo que significa que se conoce la intensidad ciclista real para esos dos días, puesto que dentro de esa franja horaria se recoge todo el tráfico ciclista. Por tanto, en lugar de validar la obtención de la IMD estimada debido a la falta de la IMD real, se validará la estimación de la intensidad ciclista para todos los sábados y miércoles del año de la intersección I22.

Se han utilizado los datos de la intensidad diaria de Strava del año 2016 para realizar la validación, puesto que son los únicos datos que ha habido posibilidad de obtener y se predispone que en este periodo la demanda ciclista no ha sufrido una gran variación.

Para ello, a partir de los datos obtenidos de Strava, se estimará la intensidad ciclista a partir de la intensidad ciclista de la aplicación de la siguiente manera:

$$IC_{estimada} = IC_{Strava} * \frac{1}{C.SUR}$$

Donde:

- $IC_{estimada}$: Intensidad ciclista estimada (Número de ciclistas)
- IC_{Strava} : Intensidad ciclista de Strava (Número de ciclistas)
- C. SUR: Coeficiente SUR (%)

Una vez se tenga la intensidad ciclista estimada se calculará el error obtenido de cada sábado y cada miércoles a partir de la intensidad real:

$$\% Error = \frac{IC_{real} - IC_{estimada}}{IC_{real}}$$

$$\% Error absoluto = \frac{|IC_{real} - IC_{estimada}|}{IC_{real}}$$

Donde:

- $IC_{estimada}$: Intensidad ciclista estimada (Número de ciclistas)
- IC_{real} : Intensidad ciclista real (Número de ciclistas)

La obtención de un bajo error indicará un buen ajuste del modelo y de su fiabilidad, a pesar que no se haya podido validar el resultado del modelo. Las conclusiones obtenidas servirán para reforzar o invalidar las alcanzadas con el Coeficiente SUR.

8.8.3.1 Validación modelo predictivo de la IMD ciclista mediante factores de ajuste

En este caso, ante la imposibilidad de validar el modelo a partir de la IMD real, se va a validar los factores de ajuste diarios obtenidos mediante la herramienta en lenguaje Python de la base de datos de Strava.

Para ello se realizó una toma de datos en la zona 2, un sábado 1 de diciembre de 2018 con duraciones del conteo próximo a las 10 horas como se recoge en la Tabla 19.

	P.O	Fecha	Estación	Día	Hora inicio	Hora fin	Duración
Zona 2	G21	01/12/2018	Invierno	Sábado	7:33:40	18:10:36	10:36:56
	G26	01/12/2018	Invierno	Sábado	7:51:44	17:47:40	9:55:56

Tabla 19. Tomas de datos para validación del modelo de predicción de la IMD ciclista mediante factores de ajuste

Con esta toma de datos se pretende conocer la intensidad ciclista real de esos dos días observados, con el fin de calcular los factores de ajuste horarios reales, ya que se conoce la distribución horaria de la intensidad ciclista. Se han calculado de la siguiente manera:

$$F_{Season,D,H} = \frac{\sum S_{Season,D,H}}{IC_{real}}$$

- $F_{Season,D,H}$: Factor horario aplicable a la hora H del día D de la estación
- Season: Estación del año
- IC real: Intensidad ciclista real (Número de ciclistas)
- H: Hora del día
- D: Día de la semana

Una vez se obtengan los factores de ajuste horarios reales para los dos días observados, se calculará el error obtenido de cada sábado de otoño y cada miércoles de invierno a partir de los factores de ajuste horarios obtenidos de Strava:

$$\% \text{ Error absoluto} = \frac{|F_{Season,D,H_{Real}} - F_{Season,D,H_{Strava}}|}{F_{Season,D,H_{Real}}}$$

Donde:

- $F_{Season,D,H_{Real}}$: Factor horario real aplicable a la hora H del día D de la estación
- $F_{Season,D,H_{Strava}}$: Factor horario de Strava aplicable a la hora H del día D de la estación

La validación de este modelo predictivo debe pasar por la calibración de los factores de ajuste empleados para obtener la IMD ciclista. Puesto que no existen datos para validar el modelo a través de la IMD ciclista estimada, se realiza una primera validación a partir del factor de ajuste horario a partir del error obtenido en su cálculo.

De forma complementaria, se estudiará la distribución horaria de la intensidad ciclista de forma gráfica en diferentes segmentos. De este modo, aunque no se pueda obtener el error de dichos factores, se analizará si guardan similitud la distribución horaria de la intensidad ciclista real y la de Strava debido a la importancia de encontrar un patrón horario en el comportamiento de los ciclistas y demuestre que se puede utilizar la aplicación para desarrollar los factores de ajuste.

8.9 VARIACIÓN TEMPORAL DE LA DEMANDA

La intensidad de tráfico varía a lo largo del tiempo en cualquier carretera, esto se observa en unas oscilaciones cíclicas en función de:

- La hora del día
- El día de la semana
- La semana del mes
- El mes del año

A partir del modelo desarrollado en la predicción de la IMD ciclista en el cual se han seguido las recomendaciones de la TMG, se puede conocer estas variaciones temporales a partir de los factores de ajustes.

8.9.1 VARIACIÓN HORARIA

El factor de hora punta o pico se define como el número de vehículos que pasan por una sección durante la hora que se considera representativa de las condiciones de mayor circulación y es utilizada principalmente para vehículos a motor a tener en cuenta en el diseño de carreteras.

En el caso de las bicicletas se puede utilizar para tener un mayor conocimiento del tráfico ciclista y saber cuándo se produce es fundamental para mejorar las vías a nivel de seguridad cuando el pico ciclista coincide con el pico de vehículos a motor.

Por lo que se va a utilizar los factores de ajuste “Hour of Day Factors” para estudiar estas horas puntas en la intensidad ciclista y proponer mejoras en:

- La geometría de la vía
- Ordenación del tráfico

8.9.2 VARIACIÓN DIARIA

Normalmente el tráfico de los días laborables (de lunes a viernes), difiere del de los días festivos, sábados y domingos. A partir de los factores de ajuste “Hour of Day Factors” se puede comprobar si existe dicha variación. Si es así, se tendrá en cuenta para tratar los datos como es la variación del coeficiente SUR.

8.9.3 VARIACIÓN MENSUAL

La intensidad ciclista también sufre una variación en función de los meses del año, por eso se han dividido los meses en las cuatro estaciones con el objetivo de obtener los factores de ajuste. Con el “Seasonal Factors” ya que muestra la tendencia del tráfico ciclista a lo largo del año.

9. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En este estudio se pretende conocer la representatividad de la aplicación para deportistas Strava frente a la demanda real de ciclistas y por tanto ser una plataforma útil para el cálculo de la IMD de ciclistas en carreteras convencionales dentro de cualquier entorno.

La primera toma de datos se realizó el sábado día 12 de diciembre. Dado que ha sido la primera salida para realizar los conteos de corta duración, se han escogidos como puntos de observación los 5 tramos pertenecientes a la zona de estudio 1 de las carreteras CV-333, CV-25, CV-331 y CV-305 en el municipio de Bétera, que diferenciándolo por sentido de circulación se convierte en 10 segmentos registrados en Strava.

Con estos puntos de observación se pretende estudiar más a fondo la demanda real y de Strava para extraer unas primeras hipótesis que sirvan para mejorar las próximas tomas de datos optimizando tanto los recursos para realizar estas como aquellos que se emplean en el post-tratamiento de los datos.

Para ello, este se punto se centra en la obtención de un procedimiento para calcular la densidad de la demanda ciclista, ya que al tener pocos datos para hacer un análisis global se necesita un método que indique de forma fiable dicha relación entre Strava y la realidad y por tanto continuar con el estudio.

9.1 DENSIDAD CICLISTA

Debido a la necesidad de comparar la demanda ciclista observada y la de Strava, la mejor opción es mediante la densidad de ciclistas, que expresa el número de ciclistas que existen por unidad de tiempo y mostrada de forma gráfica por la agrupación de la gran cantidad de datos existentes en un mismo espacio.

A continuación se muestran la demanda ciclista en los puntos observados y el coeficiente SUR calculado:

Análisis de la demanda ciclista y propuesta de una metodología para su caracterización en carreteras convencionales. Desarrollo de un mapa de tráfico de ciclistas en el entorno de las carreteras CV-333, CV-25, CV-331 y CV-305 (provincia de Valencia).

Segmentos	Hora de inicio	Hora de fin	Duración	Demanda real	Demanda Strava	SUR(%)
P1_A	8:26:00	10:38:00	2:12:00	869	212	24%
P1_D	8:26:00	10:38:00	2:12:00	148	33	22%
P2_A	9:44:04	10:55:52	1:11:48	234	68	29%
	12:18:12	13:30:00	1:11:48	24	3	13%
P2_D	9:44:04	10:55:52	1:11:48	66	13	20%
	12:18:12	13:30:00	1:11:48	82	25	30%
P3_A	10:06:54	12:18:00	2:11:06	116	31	27%
	12:45:16	14:21:00	1:35:44	5	2	40%
P3_D	10:06:54	12:18:00	2:11:06	147	54	37%
	12:45:16	14:21:00	1:35:44	82	10	12%
P4_A	7:42:22	9:36:00	1:53:38	107	6	6%
	10:51:04	11:15:00	0:23:56	7	0	0%
P5_A	8:01:04	9:36:48	1:35:44	225	57	25%
	11:21:04	13:40:03	2:18:59	53	8	15%
P5_D	8:01:04	9:36:48	1:35:44	19	4	21%
	11:21:04	13:40:03	2:18:59	146	30	21%

Tabla 20. Resultados obtenidos en los puntos de observación tras la toma de datos del día 12 de noviembre

El cálculo de la densidad ciclista se realiza mediante el método de la ventana deslizante y por ello es fundamental conocer la longitud óptima de esta ventana en unidades de tiempo. Por ello se ha estudiado para los puntos estudiados diferentes tiempos de longitud de la ventana:

- 61 segundos o 1 minuto
- 121 segundos o 2 minutos
- 301 segundos o 5 minutos
- 901 segundos o 15 minutos
- 1201 segundos o 30 minutos

En primer lugar, se han usado los datos de la demanda real, ya que el número de ciclistas es superior a la demanda ciclista de Strava. Aunque solo se podría haber estudiado la longitud de la ventana deslizante en aquellos puntos donde existe una demanda mayor, se ha realizado en todos los puntos para obtener una mayor muestra y así llegar a unas conclusiones mejor afianzadas.

Se han utilizado los datos de la demanda ciclista, tanto real como de Strava con el fin de obtener mayores resultados y mejores conclusiones.

9.1.1 VENTANA DESLIZANTE DEMANDA CICLISTA REAL

A continuación se muestra la representación gráfica de la densidad de la demanda ciclista observada de los siguientes puntos P1_A, P1_D, P3_A y P3_D en la primer periodo de observación debido a su interés.

El resto de representaciones gráficas se puede observar en el Anejo 2.

- Densidad ciclista para el punto P1 en sentido ascendente

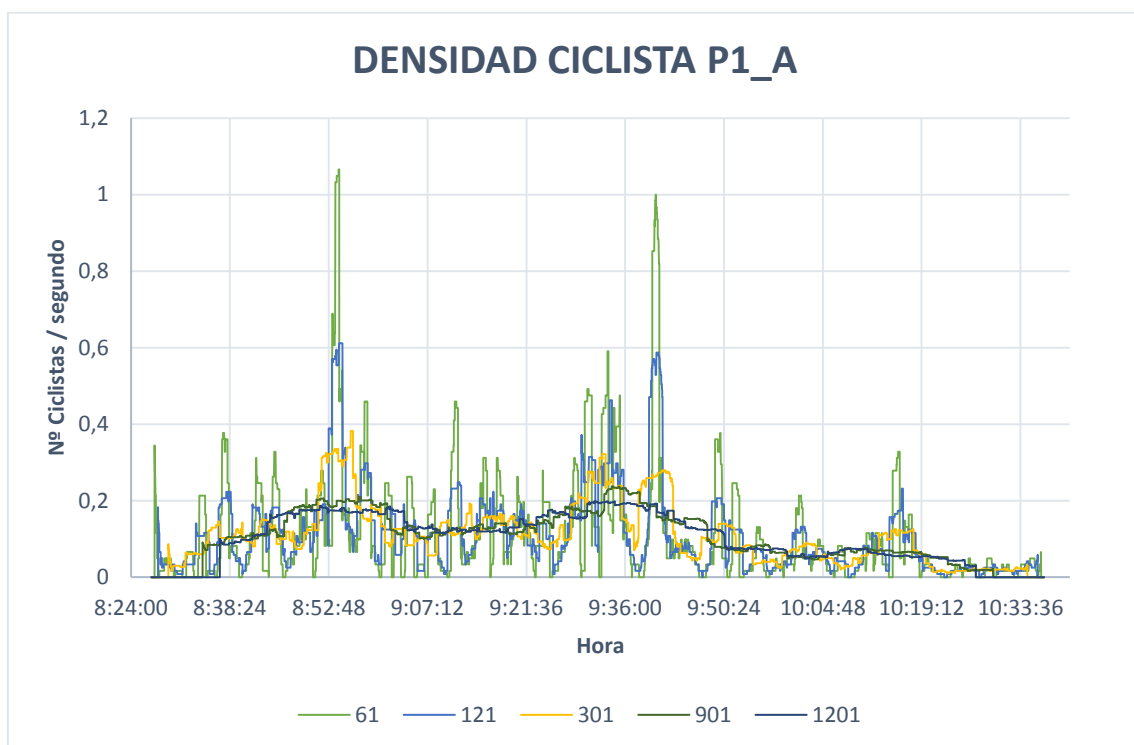


Fig. 72 Densidad ciclista P1_A

- Densidad ciclista para el punto P1 en sentido descendente

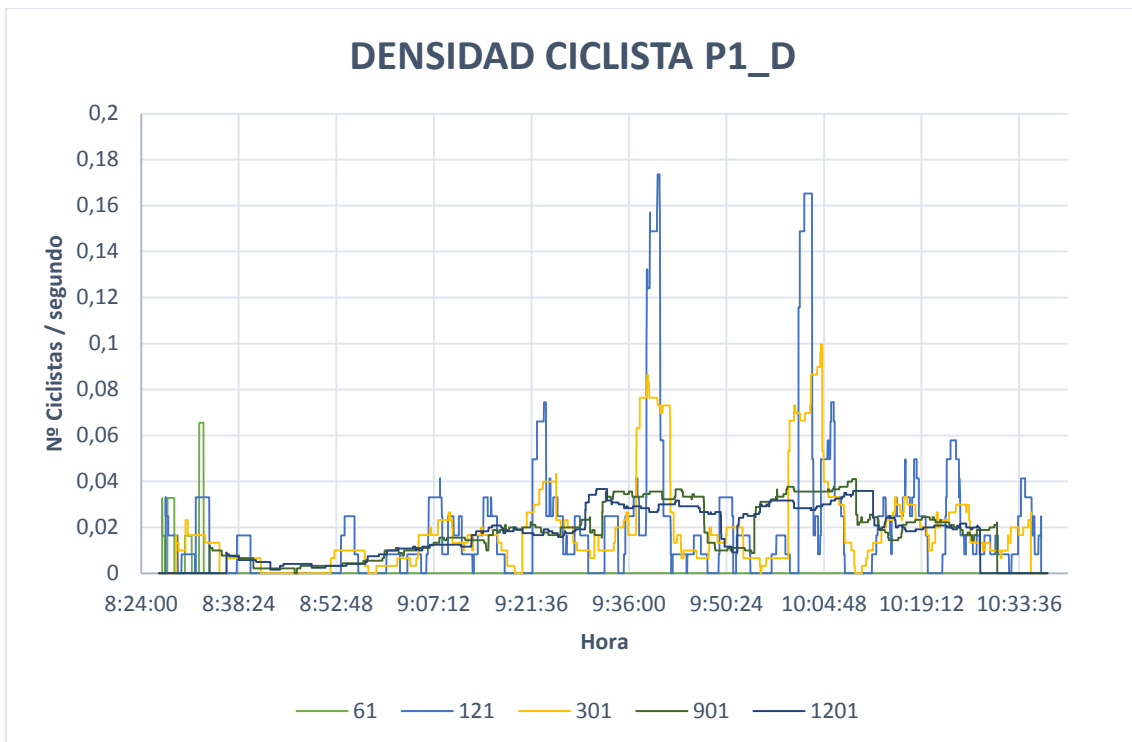


Fig. 73 Densidad ciclista P1_D

- Densidad ciclista para el punto P3 en sentido ascendente

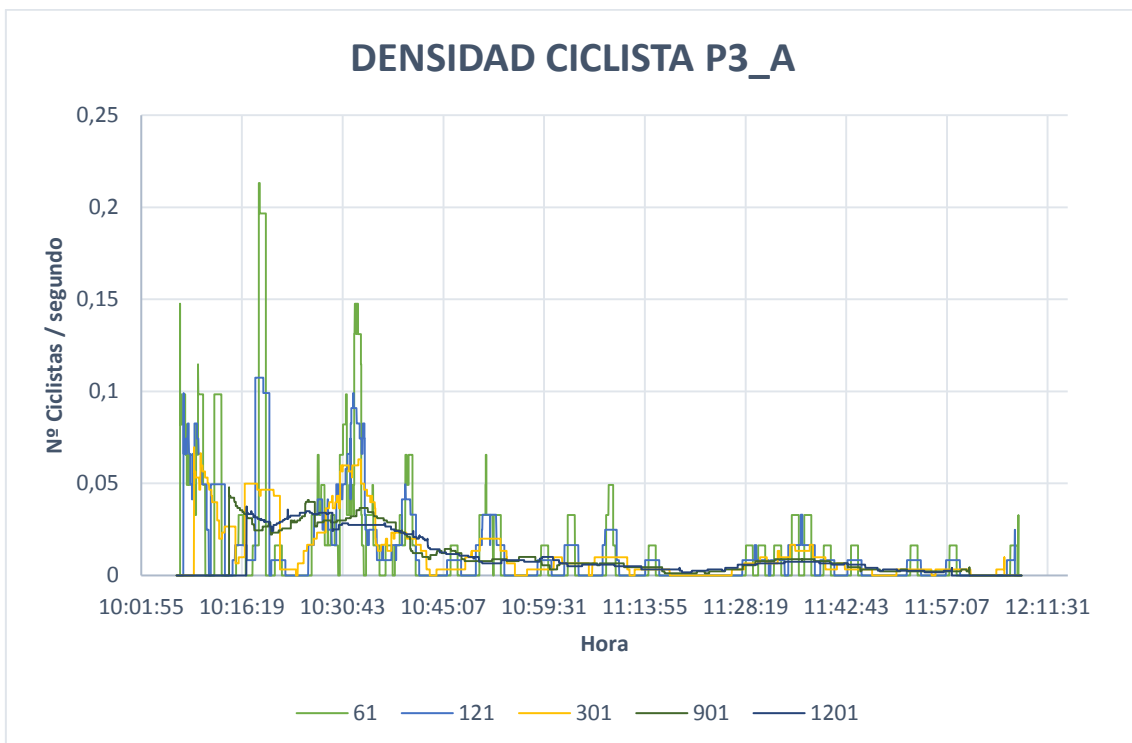


Fig. 74 Densidad ciclista P3_A

- Densidad ciclista para el punto P3 en sentido descendente

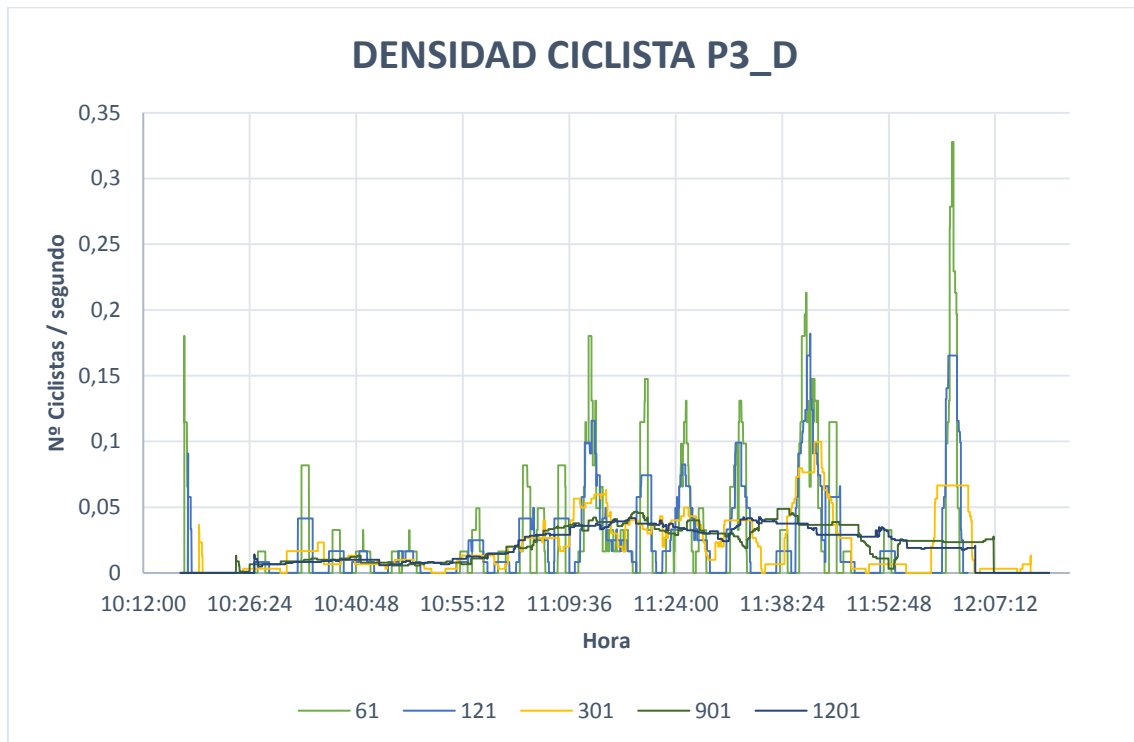


Fig. 75 Densidad ciclista P3_D

Observando los gráficos de la densidad ciclista se concluye que aquellos periodos de ventana de 1, 2 y 5 min quedan totalmente descartados ya que no se aprecia en ellos una laminación de los ciclistas, si no que muestran picos elevados. Esto se debe principalmente al paso de pelotones ciclistas que aumenta la demanda de forma brusca en tiempos muy concretos.

Estos picos de demanda ciclista son de interés para el estudio, pero de forma tan pronunciada solo aportan ruido que impide tomar a los ciclistas como un flujo de tráfico, mostrando el paso del ciclista como un hecho puntual sin verse afectado por lo que ocurre en momentos precedentes y posteriores. Además, como se estudia el paso de los ciclistas hasta la unidad de tiempo del segundo y la finalidad de este método es poder comparar la demanda ciclista real y la de Strava, no se puede contrastar ambas demandas de forma analítica debido al desfase de tiempo de paso registrado de forma manual y por Strava ya que estos picos no se superpondrán por no estar el flujo laminado.

9.1.2 VENTANA DESLIZANTE DEMANDA CICLISTA DE STRAVA

Se han utilizado los datos de Strava para ampliar la muestra y de esta forma confirmar las conclusiones anteriores.

Los siguientes puntos se han descartado para el estudio de la ventana deslizante debido a que los datos extraídos de Strava no son suficientemente amplios para obtener unos resultados fiables:

- P2_A (12:18:12-13:30:00)
- P3_A (12:45:16-14:21:00)
- P3_D (12:45:16-14:21:00)
- P4_A
- P5_A (11:21:04-13:40:03)
- P5_D (8:01:04-9:36:48)

A continuación, se muestran las gráficas obtenidas de la densidad ciclista de Strava mediante el método de la ventana deslizante para diferentes longitudes de ventana en el punto P1_A y el P3_D. El resto de puntos estudiados se pueden observar en el Anejo 2.

- Densidad ciclista para el punto P1 en sentido ascendente

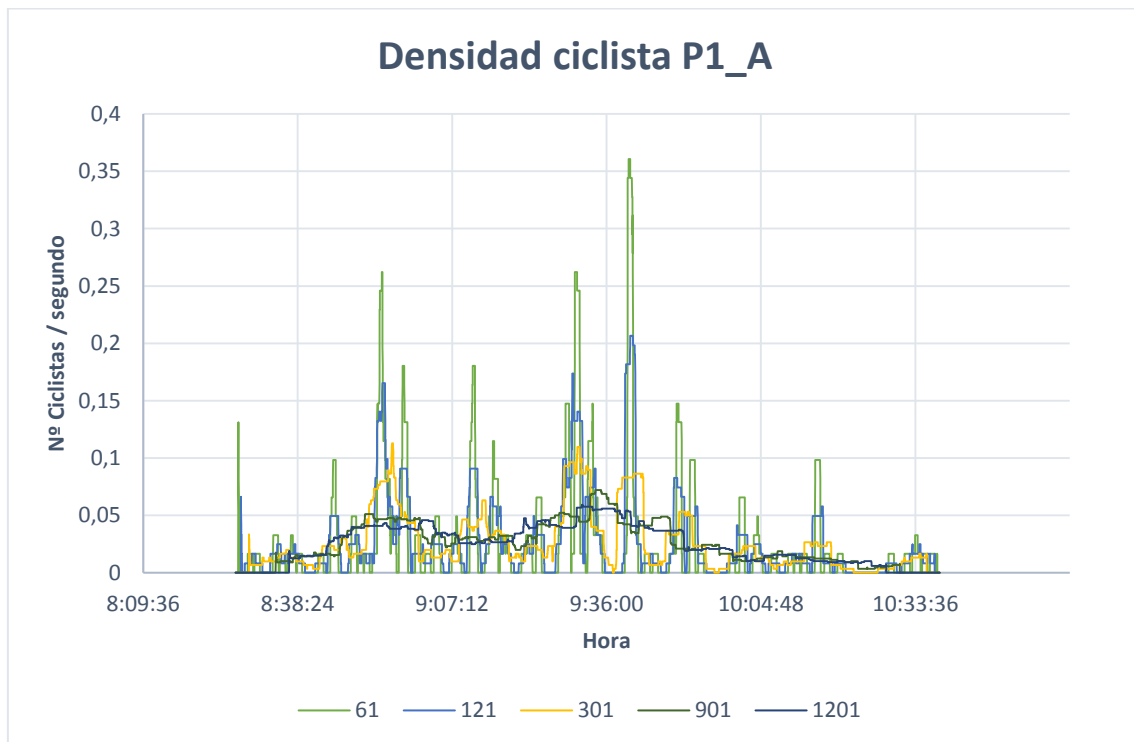


Fig. 76 Densidad ciclista P1_A

- Densidad ciclista para el punto P3 en sentido descendente

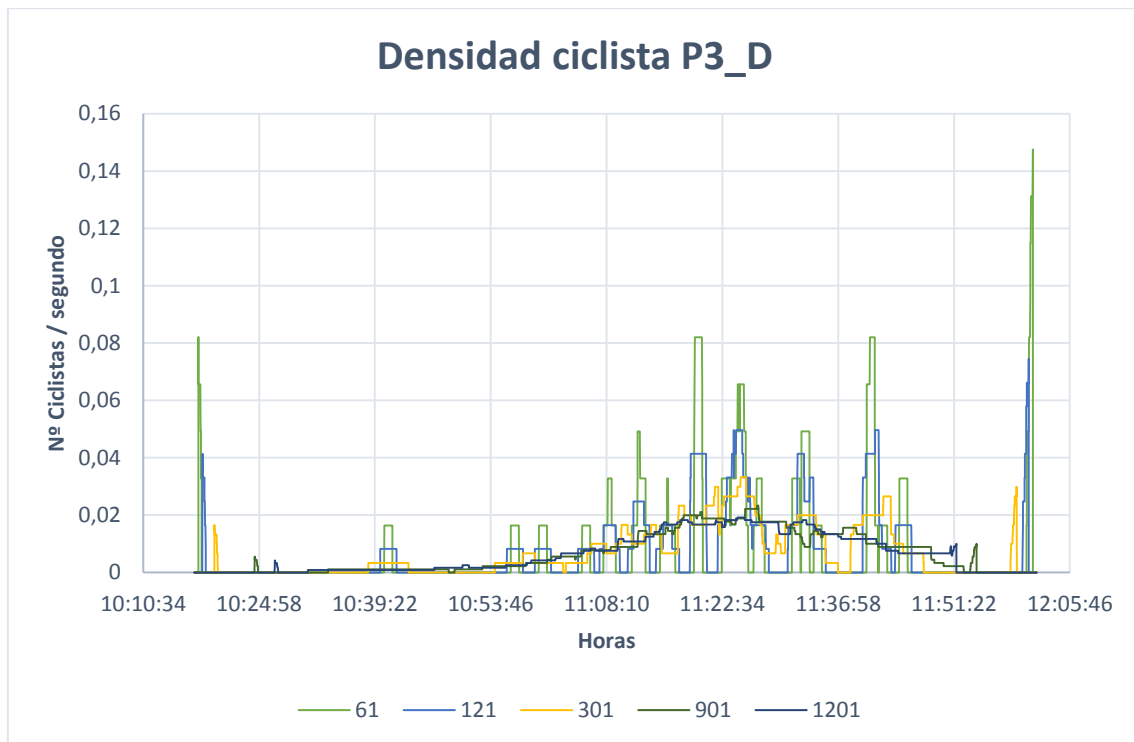


Fig. 77 Densidad ciclista P3_D

Con las gráficas obtenidas de la demanda ciclista de Strava se obtiene los mismos resultados que con la demanda real, es decir, la longitud de ventana de 1, 2 y 5 minutos queda totalmente descartada.

Finalmente, la mejor opción de la longitud para la ventana deslizantes es la de 15 minutos, ya que con una longitud mayor el flujo de ciclistas queda demasiado laminado difuminando el paso de pelotones ciclistas formado por pocos miembros.

9.2 REPRESENTACIÓN DE LA DEMANDA CICLISTA

9.2.1 COMPARACION DE LA DEMANDA CICLISTA REAL Y LA DEMANDA CICLISTA DE STRAVA

Este punto es fundamental para conocer si realmente Strava es representativo de la realidad y si, por tanto, el estudio tiene sentido para continuar y obtener unas conclusiones claras.

Como se ha comentado anteriormente, los datos obtenidos de los aforos no se pueden comparar directamente, por eso se ha estudiado la mejor manera de obtener la densidad de la demanda ciclista. La unidad de dicha demanda es el nº de ciclistas por segundo en un instante que se tiene en cuenta la laminación de los ciclistas 7,5 minutos antes y 7,5 minutos después de ese instante.

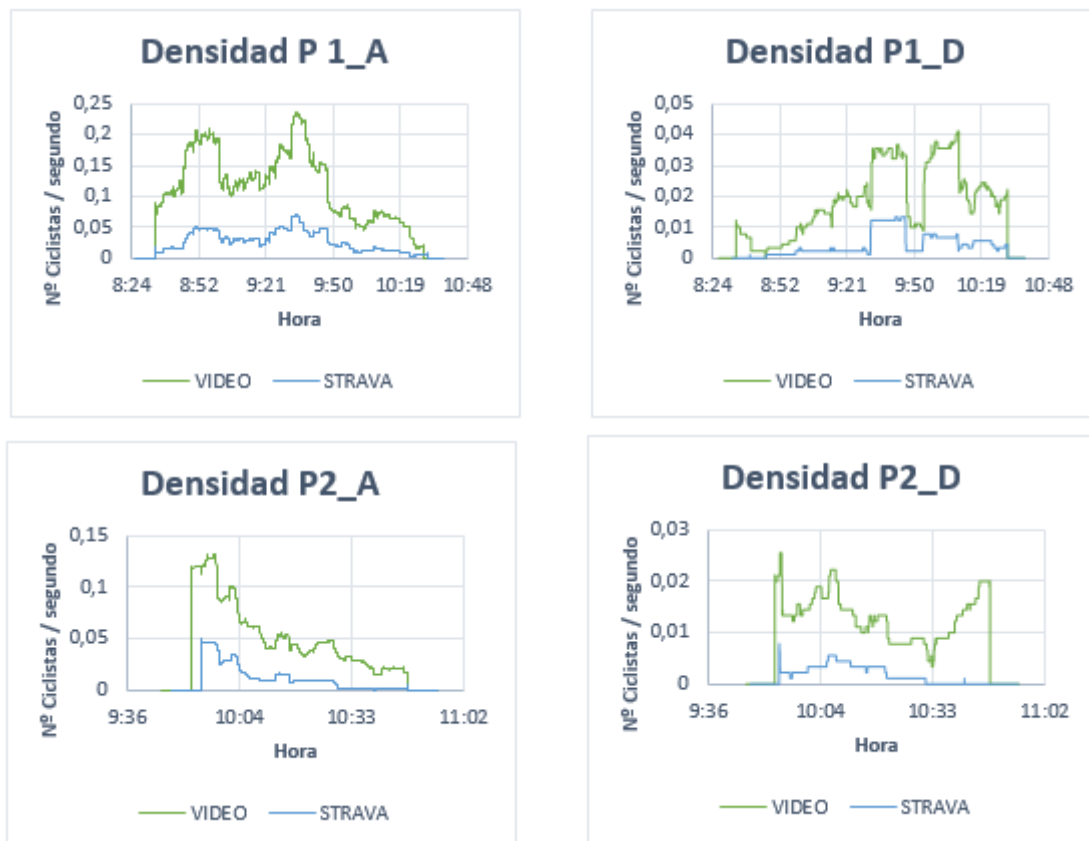
Para estudiar de una forma más detallada la densidad ciclista de ambos métodos de registro de usuarios, se calcula y se obtiene dicha comparación para cada uno de los sentidos de los puntos estudiados. De esta manera se observa mejor los picos de demanda ciclista que aportan la información necesaria para concluir si la aplicación Strava es representativa de la demanda observada.

En este caso, como en el punto del estudio de la densidad ciclista, se han utilizado los datos de la primera toma de datos realizada el sábado día 12 de noviembre para conocer mejor el entorno ciclista y mejorar en las siguientes tomas de datos.

Debido a que existen puntos con poca demanda observada y las gráficas de comparación de densidad ciclista no aportan información relevante no se han incluido en este apartado. Estos puntos no incluidos son:

- Punto 3 en sentido ascendente en el segundo periodo de observación
- Punto 4 en ambos sentidos de circulación
- Punto 5 en sentido descendente en el primer periodo de observación

A continuación, se muestran las gráficas obtenidas tras el postratamiento:



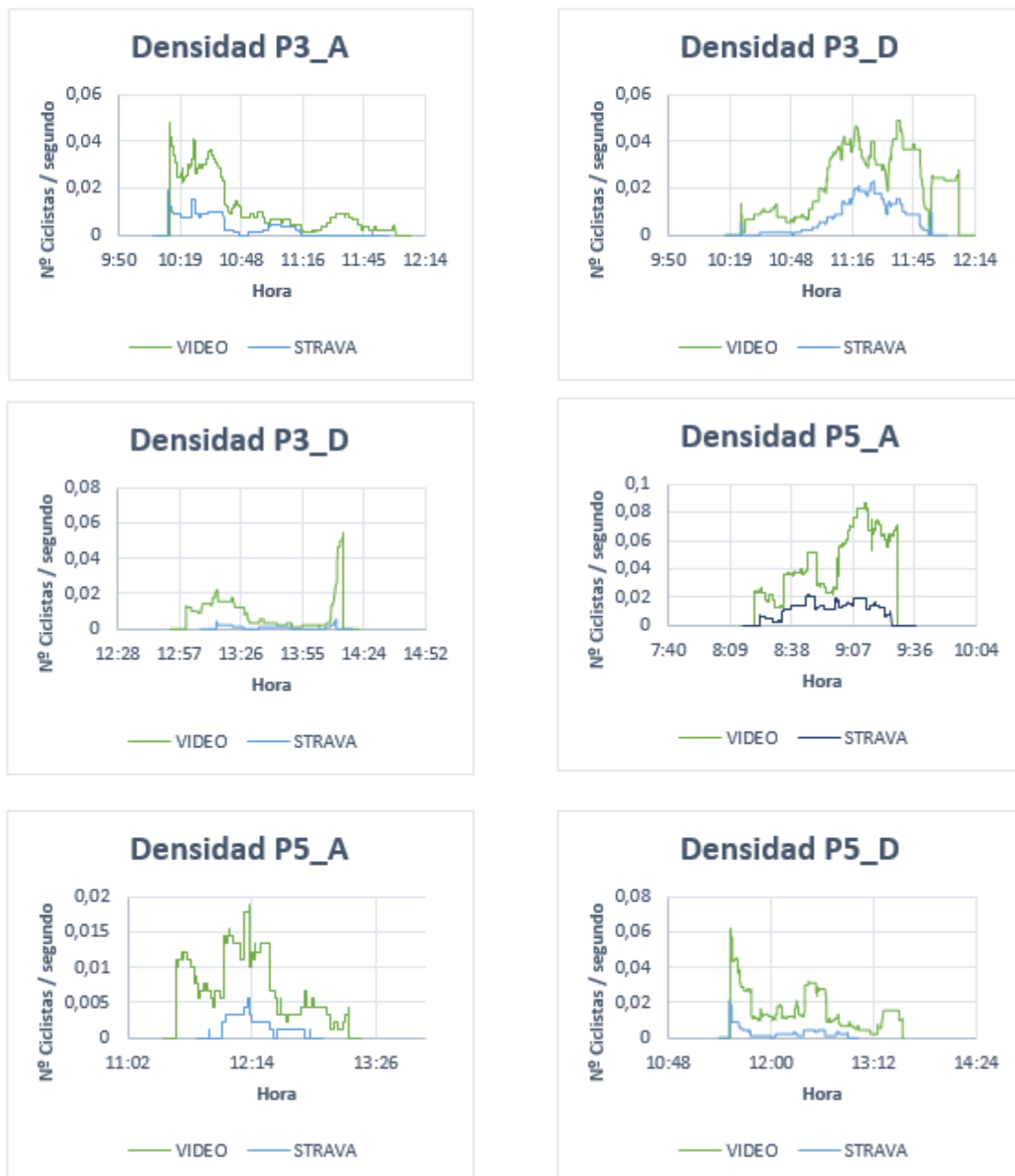


Fig. 78 Comparativo de densidades ciclistas entre lo observado y Strava

Un aspecto que determina que el tráfico ciclista en una zona es recreativo y no una mera forma de transporte es la existencia del paso de pelotones ciclistas. En el cálculo de la densidad ciclista, un punto clave es el paso de estos pelotones ciclistas, es decir, una agrupación de ciclistas que circulan de forma conjunta. Esto queda registrado en las gráficas de densidad en forma de pico aportando la siguiente información:

- Cuanto mayor sea el pico de paso ciclista, mayor será el número de ciclistas que componen el pelotón.
- Cuanto más ancho sea el pico de paso ciclista, mayor será la longitud de dicho pelotón.
- Si el pico se mantiene constante en el tiempo de paso ciclista, solo hay un pelotón con una frecuencia de paso homogénea.

- Si el pico crece en la cúspide, indica el paso de dos pelotones ciclistas muy próximos en el tiempo o un solo pelotón ciclista que se han separado sus participantes.
- Cuando la pendiente de la densidad ciclista sea positiva indica que el pelotón está entrando en el punto de observación.
- Cuando la pendiente de la densidad sea negativa indica que el pelotón ciclista está saliendo del punto de observación.

Esta forma gráfica de los picos de demanda aporta información sobre el comportamiento de los ciclistas, que en este caso se va a utilizar para conocer la representación de Strava, pero puede ser un aspecto clave en otros estudios de análisis de conflictos o de la conducta de los usuarios de bicicleta.

El punto P1_A es el que muestra una densidad mayor, eso quiere decir un mayor paso de ciclistas y se puede observar la gran similitud entre la gráfica de densidad ciclista real y la de Strava (Fig. 78). En ella se aprecia el paso de un gran número de pelotones ciclistas, ya que no hay ningún pico que se mantenga constante en el tiempo.

En el resto de los puntos, incluido el punto en sentido descendente, la demanda ciclista es mucho menor y se puede observar de una forma más detallada como los picos del paso de pelotones ciclistas se mantienen constantes dibujándose una cúspide prácticamente horizontal. Son en estas gráficas de densidad donde se aprecia que la densidad real y la de Strava tienen el mismo recorrido, pero con una densidad inferior. Por tanto, las gráficas de densidad ciclista confirman que Strava si es representativo de la realidad, pero con un factor reductor, ya que la demanda de Strava siempre va a ser inferior a la real.

Se va a determinar ese factor reductor de la demanda ciclistas, que en este estudio se ha denominado coeficiente SUR.

En cuanto al desfase temporal en el paso de ciclistas entre Strava y los observados, en aquellos segmentos donde el inicio se encuentre en una posición anterior al punto de observación en el sentido de circulación el desfase temporal será positivo y cuando se encuentre en una posición posterior será negativo. Esto se observa en la , pero de forma notoria en aquellas obtenidas de los puntos P1_A en el caso de un desfase negativo y en los puntos P2_A y P2_D para un desfase positivo.

9.3 COEFICIENTE SUR

Una vez determinado que Strava si es representativo de la realidad a partir de la densidad de la demanda ciclista, se tiene que estudiar este coeficiente reductor SUR.

Para ello, el primer paso es calcular el coeficiente SUR de todos los puntos que se han observado según la metodología experimental. Una vez calculados estos coeficientes, al haber una gran cantidad de datos, se busca la existencia de una relación entre ellos.

Para ello se ha estimado una relación lineal a partir de una línea de tendencia para cada tramo de la intersección estudiada y calculado el coeficiente de correlación de Pearson.

Además, se ha obtenido la IMD ciclista (AADB), a partir de los factores de ajuste extraídos con la herramienta creada a través del lenguaje Python y la forma descrita en la metodología. Para conocer la variación de esta, se ha calculado la media de todas las AADB y la desviación típica para conocer el error que existe.

9.3.1 ZONA 1: BÉTERA

Los resultados obtenidos para cada uno de los segmentos quedan recogidos en el Anejo 3

Una vez estudiado cada tramo de forma individual se va a mostrar los resultados de la zona 1 en su conjunto, agrupando todos los segmentos para conocer el comportamiento de los ciclistas y las variaciones sufridas debido a diversos factores.

A continuación se muestra la gráfica que relaciona la demanda ciclista real y la de Strava, obteniéndose el coeficiente de Pearson.

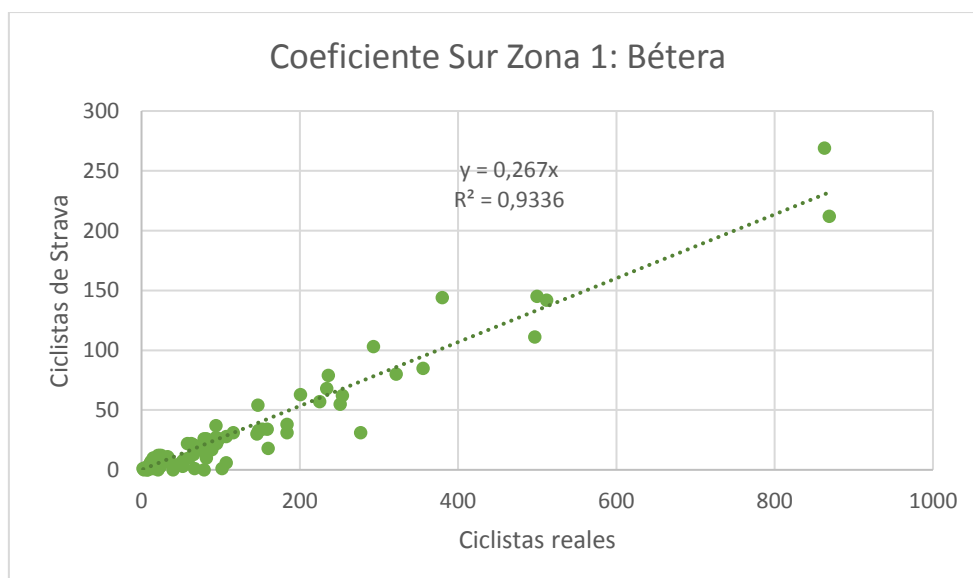


Fig. 79 Relación coeficiente Sur Zona 1: Bétera

Cada segmento estudiado de la zona 1 de forma individual demuestra a partir del coeficiente de correlación de Pearson, que Strava está íntimamente ligado con la realidad, ya que a excepción de los segmentos E3+E4 de la rotonda G9, el valor de R^2 es superior a 0,9. Un valor muy elevado que avala esta afirmación.

Además, el valor de R^2 en el conjunto de la zona 1 es 0,9336, indicando que la zona 1 en su conjunto, a partir de Strava se obtiene una buena muestra de los ciclistas que circulan por las vías, a pesar de que exista un segmento con un bajo R^2 .

El valor medio del coeficiente SUR de la zona 1 es del 27%.

A continuación se muestra la representación gráfica del coeficiente SUR de los puntos estudiados frente a los ciclistas observados.

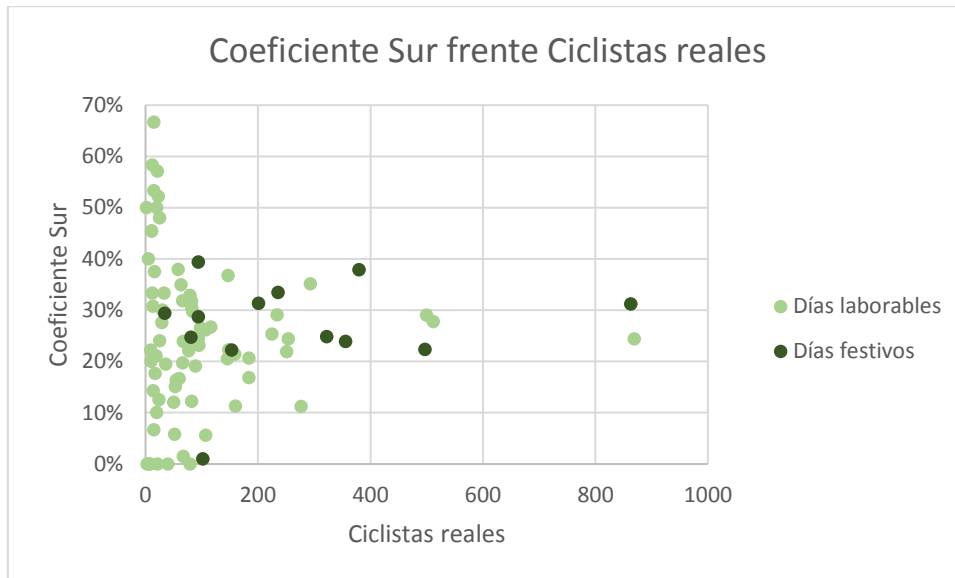


Fig. 80 Coeficiente SUR frente demanda real Zona 1: Bétera

Respecto a la demanda ciclista y a partir de la Fig. 80 de la zona 1 se puede concluir que:

- Para bajas intensidades de ciclistas, es decir inferior a 150 ciclistas (<150) observados en las tomas de datos, el coeficiente SUR es muy variable y no es un buen indicador de que Strava sea representativo. A pesar de que la media del coeficiente SUR en este rango es 26%, prácticamente el mismo valor que el coeficiente SUR medio de la zona 1, tiene una desviación típica del 126%, mostrando esa gran dispersión de los datos.
- Para intensidades medias de ciclistas, es decir, entre 150 y 400 ciclistas observados en los conteos de corta duración, el coeficiente SUR se acota entre el 10% y el 40%. En esta franja de datos el coeficiente SUR medio obtenido es 24% y una desviación típica del 7%.
- Para altas intensidades de ciclistas, es decir, superior a los 400 ciclistas observados el coeficiente SUR se estabiliza entre el 20% y el 30%, por lo que indica la fiabilidad de este al ser un rango pequeño entre el que se encuentra el coeficiente SUR medio de la zona 1. El coeficiente SUR medio para estos datos es 27%, el mismo que para la zona en conjunto y su desviación típica es un 4%.
- En días festivos, el coeficiente SUR es mucho más estable que en los días laborables, a pesar de que exista una intensidad baja de ciclistas, estando acotado entre el 20% y el 40%. En este caso el coeficiente SUR medio obtenido es igual que el del conjunto de la zona, es decir, un 27% con una desviación típica del 10%.

	SUR medio	Desv. Tip.
I. Baja	26%	167%
I. Media	24%	7%
I. Alta	27%	4%
Festivos	27%	10%

Tabla 21. Media y desviación típica del coeficiente SUR Zona 1: Bétera

Como se observa en la Tabla 21, para aquellos conteos de corta duración que se obtenga una demanda catalogada como de intensidad baja, a pesar de que el coeficiente SUR medio de esa franja de datos es igual al de la zona de estudio, su gran desviación típica demuestra que no es un coeficiente fiable ya que no se muestra estable y por tanto garantiza que Strava sea representativo. Sin embargo, para aquellas demandas que se observe un número de ciclistas superior a los 400 ciclistas y en días festivos, la desviación típica es muy baja, por lo que el coeficiente SUR se mantiene constante con un valor igual al de la zona 1.

Por tanto, aquellos conteos de corta duración que se realicen en días festivos con cualquier tipo de intensidad y en días laborables con intensidades de ciclistas medias y elevadas, el coeficiente SUR será más estable y por tanto Strava será más fiable al mostrar una representación constante.

9.3.2 ZONA 2: EL SALER

Los resultados obtenidos para cada uno de los segmentos quedan recogidos en el Anejo 3.

Una vez estudiado cada tramo de forma individual se va a mostrar los resultados de la zona 2 en su conjunto, agrupando todos los segmentos para conocer el comportamiento de los ciclistas y las variaciones sufridas debido a diversos factores.

A continuación se muestra la gráfica que relaciona la demanda ciclista real y la de Strava, obteniéndose el coeficiente de Pearson.

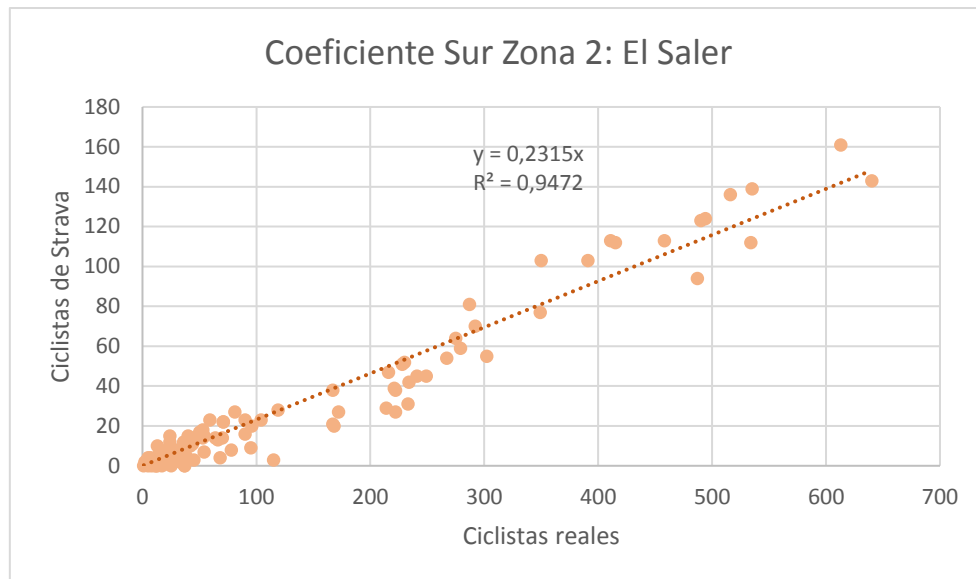


Fig. 81 Relación coeficiente Sur Zona 2: El Saler

Como se puede observar en Fig. 81, la zona 2 en su conjunto sí que muestra una gran relación puesto que el coeficiente de Pearson es 0,9472, a pesar de que algún tramo que no muestra una gran relación lineal entre la demanda observada y la de Strava. Especialmente en la rotonda G24, el segmento S2 tiene un R^2 de 0,2 y en la rotonda G21, el segmento E5 tiene un R^2 de 0,31.

El valor medio del coeficiente SUR en la zona del Saler es de 23%.

A continuación se muestra la representación gráfica del coeficiente SUR de los puntos estudiados frente a los ciclistas observados.

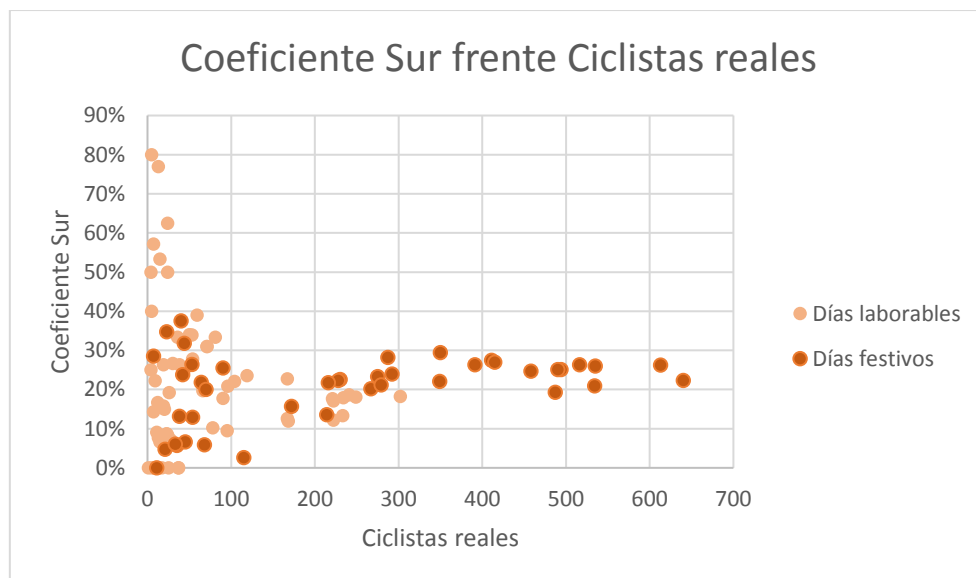


Fig. 82 Coeficiente SUR frente demanda real Zona 2: El Saler

En esta zona se observa un patrón del coeficiente SUR (Fig. 82) en función de la demanda observada y de si el día en que se ha realizado el conteo de corta duración es laborable o festivo:

- Para bajas intensidades de ciclistas, es decir inferior a 150 ciclistas (<150) observados en las tomas de datos, el coeficiente SUR es muy variable y no es un buen indicador de que Strava sea representativo a pesar de que el coeficiente coincide con el conjunto de la zona, la desviación típica es del 20%.
- Para intensidades medias de ciclistas, es decir, entre 150 y 400 ciclistas observados en los conteos de corta duración, el coeficiente SUR se acota entre el 15% y el 30%, siendo el valor medio el 20% y muestra una desviación típica del 5%.
- Para altas intensidades de ciclistas, es decir, superior a los 400 ciclistas observados el coeficiente SUR se estabiliza entre el 20% y el 30%. El coeficiente SUR medio de este rango de datos es 25% y tiene una desviación típica del 3%.
- En días festivos, el coeficiente SUR medio es 21% con una desviación típica del 9%.

	SUR medio	Desv. Tip.
I. Baja	23%	20%
I. Media	20%	5%
I. Alta	25%	3%
Festivos	21%	9%

Tabla 22. Media y desviación típica del coeficiente SUR Zona 2: El Saler

Para bajas intensidades de demanda ciclista, a pesar de que el coeficiente SUR medio es igual al del conjunto de la zona, se observa una dispersión en los datos y por tanto no es fiable los datos tomados cuando se observen menos de 150 ciclistas, tanto para días festivos como laborables. Para intensidades medias y altas se puede observar como el coeficiente SUR se estabiliza, mostrando una desviación típica baja y un valor muy próximo al SUR medio de la zona 2.

Además, se puede observar que todos aquellos puntos que pertenecen a una alta intensidad ciclista están tomados en días festivos.

Por tanto, para la zona 2, es recomendable tomar datos en aquellos puntos que la demanda ciclista se considere como de media o alta intensidad, sin existir grandes diferencias entre días laborables y festivos, ya que con estas especificaciones el coeficiente SUR se mantiene muy acotado y próximo al coeficiente SUR del conjunto de la zona.

9.3.3 ZONA 3: MONSERRAT

Los resultados obtenidos para cada uno de los segmentos quedan recogidos en el Anejo 3.

Una vez estudiado cada tramo de forma individual se va a mostrar los resultados de la zona 3 en su conjunto, agrupando todos los segmentos para conocer el comportamiento de los ciclistas y las variaciones sufridas debido a diversos factores.

A continuación se muestra la gráfica que relaciona la demanda ciclista real y la de Strava, obteniéndose el coeficiente de Pearson.

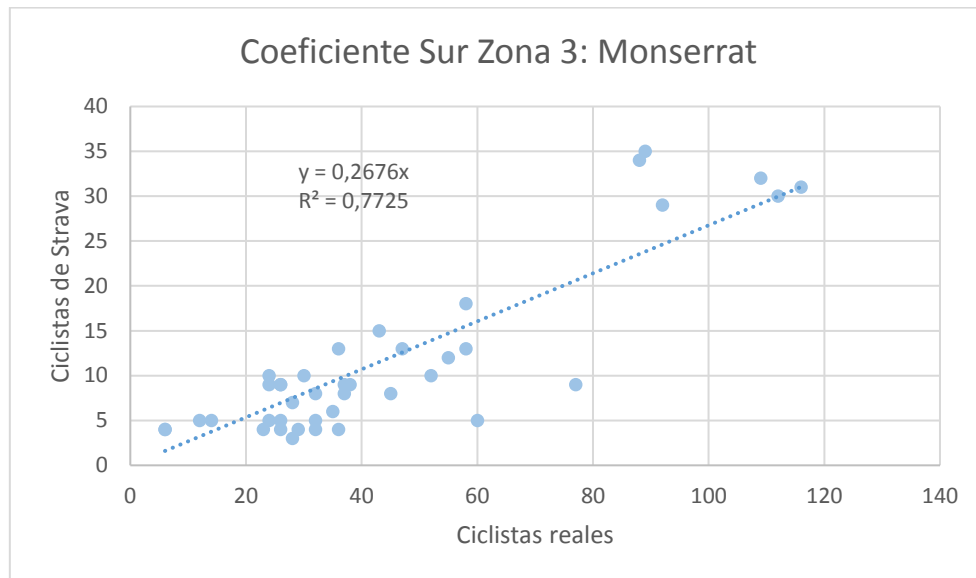


Fig. 83 Relación coeficiente Sur Zona 3: Monserrat

En esta zona se puede observar en la Fig. 83, como los coeficientes SUR presentan una mayor dispersión, es por ello que el coeficiente de Pearson tiene un valor de 0,7725. Aunque no es elevado muestra una relación correcta, a pesar de existir 5 tramos con una R^2 individual muy baja. Especialmente los segmentos E1 de la rotonda G34 y el segmento S2 de la intersección I32, que no tiene ninguna relación ya que el coeficiente de Pearson es prácticamente 0.

El coeficiente SUR medio de la zona de estudio 3 es del 26%

A continuación se muestra la representación gráfica del coeficiente SUR de los puntos estudiados frente a los ciclistas observados.

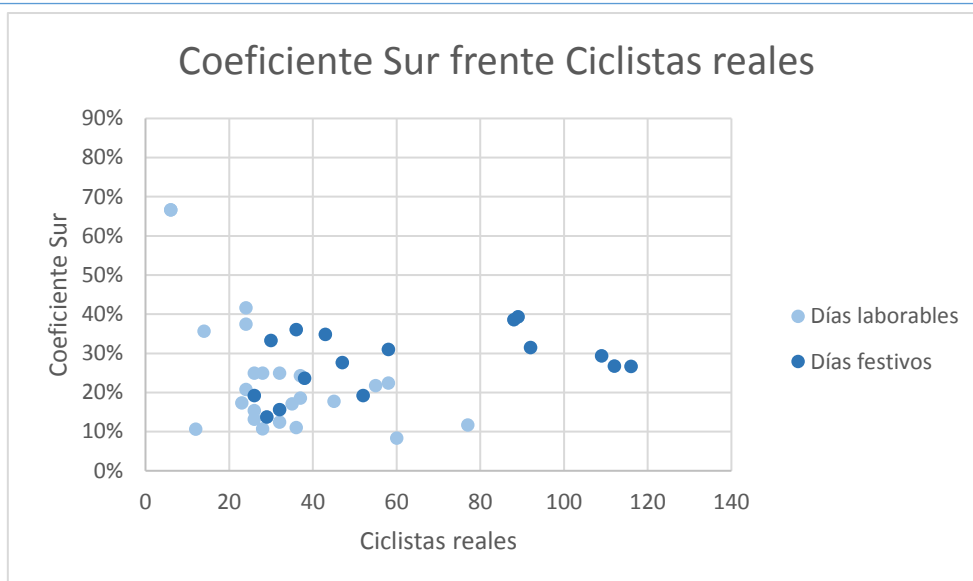


Fig. 84 Coeficiente SUR frente demanda real Zona 3: Monserrat

En esta zona se observa un patrón del coeficiente SUR en función de la demanda observada y de si el día en que se ha realizado el conteo de corta duración es laborable o festivo recogido en la Fig. 84. En este caso la demanda registrada tiene una intensidad baja, ya que la más alta no llega a 120 ciclistas en un conteo de corta duración.

A pesar de que se pueda deducir de las otras dos zonas estudiadas, que con bajas demandas ciclistas, el coeficiente SUR no responde a ningún patrón en su comportamiento y por tanto aquí tampoco lo tendría. Sin embargo, se demuestra que en esta zona el coeficiente SUR se mantiene bastante acotado, entre el 10% y el 40% con una desviación típica del 13%.

A partir de una demanda superior a los 80 ciclistas, todos los conteos se realizaron en días festivos y el coeficiente SUR se mantiene en torno al coeficiente SUR de la zona con una media del 28% y una desviación típica del 8%.

Por tanto, el coeficiente SUR se mantiene constante con intensidades más elevadas y en días festivos ese coeficiente se mantiene ligeramente mayor que en días laborables.

9.4 VALIDACIÓN

9.4.1 VALIDACIÓN MODELO PREDICTIVO DE LA IMD CICLISTA MEDIANTE COEFICIENTE SUR

Los resultados obtenidos quedan recogidos en el Anejo 4.

A continuación se muestra la demanda ciclista en los puntos observados:

Segmento	Fecha	Día	Estación	Hora de inicio	Hora de fin	Duración	Demanda real
S2	24/11/2018	Sábado	Otoño	7:13:00	18:02:14	10:49:14	633

Análisis de la demanda ciclista y propuesta de una metodología para su caracterización en carreteras convencionales. Desarrollo de un mapa de tráfico de ciclistas en el entorno de las carreteras CV-333, CV-25, CV-331 y CV-305 (provincia de Valencia).

S1	24/11/2018	Sábado	Otoño	7:13:00	18:02:14	10:49:14	269
E2	24/11/2018	Sábado	Otoño	7:13:00	18:02:14	10:49:14	570
S2	28/11/2018	Miércoles	Otoño	7:36:44	17:57:08	10:20:24	149
S1	28/11/2018	Miércoles	Otoño	7:36:44	17:57:08	10:20:24	54
E2	28/11/2018	Miércoles	Otoño	7:36:44	17:57:08	10:20:24	138

Tabla 23. Resultados obtenidos en los puntos de observación para validar el modelo predictivo

A continuación, se muestra el error absoluto medio de cada segmento estudiado:

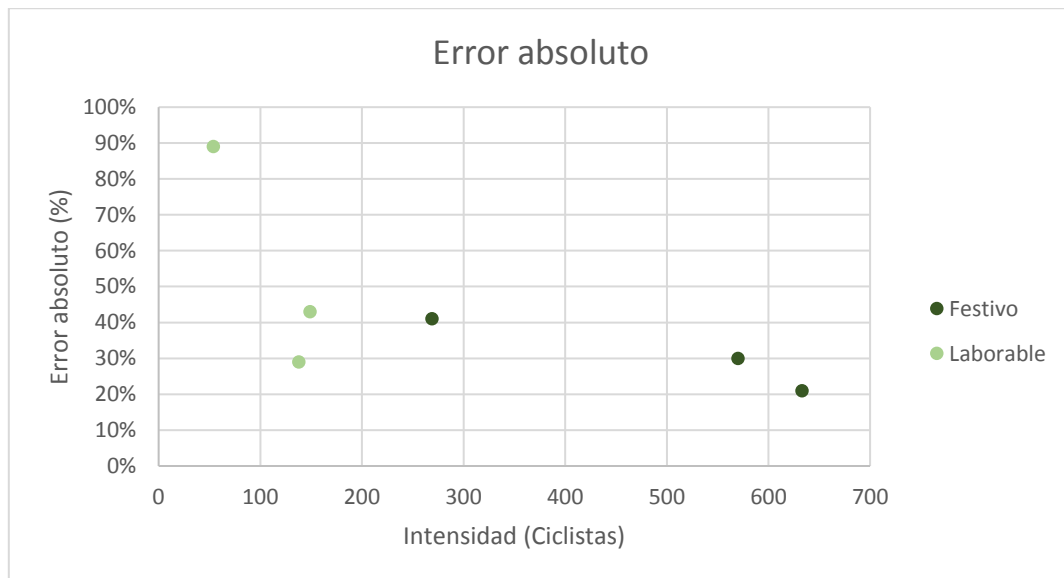


Fig. 85 Error absoluto de la intensidad ciclista en la I22

Como se observa en la Fig. 85, el error medio obtenido para cada tramo disminuye conforme aumenta la intensidad ciclista observada. Por tanto, el comportamiento de los resultados del modelo de predicción de la demanda ciclista es el mismo que el observado con el coeficiente SUR.

En los días festivos se obtiene un error inferior al obtenido en días laborables. Esto viene determinado principalmente por la intensidad ciclista observada, ya que en estos días festivos los ciclistas observados son mayores. A partir de los 150 ciclistas observados el error absoluto estimado se mantiene entre el 20% y 40%.

Además, se ha estimado el error absoluto obtenido para cada uno de los tramos estudiados y para cada estación.



Fig. 86 Error absoluto de la intensidad ciclista según estación en la I22

Como se observa en la Fig. 86, el error absoluto se mantiene estable para cada una de las estaciones del año, siendo ligeramente menor en la estación de primavera y mayor en verano. También se ha observado que cuanto mayor es la intensidad ciclista, más constante es el error. Un ejemplo es el S2 y E3 del día festivo.

Por tanto, un buen ajuste del modelo predictivo de la demanda ciclista mediante el coeficiente SUR depende principalmente del número de ciclistas observados, reduciéndose el error absoluto conforme la intensidad ciclista aumenta. Además, no se aprecia gran variación en función de la estación del año, por lo que el modelo es independiente de la variación temporal.

9.4.2 VALIDACIÓN MODELO PREDICTIVO DE LA IMD CICLISTA MEDIANTE FACTORES DE AJUSTE

Los resultados obtenidos quedan recogidos en el Anejo 4.

Los segmentos donde se ha podido estudiar el error producido en el factor de ajuste horario debido a que toda la intensidad ciclista queda recogida en la duración de la toma de datos y por tanto se ha obtenido los factores de ajuste horario reales han sido:

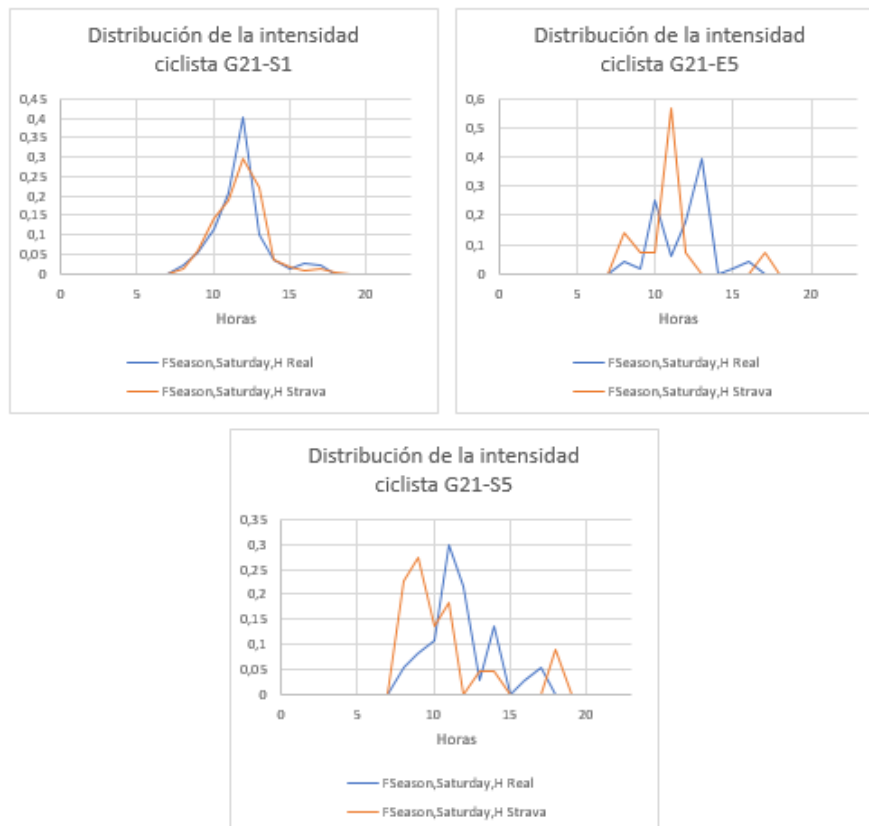
- Glorieta G21
 - S1
 - E5
 - S5
- Glorieta G26
 - E3
 - E4

El error absoluto obtenido para los segmentos estudiados queda recogido en la

Segmento	Error absoluto
G21-S1	39%
G21-E5	229%
G21-S5	126%
G26-E3	65%
G26-S4	66%

Tabla 24. Error absoluto del factor de ajuste horario calculado en los tramos estudiado

Otro aspecto importante de los factores de ajuste no solamente es el valor del error, es la forma en que se distribuye en intensidad ciclista a lo largo del día. En la Fig. 87 se observa esta distribución horaria de la intensidad ciclista en los segmentos estudiados.



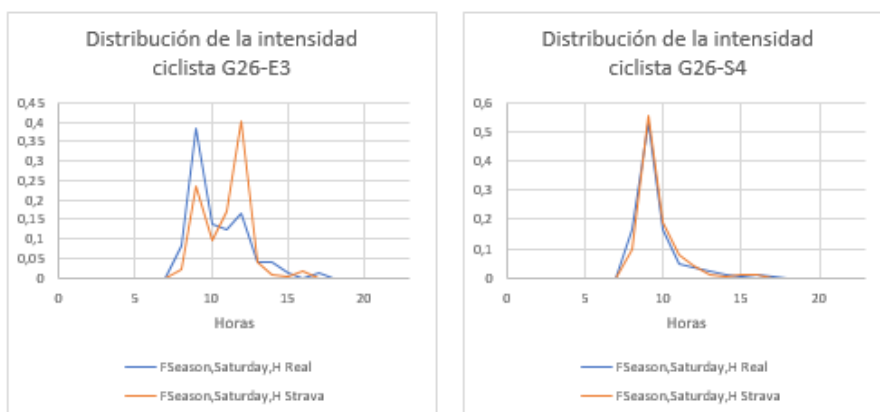


Fig. 87 Distribución de la intensidad ciclista en los segmentos estudiados

Analizando el error absoluto obtenido, solo los segmentos S1 de la glorieta G21 y los segmentos E3 y S4 de la glorieta G26 tienen un ajuste aceptable, aunque no bueno, ya que este error es elevado. Los segmentos S5 y E5 pertenecientes al tramo 5 de la glorieta G21 muestran un error tan elevado que el modelo no puede obtener una IMD ciclista adecuada.

Según la distribución horaria de la intensidad ciclista, aunque el segmento E3 de la glorieta G26 tiene un error aceptable, esta no se ajusta entre el factor de ajuste horario real y el obtenido por Strava, ya que muestra dos picos que difieren en el tiempo.

Por tanto, los únicos segmentos en los que se ha obtenido un ajuste aceptable han sido el S1 de la glorieta G21 y el S4 de la glorieta G26.

Respecto al resto de segmentos estudiados de forma gráfica recogidos en el anejo 4, se ha observado que la distribución horaria de la intensidad ciclista no tiene un buen ajuste entre la real y la de Strava. Conforme la demanda ciclista aumenta, ambas distribuciones tienen una mayor similitud.

9.5 ANÁLISIS VARIACIÓN TEMPORAL

A partir de los factores de ajuste se ha estudiado la tendencia en la variación de la demanda ciclista en los puntos observados.

9.5.1 VARIACIÓN HORARIA

Para cada punto estudiado, se ha observado que en la mayoría existe un factor de hora punta, donde se muestra un pico predominante de la intensidad ciclista. En cada segmento, este pico varía en función del día de la semana tanto en su número como en la franja horaria.

Existen segmentos que se mantiene constante a lo largo de toda semana como en cuanto a la franja horaria, como es el segmento S3 de la glorieta G9 de la zona 1. Esto se observa en la Fig. 88, donde se produce un pico importante por la mañana y otro por la tarde siempre en la misma franja horaria.

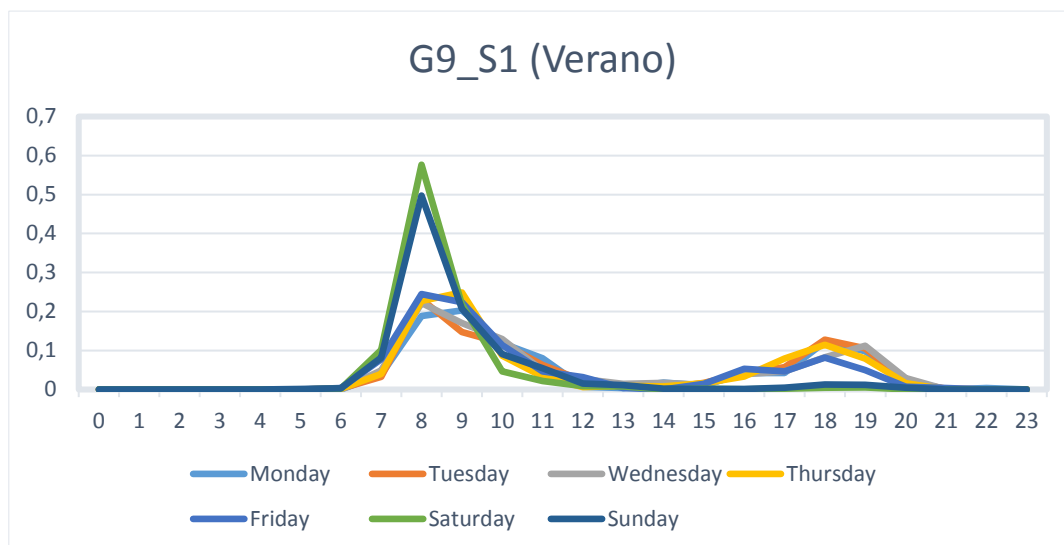


Fig. 88 Representación distribución horaria de intensidad ciclistas del segmento S1 de la G9

Sin embargo, hay otros segmentos donde esos picos horarios varían en la franja horaria en función del día de la semana. Es el caso del segmento E3 de la glorieta G26 de la zona 2, donde se puede observar en la Fig. 89 este hecho.

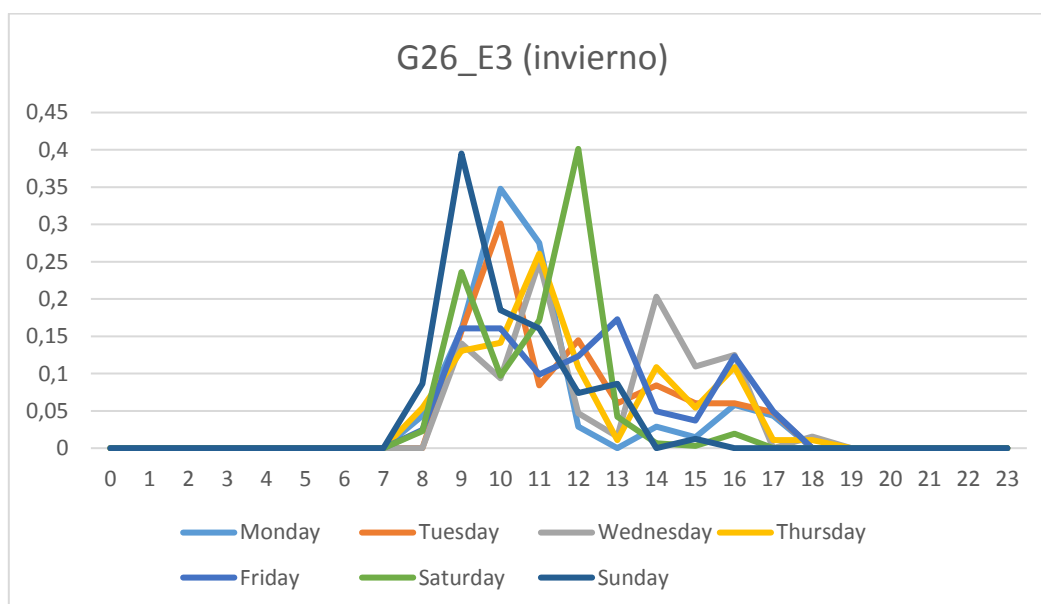


Fig. 89 Representación distribución horaria de intensidad ciclistas del segmento E3 de la G26

9.5.2 VARIACIÓN DIARIA

Respecto a la variación diaria se ha observado un hecho común a todos los puntos estudiados, que la demanda ciclista es mayor los días festivos por la mañana, ya que se concentra el paso de ciclistas en esa franja horaria.

Un ejemplo es el segmento S4 de la glorieta G26 de la zona 2, donde en la Fig. 90 se observa que en los días festivos, la intensidad ciclista es mucho mayor que en días laborables.

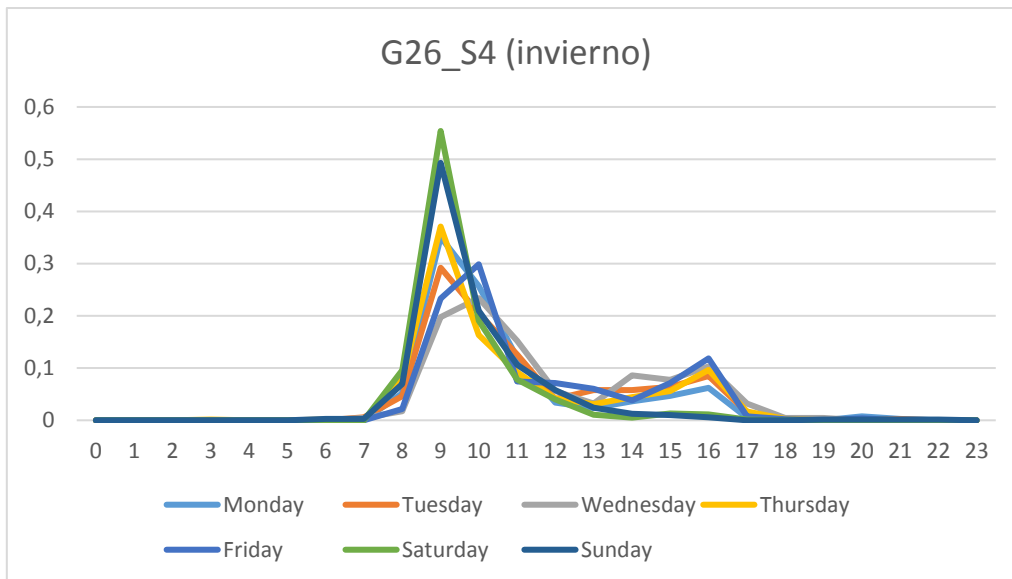


Fig. 90 Representación distribución horaria de intensidad ciclistas del segmento S4 de la G26

También se puede decir que, en los días festivos y a partir de las tomas de datos realizadas, la intensidad es mucho mayor que en días laborables. Esto se observa en las Fig. 88, Fig. 89 y Fig. 90, donde el mayor volumen de ciclistas observados se ha producido en días festivos.

Por tanto, la demanda ciclista siempre será mayor en días festivos, concentrándose en la mañana.

9.5.3 VARIACIÓN MENSUAL

La intensidad ciclista también varía en función de la temporada del año. En todos los puntos estudiados se observa un patrón común derivado de la variación diaria y es que en los días festivos la variación mensual varía de forma diferente que en los días laborables. Entre semana, esta variación es mucho menor que en los fines de semana.

Sin embargo, no se aprecia una tendencia de forma conjunta de la variación en todos los tramos estudiados. Hay segmentos donde el volumen ciclista es mayor en los meses de verano donde se encuentran mejores condiciones climáticas y en otros segmentos este volumen es mayor en los meses de invierno.

9.6 DISCUSIÓN

Después de realizar el análisis descriptivo del apartado anterior, es necesario analizar y discernir sobre algunos aspectos y conclusiones de forma crítica.

La novedad del tema sobre el que trata el presente TFM hace que existan escasas investigaciones previas y un limitado conocimiento sobre la obtención de la IMD ciclista, especialmente utilizando las nuevas tecnologías. Por lo que los resultados y conclusiones obtenidas van a ser comparadas directamente con los estudios previos.

9.6.1 REPRESENTATIVIDAD DE STRAVA

Conocer los ciclistas que circulan por las carreteras convencionales estudiadas y que usan Strava es un punto fundamental, lo que determina la representatividad de la aplicación obtenida en forma de porcentaje.

Para cada zona de estudio, se ha calculado la representatividad de Strava para cada segmento de forma individual, obteniéndose la representatividad media para la zona de Bétera (Zona 1), del Saler (Zona 2) y de Monserrat (Zona 3).

Zona 1	Zona 2	Zona 3
27%	24%	26%

Tabla 25. Representatividad de Strava

A pesar de que en cada segmento existen unas representaciones muy variadas, ya que el porcentaje de los ciclistas que usan Strava en los puntos estudiados es desde el 0% hasta el 100%, la agrupación de estos en las zonas de estudio hace que su conjunto muestre una representatividad media a la que convergen todos los resultados obtenidos en cada segmento conforme aumenta el número de ciclistas observados.

Respecto a los estudios previos, Griffin et al. (2013) estudio la representatividad de Strava en la ciudad de Austin, Texas, donde se situaron 5 conteos continuos de ciclistas mediante tubos neumáticos dentro del entorno urbano (Fig. 91). Por otra parte, se obtuvo datos de Strava en los periodos comprendidos entre el 1 de mayo al 31 de agosto de 2011 y del 9 al 15 de agosto de 2013.

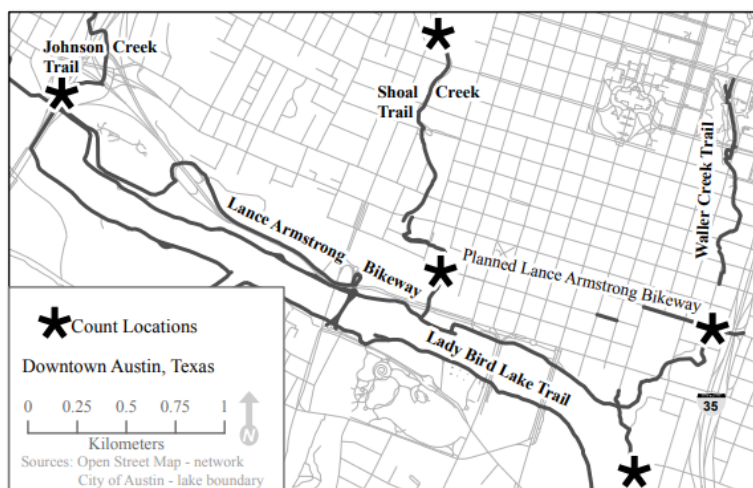


Fig. 91 Localización de los conteos realizados en la ciudad de Austin, Texas. (Griffin et al., 2013)

Se estimó que entre el 2,8% y el 8,8% de los ciclistas de la ciudad de Austin usa Strava para registrar sus viajes en la aplicación.

El Oregon Department of Transportation (ODOT) fue la primera agencia estatal de transporte en los Estados Unidos que firmó un acuerdo con Strava para utilizar sus datos mediante una licencia de 20.000 dólares para un periodo de un año. En 2013 se analizó el tráfico ciclista que circula por el puente Hawthorne de Portland (Oregon) ya que es

una de las rutas ciclistas principales de la ciudad. Se determinó que el 2,5% de los ciclistas que cruzaban el puente eran usuarios de Strava.

En este estudio se ha determinado que el porcentaje de ciclistas que utiliza Strava para grabar sus recorridos en la zona de Bétera (Zona 1), del Saler (Zona 2) y de Monserrat (Zona 3) son el 27%, 24% y 26% respectivamente (Tabla 25) . Un porcentaje mucho mayor a los estudios previos que demuestra que en zonas urbanas el uso de Strava por parte de los ciclistas es menor debido a que no tiene un carácter recreativo y no necesitan de una aplicación deportiva para monitorear la actividad realizada.

9.6.2 RELACIÓN LINEAL ENTRE LA DEMANDA DE STRAVA Y LA DEMANDA CICLISTA REAL

Una vez determinada la representatividad de Strava es fundamental conocer la fiabilidad de dichos datos para ser utilizados en investigación y como base para desarrollar herramientas, como es en este caso, el desarrollo de un modelo que determine la IMD ciclista en carreteras convencionales en entornos interurbanos.

Para ello se ha calculado la relación lineal entre el número de ciclistas observados y el numero de ciclistas registrados en Starva, mediante el cociente de correlación de Pearson, obteniéndose los siguientes resultados:

Zona 1	Zona 2	Zona 3
0,93	0,97	0,77

Tabla 26. Coeficiente de Pearson

Respecto a los estudios anteriores, en 2013, se realizó un aforo en el centro de Londres entre abril y mayo llevado a cabo por Traffic Analysis Centre at Transport for London (TfL), Haywort (2016). Se estudió 164 puntos en ambas direcciones durante 14 horas al día, entre las 6:00 y 20:00 horas. Se obtuvieron un total de 4172 observaciones. En la Fig. 92 se observan los puntos estudiado de la zona urbana de Londres.



Fig. 92 Localización de los conteos realizados en la ciudad de Londres (Haywort, 2016)

El objetivo del estudio era evaluar el potencial de los datos de Strava, para ello desarrollaron un modelo de regresión de mínimos cuadrados en la que relacionaba directamente el número de ciclistas observado y los ciclistas registrados por Strava. El valor obtenido de este R^2 fue de 0,616.

En la ciudad de Victoria, Canadá, se realizó un estudio, Jestico et al. (2016), donde el principal objetivo era determinar si los datos de Strava son útiles para ser usados en diferentes aplicaciones. Se recogieron datos desde el 1 de enero de 2013 hasta el 31 de diciembre de 2013 en 18 puntos del centro urbano de Victoria (Fig. 93).



Fig. 93 Localización de los conteos realizados en la ciudad de Victoria, Canadá. (Jestico et al., 2016)

Se crearon tres categorías de ciclistas observados:

- Número de ciclistas observados entre las 7:00 y 9:00 horas
- Número de ciclistas observados entre las 15:00 y 18:00 horas
- Número de ciclistas observados de 7:00 a 9:00 horas y de 15:00 a 18:00 horas

Para el primer grupo se obtuvo un R^2 de 0,40, para el segundo de 0,56 y para el tercero de 0,58. Con estos resultados determinaron que la correlación lineal entre Strava y la realidad aumentaba con una mayor duración del conteo.

En el caso de las zonas 1 y 2 el R^2 obtenido es elevado, 0,93 y 0,94 respectivamente, mostrando un buen ajuste. Para la zona 3 el valor de R^2 es menor, de 0,77, pero aun así elevado. Lo que determina que existe una relación entre las variables volumen real de ciclistas y volumen registrado en Strava.

Los valores de R^2 en este estudio son mucho mayores que los estudios previos, donde el valor más elevado es de 0,616 para la ciudad de Londres en el estudio de Haywort (2016).

Jestico et al. (2016) determinó que la relación lineal entre Strava y la realidad aumentaba con una mayor duración del conteo, sin embargo, el valor de R^2 máximo obtenido es de 0,58. Esto se determina porque al aumentar la duración del conteo, el volumen observado es mayor. Sin embargo, con los resultados obtenidos en el presente estudio

se determina que esta afirmación no es correcta, ya que la relación lineal es mayor con mayores volúmenes ciclistas observados, pero no depende de la duración del conteo.

Por tanto, al obtenerse una relación de las zonas estudiadas tan elevada, que incluso llega a ser el doble de los anteriores estudios, se determina que el coeficiente SUR es una variable fiable para utilizar en diferentes estudios.

9.6.3 MODELOS DE OBTENCIÓN DE LA DEMANDA CICLISTA

En la ciudad de Boulder, Colorado, existen contadores continuos de bicicletas desde 1998. El estudio de Nordback et al. (2012) utilizó los datos registrados por estos conteos continuos en 12 puntos diferentes desde 1999 hasta 2012. A partir de la demanda ciclista determinaron tres categorías diferentes para las intensidades ciclistas.

Estas tres categorías fueron:

- Baja: 200 ciclistas
- Media: Entre 200 y 600 ciclistas
- Alta: Mayor a 600 ciclistas

Dicha clasificación de las intensidades ciclista en el presente estudio de las zonas 1 y 2 es ligeramente inferior, aunque ambas son compatibles con los datos obtenidos en ambos estudios, como se puede observar en la Fig. 94. Por lo que los resultados del estudio deben ser similares a los del presente TFM

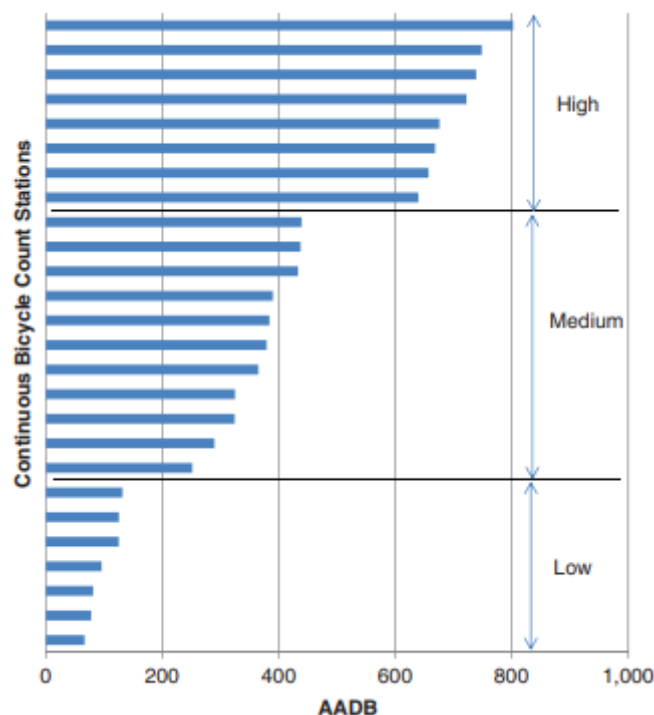


Fig. 94 Clasificación de las intensidades ciclistas en la ciudad de Boulder, Colorado. (Nordback et al., 2012)

Se determinó que el cálculo de volúmenes anuales de bicicletas y peatones mediante un conjunto de factores calibrados puede obtener en un error sustancial. Los errores obtenidos para conteos de diferente duración se observa en la Fig. 95:

Short-Term Count Scenario	Hours	Error as Average Absolute Percentage Difference				
		Arap 13th	Arap 38th	Foothills	Arapahoe	Average
1 h: 7:00 a.m.–7:00 p.m. any day	1	49	58	56	52	54
1 h: 7:00 a.m.–7:00 p.m. TWorR ^a	1	41	47	41	39	42
1 peak hour: 8:00 a.m., noon, 5:00 p.m. TWorR ^a	1	36	44	46	40	42
2 peak hours: 5:00 p.m.–7:00 p.m. TWorR	2	41	54	46	43	46
3 peak hours: 8:00 a.m., noon, 5:00 p.m. TWorR average/day ^b	3	30	36	47	46	40
3 peak hours: 8:00 a.m., noon, 5:00 p.m. TWR ^b	9	25	31	41	40	34
12 h: 7:00 a.m.–7:00 p.m. any day	12	34	47	41	38	40
12 h: 7:00 a.m.–7:00 p.m. TWorR ^a	12	25	38	28	28	30
24 h any day	24	29	39	41	42	38
1 week	168	17	28	20	24	22
2 weeks	336	11	25	19	19	19
4 weeks	672	7	24	14	14	15

Fig. 95 Error absoluto obtenido en la estimación de la IMD ciclista en la ciudad de Boulder, Colorado. (Nordback et al., 2012)

El error en la obtención de la IMD ciclista disminuye conforme aumenta la duración del conteo, concluyendo que el error aforando bicicletas durante 4 semanas es muy similar al de coches aforando 24 horas, debido a menor tráfico y más variabilidad.

Ante la imposibilidad de la validación de los modelos de predicción de la IMD ciclista desarrollados, la calibración de los factores de ajuste horarios obtenidos mediante Strava ha determinado que no tiene un buen ajuste.

Se ha observado que existe una variación temporal de la demanda ciclista, tanto a nivel horario, diario y mensual.

El modelo desarrollado a partir del coeficiente SUR no tiene una dependencia directa de esta variación temporal, ya que depende directamente de la IMD ciclista registrada en Strava. Lo importante es una buena calibración del coeficiente SUR y como se ha determinado, un buen ajuste depende de la intensidad ciclista observada.

Sin embargo, el modelo desarrollado a partir de los factores de ajuste si que tiene una gran dependencia de dicha variación temporal. Según el estudio de Nordback et al. (2012) se obtendrá un mejor ajuste si el conteo se realiza en la hora pico de la intensidad ciclista, afirmación que no se ha podido confirmar ante la imposibilidad de la validación del modelo.

Las recomendaciones para realizar conteos de corta duración con el objetivo de estimar la IMD ciclista son:

- Es fundamental disponer de conteos continuos fiables para determinar una buena IMD estimada, ya que a partir de los datos recogidos en ellos se calculan los factores de ajuste.

- Realizar conteos con una duración de una semana, ya que son los mas rentables para reducir el error hasta un nivel adecuado. Si esto no es posible y debido a los recursos disponibles solo se pueden realizar conteos manuales como ha sido el caso de este estudio, es recomendable que tengan una duración de 3 horas y se hagan en las horas pico de los martes, miercoles y jueves.
- Los conteos a corto plazo se deben realizar cuando la variabilidad temporal sea mas baja. Esto se puede determinar cuando existen datos recogidos durante minimo un año en un conteo continuo, es este caso Strava, y afecta principalmente la variabilidad mensual.

10. APLICACIÓN PRÁCTICA

La aplicación práctica del presente TFM consiste en utilizar los resultados obtenidos en el estudio para desarrollar un mapa de tráfico en el que se represente la IMD ciclista en las carreteras convencionales objeto del estudio, todas ellas pertenecientes a la provincia de Valencia.

A continuación se muestra una tabla con estas carreteras resumen, en la que se indica el tramo de estudio, la IMD de vehículos, y las características de la sección transversal:

CARRETERAS ZONA 1: BÉTERA							
Segmentos	Carretera	Ancho carril	Ancho arcén	Velocidad máxima	IMD	Porcentaje de pesados	
P1	CV - 305	3,5 m.	1,5 m.	90 Km/h.	9014	5,40%	
P2	CV - 331	< 3,5 m.	0 m.	50 Km/h.	3732	0,98%	
P3	CV - 333	3,5 m.	1 m.	90 Km/h.	3457	1,80%	
P4	CV - 25	3,5 m.	< 1,5 m.	70 Km/h.	1782	-	
P5	CV - 25	< 3,5 m.	0	50 Km/h.	573	-	
G9	E1 y S1	CV - 25	< 3,5 m.	1,3	50 Km/h.	1782	-
	E3 y S3	CV - 25	3,5 m.	1,4	60 Km/h.	3149	2,40%
G14	E1 y S1	CV - 331	<3,5 m.	1	60 Km/h.	3732	0,98%
	E3 y S3	CV - 333	3,5 m.	1	40 Km/h.	2115	-
	E5 y S5	CV - 333	3,5 m.	0,6	70 Km/h.	3457	1,80%
G15	E1 y S1	CV - 315	<3,5 m.	-	40 Km/h.	7555	1,47%
	E3 y S3	CV - 315	3,5 m.	-	60 Km/h.	5746	4,80%
	E4 y S4	CV - 305	<3,5 m.	-	50 Km/h.	9014	5,24%
I22	E1 y S1	CV - 310	3,5 m.	< 1 m.	70 Km/h.	5099	1,44%
	E2 y S2	CV - 333	3,5 m.	1 m.	90 Km/h.	3457	1,80%
I2Af	E1 y S1	CV - 331	<3,5 m.	< 1 m.	30 Km/h.	247	0,81%
	E2 y S2	CV - 328	<3,5 m.	< 1 m.	30 Km/h.	397	0,76%

Tabla 27. Características carreteras zona 1: Bétera

CARRETERAS ZONA 2: EL SALER							
Segmentos	Carretera	Ancho carril	Ancho arcén	Velocidad máxima	IMD	Porcentaje de pesados	
G21	E5 y S5	CV - 500	3,5 m.	< 1 m.	60 Km/h.	15326	0,01
G24	E1 y S1	CV - 500	3,5 m.	1,5 m.	60 Km/h.	8574	-
	E2 y S2	N - 332	3,6 m.	1 m.	70 Km/h.	18300	-
G26	E1 y S1	CV - 500	< 3,5 m.	2 m.	50 Km/h.	7149	0,025
	E4 y S4	CV - 502	3,6 m.	< 1 m.	60 Km/h.	4733	0,0175

Tabla 28. Características carreteras zona 2: El Saler

CARRETERAS ZONA 3: MONSERRAT							
	Segmentos	Carretera	Ancho carril	Ancho arcén	Velocidad máxima	IMD	Porcentaje de pesados
G34	E1 y S1	CV - 416	3,5 m.	< 1 m.	70 Km/h.	2.342	2,33%
	E2 y S2	CV - 424	3,5 m.	< 1 m.	60 Km/h.	2.342	2,33%
I31	E1 y S1	CV - 422	3,5 m.	< 1 m.	50 Km/h	1.171	0,85%
	E3 y S3	CV - 435	3,5 m.	< 1 m.	60 Km/h.	1.171	0,85%
I32	E1 y S1	CV - 422	3,5 m.	< 1 m.	50 Km/h	1.171	0,85%
	E3 y S3	CV - 435	3,5 m.	< 1 m.	60 Km/h.	1.171	0,85%

Tabla 29. Características carreteras zona 3: Monserrat

Para llevar acabado dichos mapas se han utilizado los datos obtenidos del cálculo de la demanda ciclista propuestos en este estudio, tanto a partir del modelo aplicando el denominado coeficiente SUR como el modelo determinado siguiendo las recomendaciones de la TMG. Los resultados obtenidos de los modelos quedan recogidos en el Anejo 3.

En la representación de los mapas se ha empleado el programa ArcGis, el mismo utilizado para obtener los datos de la base de datos de Strava, ya que permite manejar información geográfica, numérica y de cálculo debido a la gran versatilidad.

De esta manera se representa de forma más visual las zonas donde hay más flujo de ciclistas y debe prestarse más atención en futuras investigaciones o mejoras del entorno viario.

Además, se va a proponer mejoras en aquellas carreteras con mayor demanda ciclista y que al alternar la vía con vehículos motorizados, suponga un riesgo para estos.

Los mapas que se han representado para las diferentes zonas de estudio han sido:

10.1 MAPAS DE TRÁFICO EN ZONA 1: BÉTERA

En la zona de Bétera se han obtenido un total de 4 planos, que representan:

- IMD ciclista obtenida con el modelo que emplea el coeficiente SUR para todos los puntos de observación.
- IMD ciclista obtenida con el modelo siguiendo las recomendaciones de la TMG en días festivos de la estación de invierno para:
 - Puntos de observación 1,2,3,4 y 5
 - Intersección I22
- IMD ciclista obtenida con el modelo siguiendo las recomendaciones de la TMG en días festivos de la estación de verano para:

- Intersección I22
- Intersección I2Af
- Glorieta G9

- IMD ciclista obtenida con el modelo siguiendo las recomendaciones de la TMG en días laborables de la estación de verano para:
 - Intersección I22
 - Intersección I2Af
 - Glorieta G9

10.2 MAPAS DE TRÁFICO EN ZONA 2: EL SALER

- IMD ciclista obtenida con el modelo que emplea el coeficiente SUR para todos los puntos de observación.

- IMD ciclista obtenida con el modelo siguiendo las recomendaciones de la TMG en días laborables de la estación de primavera para todos los puntos de observación.

- IMD ciclista obtenida con el modelo siguiendo las recomendaciones de la TMG en días festivos de la estación de primavera para todos los puntos de observación.

- IMD ciclista obtenida con el modelo siguiendo las recomendaciones de la TMG en días laborables de la estación de verano para todos los puntos de observación.

10.3 MAPAS DE TRÁFICO EN ZONA 3: MONSERRAT

- IMD ciclista obtenida con el modelo que emplea el coeficiente SUR para todos los puntos de observación.

- IMD ciclista obtenida con el modelo siguiendo las recomendaciones de la TMG en días laborables de la estación de verano para los puntos de observación:
 - Glorieta G14
 - Intersección I32

- IMD ciclista obtenida con el modelo siguiendo las recomendaciones de la TMG en días festivos de la estación de verano para los puntos de observación:
 - Glorieta G14
 - Intersección I32

- IMD ciclista obtenida con el modelo siguiendo las recomendaciones de la TMG en días laborables de la estación de otoño para los puntos de observación:

- Glorieta G14
- Intersección I32

Los mapas de tráfico realizados como aplicación práctica quedan recogidos en el Anejo 5.

10.4 PROPUESTA DE MEJORA 1: CARRETERA CV-333 I22 TRAMO 2

La propuesta de mejora se aplicará a la carretera CV-333 entre los P.K. 0+000 y 1+650 del término municipal de Bétera.

Para llevar a cabo la propuesta de mejora se ha analizado la evolución de la demanda tanto de bicicletas como de vehículos a motor en el tramo objeto de estudio, con el objetivo de conocer cuando se producen las mayores interacciones entre ambos usuarios. En este tramo se ha observado que los puntos pico de intensidad de vehículos motorizados coincide con los picos de la demanda ciclista. Esto hecho, junto a la geometría de la vía hace que el ciclista se convierta en un usuario muy vulnerable y proclive a ser víctima de un accidente.

El problema se encuentra principalmente en el segmento S2, ya que como se observa en las Fig. 96, el pico de intensidad en días laborables se encuentra entre las 7:00 y las 9:00 horas, concentrándose un elevado volumen de tráfico de vehículos a motor y ciclista.

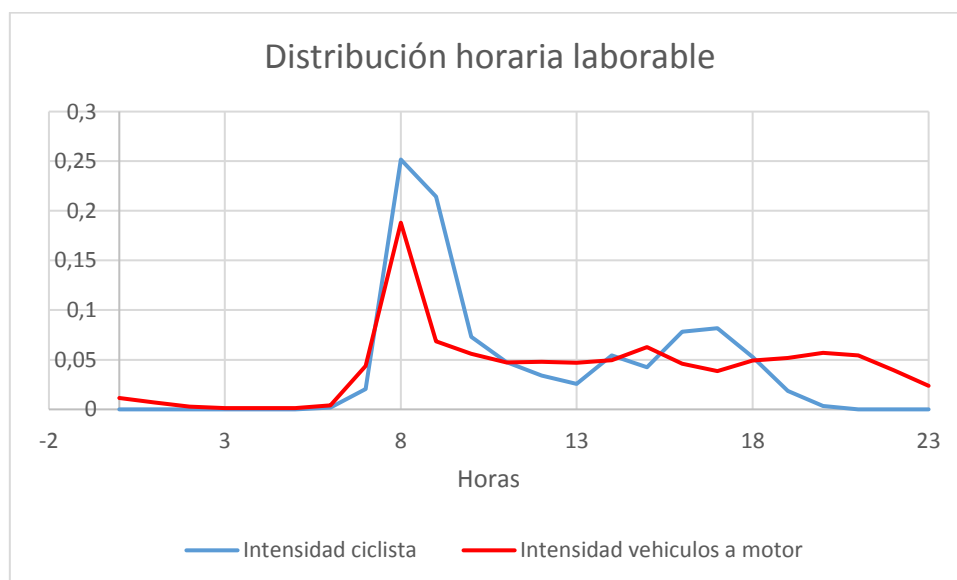


Fig. 96 Distribución horaria de la intensidad ciclista y de vehículos a motor en el tramo 2 de I22

Esta concentración de tráfico lo que produce es un aumento de riesgo de accidente, siendo los ciclistas los usuarios más vulnerables. A parte de este hecho, como se observa en la Fig. 96, en ese tramo no existe carril bici o un arcén amplio. Además, es una pendiente positiva, lo que lleva a los ciclistas a circular con una menor velocidad, lo que aumenta su exposición al peligro.

Por lo que la recomendación para mejorar este tramo de carretera de la CV-333 y reducir el riesgo a accidentes es prohibir a los ciclistas circular por el carril ascendente, es decir, el segmento S2, entre las 7:00 y las 9:00 horas en los días laborables.

Como alternativa al recorrido, deberán circular por el carril bici existente en la otra franja de la carretera hasta el P.K. 1+000, con el fin de evitar que compartan la vía con vehículos ya que existe una infraestructura que protege a los ciclistas.

Del P.K. 1+000 hasta el P.K. 1+650, los ciclistas deberán circular obligatoriamente por el camino auxiliar paralelo a la CV-333.

Para las medidas de actuación de mejora de la vía se busca que sean económicas y de fácil implantación aprovechando las infraestructuras que existen actualmente.

10.4.1 ACTUACIÓN P.K. 0+000

En el P.K. 0+000 de la carretera CV-333, se encuentra la intersección I22 donde confluye con la CV-310. Por lo que se debe aplicar medidas en la CV-310 para que cuando los ciclistas hagan la incorporación a la CV-333 ya lo hagan adecuadamente por el carril bici.

Cuando los ciclistas circulen en sentido ascendente al P.K. de la CV-310, no tienen opción de incorporarse al carril bici de la CV-33 tal y como se observa en la Fig. 97, ya que el carril de espera obliga a los ciclistas incorporarse directamente en el carril de la CV-333.



Fig. 97 Estado actual intersección I22.

La propuesta de mejora en esa sección es la de crear un carril de espera ciclista dentro del carril de espera, para que los ciclistas puedan acceder al carril bici de una forma segura y cumpliendo las normas viarias.

La Norma 3.1- IC indica que la longitud del tramo de almacenamiento y espera debe ser siempre superior o igual a 20 m. En este caso, antes de la actuación, el tramo existente tiene una longitud de 42 m. Por lo que cada carril de espera tendrá una longitud de 21 m., el primero dedicado a ciclistas y el segundo a vehículos a motor.

Quedando la sección como se observa en la Fig. 98.

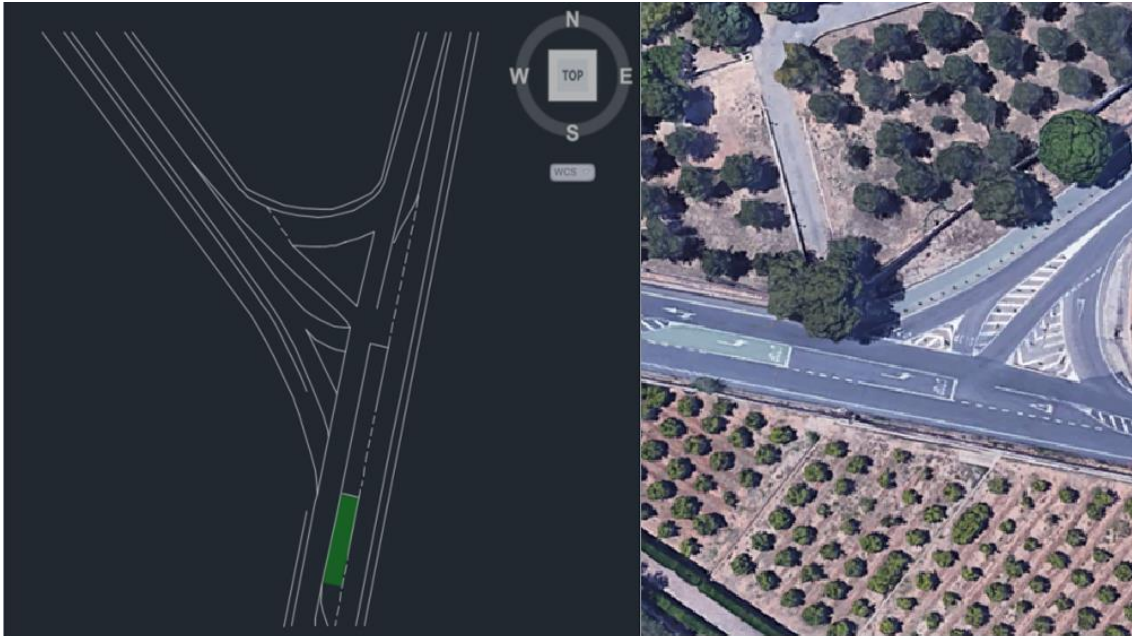


Fig. 98 Estado de la vía tras la medida de actuación

Por otra parte, para aquellos ciclistas que circulen en sentido descendente a la CV-310, para incorporarse a la CV-333, la propuesta de actuación es que no accedan directamente a la carretera por el carril, si no que continúen por la CV-310 hasta alcanzar el carril bici como se señala en la Fig. 99. Esta obligatoriedad se indicará mediante una señal que informe a los ciclistas.



Fig. 99 Recorrido por los ciclistas para acceder a la CV-333

10.4.2 ACTUACIÓN P.K. 1+000

En el P.K. 1+000 de la CV-333 se encuentra una glorieta, donde confluyen dos caminos auxiliares en un mismo ramal y una vía urbana que enlaza con la urbanización “La Masía” del término municipal de Bétera como se observa en la Fig. 100.



Fig. 100 Glorieta en el P.K. 1+000 de la CV-333

La medida a poner en práctica en esta glorieta es que aquellos ciclistas que se incorporen a ella deben circular por el camino auxiliar paralelo a la CV-333 a través del ramal 2, siempre que vayan en sentido ascendente al P.K. En este caso, los únicos ciclistas que les afecta esta medida son que aquellos que se incorporen por el ramal 4.

Aquellos ciclistas que circulen por el ramal 3, debido a la medida anterior deberán circular por el carril bici y por tanto no accederán a la glorieta, simplemente continuaran en sentido ascendente por el camino auxiliar. Del mismo modo sucede con los ciclistas que circulen por el ramal 1, debido a la medida que se expondrá posteriormente, deben circular por el camino auxiliar y no acceden a la glorieta.

Por tanto, la medida a aplicar es la indicación de la obligatoriedad de circulación por el carril bici si se busca ir en sentido descendente al P.K. de la CV-33 o por el camino auxiliar si quiere circular en sentido ascendente al P.K. de la carretera, siempre accediendo a través del ramal 2. Esto se indicará a los ciclistas mediante una señal que los informe. La señal propuesta se observa en la Fig. 101.

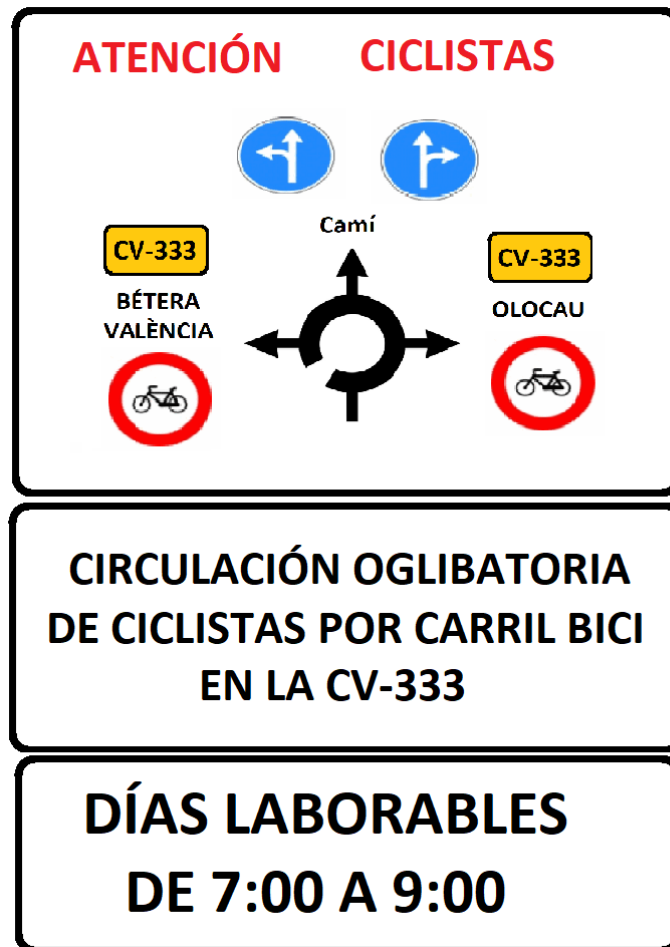


Fig. 101 Propuesta de señal indicadora para la glorieta del P.K. 1+000 de la CV-333

Tras la aplicación de actuación de mejora en la glorieta, el estado de la vía urbana quedará como en la Fig. 102.

Análisis de la demanda ciclista y propuesta de una metodología para su caracterización en carreteras convencionales. Desarrollo de un mapa de tráfico de ciclistas en el entorno de las carreteras CV-333, CV-25, CV-331 y CV-305 (provincia de Valencia).



Fig. 102 Estado de la vía tras la aplicación de la medida de mejora para la glorieta del P.K. 1+000 de la CV-333

10.4.3 ACTUACIÓN P.K. 1+650

En el P.K. 1+650 de la CV-333 se encuentra la glorieta estudiada G14, donde confluyen 3 caminos auxiliares y la CV-331.



Fig. 103 Glorieta en el P.K. 1+650 de la CV-333

En este punto, la actuación será la obligatoriedad de todos los ciclistas que quieran circular por la CV-333, hacerlo por el camino auxiliar paralelo a esta. En este caso, todos aquellos ciclistas que accedan a la glorieta por los ramales 1, 2, 3 y 6 deberán incorporarse al camino auxiliar a través del ramal 4.

Al igual que con los P.K. 0+000 y P.K. 1+000, se indicará esta obligatoriedad colocando una señal que lo indique en los ramales 1, 2 y 3. Puesto que el ramal 6 es una pequeña vía para acceder a 4 vivienda y el tráfico ciclista en ese tramo es nulo, no hará falta la colocación de la señal indicadora. Esta señal tendrá las mismas características que la de la Fig. 103.

10.4.3 CONCLUSIÓN

Las medidas de mejora propuestas para este tramo de la carretera CV-333 pueden resultar polémicas, pero su fin no es perjudicar a los ciclistas cambiando la forma que circulan habitualmente por la vía, si no aumentar la seguridad de estos minimizando la exposición al riesgo. En todo momento se busca una convivencia vial entre todos los usuarios que utilicen este tramo de carretera, con el objetivo de que todos los colectivos obtengan un beneficio.

Al ser una propuesta novedosa, experimental y no habitual para los ciclistas, al inicio de su implantación debe existir presencia de la autoridad vial para indicar a los usuarios la obligatoriedad de la medida, hasta que se observe un cumplimiento diario de la propuesta por ellos.

En principio la medida es aplicable solo para días laborables entre las 7:00 y las 9:00 horas, pero si se observa que funciona correctamente, la medida puede ser aplicada de forma continua.

10.5 PROPUESTA DE MEJORA 2: CARRETERA CV-500 G26

TRAMO 3

El tramo 3 perteneciente a la glorieta G26 de la Zona 2 se encuentra dentro de la carretera CV-500 entre los P.K 20+000 y P.K 25+500. La vía cuenta con un arcén que apenas llega al 1,5 metros de anchura, por lo que cuando un vehículo a motor intenta adelantar a un ciclista se ve obligado a ocupar el carril del sentido contrario para respetar el 1,5 metros de distancia que marca la ley. O pudiera suceder que no cumpliera esta distancia y pusiera en peligro al ciclista.

Además, como se observa en la Fig. 104 Distribución horaria de la IMD vehículos a motor en el tramo 3 de G26, el tráfico se mantiene constante en ambos sentidos de circulación durante todo el día, por lo que ocupar el carril contrario es una opción complicada. Por lo que los adelantamientos en este tramo serán complicados de realizar o si se realizan, serán peligrosos.

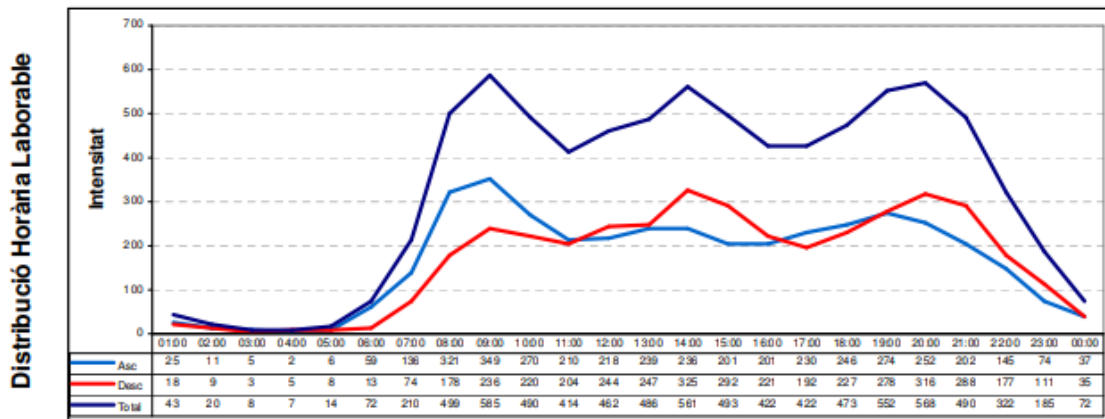
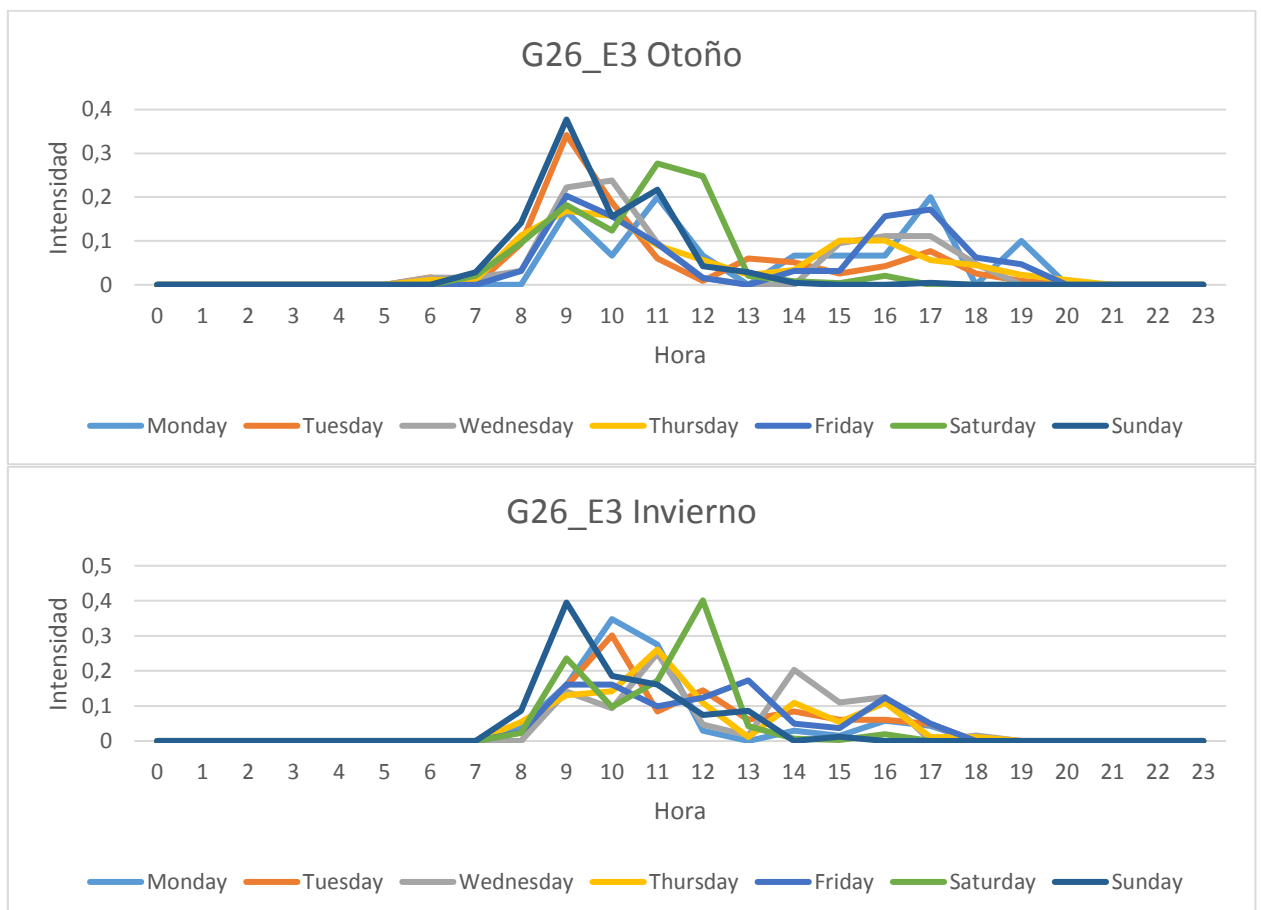


Fig. 104 Distribución horaria de la IMD vehículos a motor en el tramo 3 de G26

De forma similar al tráfico de vehículos a motor sucede con el tráfico ciclista. En la Fig. 105 Distribución horaria de la IMD ciclista en el segmento E3 de G26 se observa que los ciclistas circulan principalmente por esta vía por la mañana, pero no se aprecia un pico de intensidad en una franja determinada, ya que estos en función del día varía entre las 7:00 y las 12:00 h.



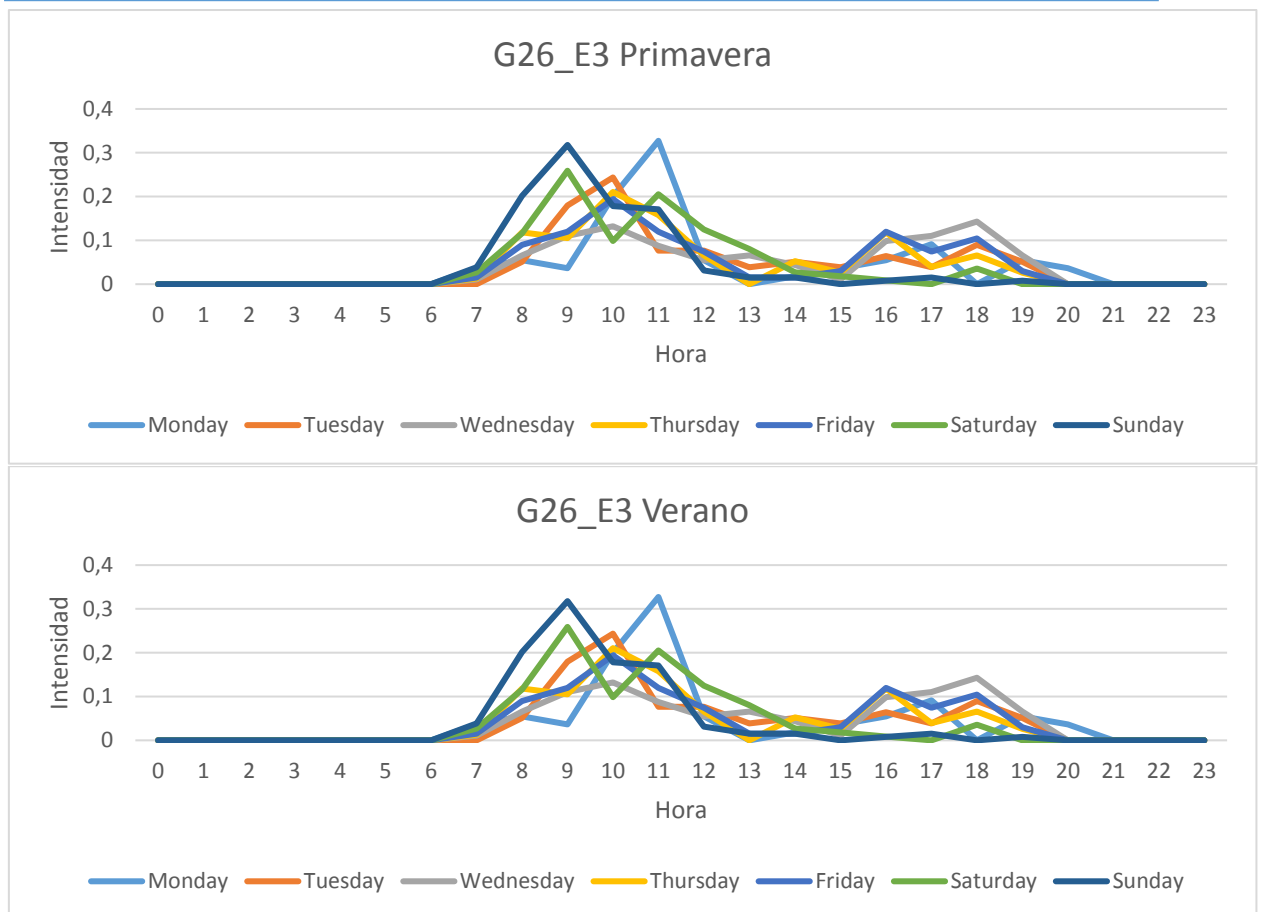


Fig. 105 Distribución horaria de la IMD ciclista en el segmento E3 de G26

Debido al constante tráfico durante todo el día, la mejor opción de mejora para este tramo de carretera es la existencia de apartaderos que permite que en ciertos puntos de la carretera se realicen adelantamientos a ciclistas sin invasión del carril opuesto y sin provocar una disminución en las velocidades de estos dos modos

A continuación, se presentan las características geométricas y de señalización que se proponen para los apartaderos por Reyes (2019):

- El ancho total de los apartaderos será al menos de cuatro metros y cincuenta centímetros (> 4,50 m) con la siguiente distribución: tres metros y cincuenta centímetros (3,50 m) de apartadero propiamente dicho y al menos un metro (> 1,00 m) de cebreado de separación de la calzada.
- La longitud apartaderos dependerá de la visibilidad de estos, pero se considerará un máximo de 185 según las recomendaciones del AASHTO (2014).
- Las zonas cebreadas serán igual al largo estimado con cuñas de transición al inicio y final, de longitud mínima treinta metros (> 30,00 m).
- Los apartaderos y sus cuñas se dispondrán con la misma pendiente transversal que los arcenes de la calzada.

- El apartadero será de uso exclusivo de ciclistas, pintando preferentemente utilizando pavimento rojo o verde, ya que son los colores más utilizados en la infraestructura ciclista en Valencia.
- Se incluirá señalización vertical para advertir a los usuarios de la cercanía de los apartaderos con la señal S-64 que menciona la existencia de carril bici adosada a la calzada y se agregará la señalización vertical vía reservada para ciclista R-407 (Fig. 106 Señalización recomendada para apartadero ciclista. Además, se debe informar a los ciclistas el término de este paradero con la señal de fin de vía reservada.



Fig. 106 Señalización recomendada para apartadero ciclista

- La implantación del apartadero no supondrá la disminución del ancho de los arcenes ni su supresión.

El diseño esquemático del apartadero será el siguiente:

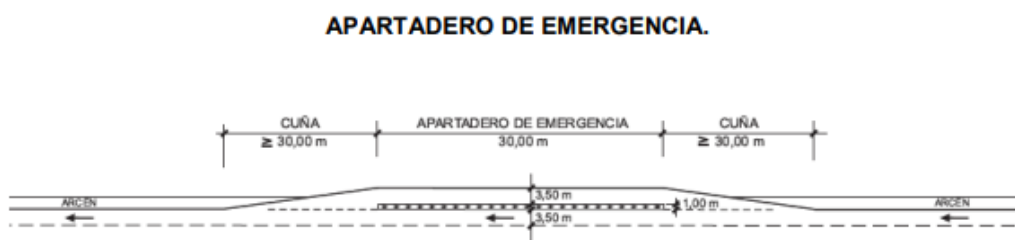


Fig. 107 Diseño geométrico de los apartaderos ciclistas (Ministerio de Fomento, 2016)

10.5.1 CONCLUSIÓN

El diseño de los apartaderos es un proceso laborioso que se basa en la intensidad de vehículos a motor, donde es necesario el uso de microsimulación para evaluar la interacción entre vehículos a motor y ciclista donde se evalúa su efecto en la funcionalidad de la carretera a partir de la velocidad media, el número de adelantamiento y el porcentaje de vehículos en cola.

Por ello se propone esta medida de actuación en la CV-500 para que se estudie en futuras líneas de investigación la implantación de apartaderos y analizar cómo afecta al tráfico y a la intensidad, tanto ciclista como de vehículos a motor.

11. CONCLUSIONES

La bicicleta se ha convertido en un vehículo de gran importancia en los últimos años en las carreteras españolas debido a un auge del deporte entre las personas que quieren tener un estilo de vida saludable.

Esto conlleva a que la bicicleta ya no se emplee como un mero uso de transporte en las ciudades y en recorridos de corta distancia, si no que compartan vías interurbanas con vehículos motorizados aumentando el volumen de ciclistas.

Por ello es fundamental conocer la demanda ciclista en carreteras convencionales que unen núcleos de población para tener un conocimiento aplicable a diferentes aspectos, como puede ser:

- Aumentar la inversión en aquellas carreteras donde circulan un mayor número de ciclistas
- Localizar tramos de concentración de accidentes que se vean involucrados ciclistas en función de la IMD ciclista
- Conocer las rutas más frecuentadas por ciclistas
- Caracterizar las vías

En este TFM se ha estudiado la demanda ciclista mediante una metodología novedosa que implica las nuevas tecnologías que se han puesto de moda en los últimos años, más concretamente la aplicación deportiva Strava, utilizando más de 50 puntos de observación distribuidos en tres zonas de estudios diferentes.

El estudio se ha centrado en dos aspectos fundamentales: el uso de Strava por los ciclistas y el desarrollo de modelos de predicción de la demanda ciclista. Ambos ligados, retroalimentándose los procesos de análisis y arrojando conclusiones.

11.1 EL USO DE STRAVA

En los inicios de la investigación se desarrolló un método sencillo pero práctico a partir del cálculo de la densidad ciclista realizando un análisis gráfico. A pesar de la simplicidad del proceso, determinó de forma clara que si existía una relación entre la demanda ciclista real y la demanda registrada en Strava. Por tanto, se debía indagar en esta relación de ambas demandas aumentando el número de conteos de corta duración y desarrollar una nueva forma de estudio para determinarla.

En las representaciones gráficas obtenidas mediante el método de la ventana deslizante se observó la importancia de los pelotones ciclistas en la estimación de la demanda ciclista, puesto que los escalones producidos en la demanda ciclista por ellos, determinan dicha representatividad y por tanto, cuanto más ciclistas circulen en grupo, mayor es la representatividad de Strava.

Para correlacionar la demanda ciclista real y aquella registrada por los usuarios en la aplicación Strava se ha desarrollado un nuevo factor denominado SUR (Strava Usage Rate). Se ha estudiado tanto a nivel micro, en cada segmento de forma independiente, como a nivel macro, formando un conjunto de segmentos que definen cada una de las 3 zonas estudiadas.

En la zona de Bétera (Zona 1) y la zona del Saler (Zona 2) se observa un comportamiento del coeficiente SUR muy similar, para aquellos conteos de corta duración donde se recoja un volumen superior a 150 ciclistas, el coeficiente SUR se mantiene estable dentro de un rango próximo al medio de la zona con una baja desviación típica inferior al 10%.

Para la zona de Monserrat (Zona 3), al tener una intensidad baja de paso de ciclistas el comportamiento del coeficiente SUR cambia levemente. Aquí a pesar de tener un volumen bajo de ciclistas el coeficiente SUR se mantiene ligeramente más estable, pero al igual que en las otras zonas, al aumentar el paso de ciclistas va convergiendo al valor medio de la zona.

Otro aspecto que comparten la zona 1 y 3 es que, en días festivos, el coeficiente SUR se mantiene estable, a pesar de que exista un bajo volumen observado. No ocurre lo mismo en la zona 2, que en con una baja demanda existe una gran dispersión.

Por tanto, el coeficiente SUR está ligado al volumen ciclista observado más que a la duración del conteo de corta duración, sin embargo, lleva a pensar que cuanto más tiempo se esté registrando ciclistas, mayor será su número. Pero si no sobrepasa un determinado umbral, establecido según los datos analizado en el presente trabajo, en 150 ciclistas observados (en las zonas 1 y 2), no se apreciará relación ninguna.

Atendiendo al comportamiento del coeficiente SUR, los mejores días para realizar tomas de datos por su fiabilidad son los días festivos, en los que se registre un volumen superior a 150 ciclistas.

Además, la calibración de SUR es preferible hacerla por zonas más que por tramos de carretera, ya que se ha comprobado que de esta forma es más estable. A pesar de que existen tramos donde el SUR no se mantiene estable ni tiene un coeficiente de Pearson elevado, en el conjunto de la zona sí que muestra un buen ajuste y aplicable a la carretera.

11.2 MODELOS PREDICTIVOS DE LA DEMANDA CICLISTA.

Para el cálculo de la IMD ciclistas en las carreteras estudiadas se ha utilizado dos métodos distintos.

Uno a partir del coeficiente SUR ya que tras su estudio ha demostrado un patrón identificable en su comportamiento que aporta fiabilidad a los resultados obtenidos.

El otro método se ha seguido las recomendaciones del Traffic Monitoring Guide donde se asimila que Strava es un conteo continuo, y que a partir de conteos de corta duración en las carreteras estudiadas, aplicando los factores de ajuste, se obtiene la IMD ciclista.

Debido a que no existen conteos continuos en las zonas estudiadas que aporten la IMD ciclista real en alguno de los puntos estudiados, no se ha podido validar los resultados de ningún modelo predictivo, a nivel de IMD.

Sin embargo, sí que se ha validado la intensidad ciclista estimada mediante el coeficiente SUR a partir de un conteo de corta duración de 10 horas extrapolable a 24 horas ya que este conteo puede considerarse que abarca toda la demanda ciclista de ese día ($I_{\text{ciclista, 24h}}$). Para ello se realizaron dos tomas de datos adicionales, una el sábado 24 de noviembre de 2018 y otra el miércoles 28 de noviembre de 2018 en la intersección I22 de la zona Bétera (Zona 1). Estos aforos tuvieron una duración de 10 horas y 50 minutos y 10 y 20 minutos respectivamente

Del mismo modo, se ha validado los factores de ajuste horarios utilizados para la estimación de la IMD ciclista a partir de un conteo de corta duración de 10 horas el sábado 1 de diciembre de 2018.

11.2.1 MODELO PREDICTIVO MEDIANTE EL COEFICIENTE SUR

Es un modelo para la obtención de la IMD de bicicletas que destaca por su sencillez debido a que no se necesita realizar conteos de corta duración. Simplemente es necesario obtener la IMD ciclista registrada en Strava y no le afecta de forma directa los patrones temporales del comportamiento ciclista, solamente una buena calibración del coeficiente SUR.

Este hecho hace que sea un método realmente rápido y económico, ya que con la calibración del coeficiente SUR, no se necesita emplear recursos en realizar tomas de datos puesto que son innecesarias. Sin embargo, aún se necesita un mayor conocimiento del coeficiente SUR para ser aplicado.

A pesar de que no ha podido ser validado a nivel de la IMD, el estudio realizado del coeficiente SUR y la validación mediante la estimación de la intensidad diaria para un día festivo y un día laborable indica que es un método fiable.

Los resultados obtenidos con mayores intensidades ciclistas observadas aportan un error menor y una menor dispersión de las intensidades estimadas. Por tanto, muestra un buen ajuste en aquellas carreteras con una alta intensidad ciclista y no se ve afectado por la variación temporal de la demanda ciclista.

11.2.2 MODELO PREDICTIVO MEDIANTE FACTORES DE AJUSTE

Este método se ha seguido con las recomendaciones por la TMG. Es un método laborioso en el que se necesita programación para desarrollar los factores de ajuste, fundamentales para el cálculo de la IMD ciclista.

En este caso la falta de IMD ciclista real obtenida por el método ordinario a través de conteos continuos físicos impide validar el modelo.

Sin embargo, se ha estudiado la validez de los factores de ajuste horarios, comparándose los reales obtenidos a partir de un conteo de corta duración extrapolable a 24 horas un sábado de invierno y los obtenidos a partir de Strava. El ajuste viene determinado tanto por el error calculado y por la distribución de la intensidad ciclista.

Se ha determinado que los factores de ajuste horarios tienen una mala calibración, ya que de 5 segmentos estudiados, únicamente 2 de ellos muestran un ajuste aceptable cuyo error es del 39% y 65%.

Se ha estudiado cada segmento de forma individual sin agruparlos según patrones temporales debido al mal ajuste de estos. A pesar de ello no se ha obtenido unos resultados, a excepción de algunos segmentos, que muestren una desviación típica baja que indique que es un método fiable.

Como se ha determinado en el estudio de Nordback et al. (2012), para conteos con una duración inferior a 3 horas, el error obtenido varía entre el 30% y 60%. A parte dicho error, hay sumarle la incertidumbre aportada por Strava en el cálculo de los factores de ajuste.

Para obtener unos buenos factores de ajuste horarios a partir de Strava, la demanda horaria de la aplicación debería ser representativa de la realidad. A partir del coeficiente SUR, se ha determinado que esta representatividad es adecuada y constante a partir de la observación de 150 ciclistas. Por tanto, para que el error producido por Strava al modelo sea mínimo es necesario tener una demanda superior a 150 ciclistas por hora. Dato tan elevado que hace imposible el buen ajuste del modelo.

Por tanto, el modelo de predicción de la IMD ciclista a partir de factores de ajuste obtenidos mediante Strava es inviable debido al alto error que se obtendría en la estimación debido a la incertidumbre aportada por la aplicación sumada a la del propio modelo. Eso hace que los factores de ajuste sean muy sensibles y se ven afectados ante cualquier mínima variación.

11.3 VARIACIÓN TEMPORAL DE LA DEMANDA CICLISTA

Es fundamental conocer varia la Intensidad ciclista a lo largo del tiempo, para determinar cómo interactúan los ciclistas con otros vehículos a motor cuando comparten las carreteras, de ahí, la importancia de crear grupos con un patrón temporal similar.

Como conclusión, se ha determinado que para cada día se produce un pico en la intensidad ciclista donde aumenta considerablemente, pero este puede variar en la franja horaria en función del día.

Respecto a la variación semanal, se observa claramente que los días festivos la demanda ciclista es superior y que la tendencia es concentrarse por la mañana.

En cuanto a la variación mensual no se observa un patrón el comportamiento ciclista de forma conjunta en los tramos estudiados.

Por tanto, dentro de cada zona estudiada existen diferentes grupos donde el flujo ciclista se comporta de la misma forma en función de la variación temporal y no se puede asignar una tendencia de dicha variación conjunta a cada zona.

11.4 LIMITACIÓN DE DATOS

A pesar de que los resultados obtenidos en el estudio indican que la aplicación Strava puede ser una buena plataforma para determinar la IMD ciclistas en las carreteras de las zonas estudiadas y en posibles nuevas zonas por ser representativa del tráfico ciclista real. En enero de 2018 se produjo un hecho que hizo modificar las políticas de privacidad de la red social, y la imposibilidad de obtener más datos de Strava (aunque se utilizasen herramientas de programación).

A partir de los mapas de calor que se han empleado en este TFM para conocer las rutas más concurridas por los ciclistas en las zonas estudiadas, también fue utilizado para el espionaje militar, dejando al descubierto bases secretas militares de E.E.U.U en los países de Siria y Afganistan.

El suceso fue posible ya que los militares utilizaban Strava para realizar sus actividades físicas y controlar mediante el GPS su rendimiento, ya que este es el principal objetivo de la aplicación. Como consecuencia, se crearon rutas en el mapa de calor que destacaban por la situación donde se encontraban, en el desierto, y la forma de estas rutas.

En la Fig. 108 se observa una base estadounidense en Al-Tanf, en Siria, cerca de la frontera con Irak, descubierta por el uso de Strava por parte de los militares.



Fig. 108 Base secreta militar de E.E.U.U. descubierta por el uso de Strava.

Las consecuencias del grave hecho que puso en jaque la defensa de Estados Unidos fueron que Strava cambiara de forma radical la política de privacidad de datos de la aplicación. Lo que produjo que, entre otros actos, que no se pudieran extraer datos de ciclistas de la plataforma.

Desde entonces solo se puede obtener información de Strava mediante el pago de los datos y con unas estrictas reglas de uso.

Dado que Strava fue la aplicación deportiva escogida para el cálculo de la IMD ciclista en este estudio debido a su gran uso y al coste nulo de sus datos, este cambio hace que no se pueda continuar con la investigación y que se descarte su uso. Sin embargo, este hecho no invalida todos los resultados obtenidos en el que se concluye que Strava es una buena aplicación que es representativa de la realidad y puede ser utilizada para desarrollar modelos de predicción de la IMD ciclista, asimilándola como un conteo de larga duración.

12. POSIBLES LINEAS DE INVESTIGACIÓN FUTURAS

A continuación, se indican las posibles líneas de investigación que se pueden desarrollar tras la realización del presente Trabajo Final de Master.

- Ampliar el estudio de las zonas seleccionadas comprobando si el coeficiente SUR desarrollado en la investigación sigue mostrando un comportamiento similar al que se ha concluido o por el contrario se determina una tendencia diferente.
- Seleccionar nuevas zonas de estudio donde existan rutas ciclistas y la demanda de estos vehículos sea elevada e interactúe con vehículos a motor.
- Determinar nuevas variables que influyan en la IMD ciclista como puede ser el tiempo o la distancia a núcleos urbanos e introducirlas en los modelos de predicción de la demanda ciclista con el fin de obtener un modelo con un gran ajuste.
- Estudiar la idoneidad de los factores de ajuste tras la validación del modelo siguiendo las recomendaciones de la TMG, determinando cuando se obtiene un mejor resultado seleccionando un periodo de tiempo previo al conteo de corta duración realizado.
- Análisis de los mejores mecanismos de conteos continuos en carreteras convencionales para vehículos no motorizados con el objetivo de obtener la IMD ciclista real en zonas interurbanas donde las características y condiciones del entorno de la vía son completamente diferentes a la zona urbana.
- Investigar como fluctúa el error producido en los modelos del cálculo de la demanda ciclistas en las zonas estudiadas una vez se haya validado con la IMD ciclista real. Mediante la acotación del conteo en diferentes franjas horarias de los conteos de corta duración.
- Determinación de los patrones temporales para la formación de grupos con características similares en las zonas estudiadas a partir del comportamiento ciclista con el fin de extrapolar los factores de ajuste del modelo de predicción de la IMD ciclista a carreteras con características similares.

13. AGRADECIMIENTOS

Este Trabajo Final de Máster no hubiera podido llevarse a cabo sin el apoyo del Grupo de Investigación en Ingeniería de Carreteras (GIIC) del Instituto del Transporte y Territorio de la UPV, que ha puesto todos los medios disponibles a disposición para desarrollar los

Agradecer a la tutora del TFM Griselda López Maldonado por su involucración, apoyo y seguimiento durante la investigación en este largo proceso. También al profesor Francisco Javier Camacho Torregosa por su participación.

Ha sido muy importante también la participación del profesor Mike Lowry de la Universidad de Idaho por todo el conocimiento aportado debido a su experiencia y a la doctoranda Sara Moll por ser una gran compañera.

Además, agradecer a mis compañeras que compartimos a los ciclistas como tema principal en nuestros TFMs, por haber trabajado todos juntos de una forma agradable y cooperativa.

14. CONCLUSIÓN

Realizado este estudio enmarcado como Trabajo Final de Máster titulado “Análisis de la demanda ciclista y propuesta de una metodología para su caracterización en carreteras convencionales. Desarrollo de un mapa de tráfico de ciclistas en el entorno de las carreteras CV-333, CV-25, CV-331 y CV-305 (provincia de Valencia)”, considerando cumplidos los objetivos establecidos, se presenta a la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad Politècnica de València.

Con la finalización de este documento, se pretende obtener la titulación de Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos, a falta de la calificación del tribunal competente tras la defensa pública.

15. REFERENCIAS

Ahmed Ahmouda, Eric Bardin and Hartwig H. Hochmair (2016). Estimating bicycle trip volume for miami-dade county from strava tracking data. TRM 2017

Adam Budowski, Fraser Mclaughlin, Krista Nordback and Jeannette Montufar (2016). Estimating Seasonal Average Daily Bicyclists from 2-hour Short Duration Counts. TRB 2017

Ayuntamiento de Valencia (2010) 'Ordenanza de Circulación de Valencia', B.O.P, pp. 1–62

B. Jestico, T. Nelson, M. Winters (2016). Mapping ridership using crowdsourced cycling data. J. Transp. Geogr., 52 (2016), pp. 90-97

Consejo Superior de Deportes (2016) 'Licencias y clubes Federados en 2016, pp. 1–14.

David Beitel, Spencer McNee and Luis F. Miranda-Moreno (2016). Quality Measure of Short-Duration Bicycle Counts. TRB 2017

Diari Oficial de la Generalitat Valenciana (2017). "Libro blanco sobre: La Protección de las personas usuarias de la bicicleta en la Comunitat Valenciana"

Ralph Buehler, Steve Hankey, Tianjun Lu and Andrew Mondschein (2016). Designing a Bicycle and Pedestrian Traffic Monitoring Program to Estimate Annual Average Daily Traffic in a Small Rural College Town. TRB 2017

Charlton, B., Schwartz, M., Paul, M., Sall, E., & Hood, J. (2010). CycleTracks: a bicycle route choice data collection application for GPS-enabled smartphones. In 3rd Conference on Innovations in Travel Modeling, a Transportation Research Board Conference.

Coevering, P. van de, Leeuw, G. de, Kruijf, J. de, & Bussche, D. (2014). Bike Print. Policy Renewal and Innovation by means of Tracking technology. In Nationaal verkeerskundecongres 2014.

Harvey, F. J., & Krizek, K. J. (2007). Commuter Bicyclist Behavior and Facility Disruption. Transportation Research Board. Retrieved from <http://trid.trb.org/view.aspx?id=811576>

Hood, J., Sall, E., & Charlton, B. (2011). A GPS-based bicycle route choice model for San Francisco, California. Transportation Letters The International Journal of Transportation Research, 3(1), 63–75. doi:10.3328/TL.2011.03.01.63-75

EMarketer. (2014). Smartphone Users Worldwide Will Total 1.75 Billion in 2014. eMarketer. Retrieved from <http://www.emarketer.com/Article/Smartphone-UsersWorldwide-Will-Total-175-Billion-2014/1010536>

Federal Highway Administration 2007. Vol. 71 No. 3. FHWA-HRT-08-001.

GARCÍA-GARCÍA, A., LOWRY, M., LÓPEZ, G., CAMACHO-TORREGROSA, J. (2017). Estimating cyclist volumes on two-lane rural roads using Strava data. *Road Safety*

G.P. Griffin, J. Jiao (2015). Where does bicycling for health happen? Analysing volunteered geographic information through place and plexus. *J. Transp. Health*, 2 (2) (2015), pp. 238-247

J. Bunker, City of Boulder.

J. F. Rheault, Eco-Counter.

J. Haworth (2016) Investigating the potential of activity tracking app data to estimate cycle flows in urban áreas. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume XLI-B2, 2016 XXIII ISPRS Congress, 12–19 July 2016, Prague, Czech Republic

Nasa (2012 a). Global Positioning System History from https://www.nasa.gov/directorates/heo/scan/communications/policy/GPS_History.html

Nasa (2012 b). Global Positioning System History from <https://www.nasa.gov/directorates/heo/scan/communications/policy/GPS.html>

Malinovskiy, Y., Zheng, J., and Wang, Y. (2009). Model-Free Video Detection and Tracking of Pedestrians and Bicyclists. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, Volume 24, 2009.

Martí-Belda Bertolín, A. (2016) 'Análisis de la siniestralidad en ciclistas. 2008-2013', *XII Congreso de Ingeniería del Transporte, UPV (Valencia)*.

Menghini, G., Carrasco, N., Axhausen, K. W., & Schüssler, N. (2010). Route choice of cyclists in Zurich. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 44(9), 754–765. doi:10.1016/j.tra.2010.07.008

Luis F. Miranda-Moreno and David Beitel (2015). Methods for Improving and Automating the Estimation of Average Annual Daily Bicyclist. *TRB 2016*

Ministerio de Educación Cultura y Deporte (2018) 'Estadística Anuario De Estadísticas Deportivas 2018'

Mitesh, S., Patel, M. D., MBA, M. S., & Hall, B. (2015). Wearable Devices as Facilitators, Not Drivers, of Health Behavior Change. *The Journal of the American Medical Association*, 13(5). <http://www.telbios.com/wp-content/uploads/2015/01/jvp140141.pdf>

Nielsen. (2014). Hacking health: How consumers use smartphones and wearable tech to track their health. Nielsen. Retrieved from <http://www.nielsen.com/us/en/insights/news/2014/hacking-health-howconsumers-use-smartphones-and-wearable-tech-to-track-their-health.html>

Nordback, K., W. E. Marshall, B. N. Janson, and E. Stolz (2012). Estimating Annual Average Daily Bicyclists. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, Vol. 2339, No. -1, 2013, pp. 90-97.

Porter, C., Suhrbier, J., and Schwartz, W. L. (1999) Forecasting bicycle and pedestrian travel: State of the practice and research needs. *Transportation Research Record*. 1674, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 94–101.

Reyes Latorre, K. E. (2019). Estudio de la interacción entre vehículos motorizados y ciclistas mediante microsimulación. Propuestas de mejoras de la cv-50 del pk 76+550 al pk 83+500 (valencia).

Schuessler, N., & Axhausen, K. W. (2009). Processing Raw Data from Global Positioning Systems Without Additional Information. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2105(-1), 28–36. doi:10.3141/2105-04

Strava (2014). A Story of Synergy: Bike Counts and Strava Metro from <https://cdn2.hubspot.net/hubfs/1979139/Bike%20Counter%20Correlation.pdf>

The U.S. Digital Consumer Report. (2014). Retrieved September 15, 2014, from <http://www.nielsen.com/us/en/insights/reports/2014/the-us-digital-consumerreport.html>

Traffic Monitoring Guide. Office of Highway Policy Information, FHWA, U.S. Department of Transportation, 2001.

Turner, B. L., II, Eric F. Lambin, and Anette Reenberg (2007). “The Emergence of Land Change Science for Global Environmental Change and Sustainability.” *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 104.52 (2007)

ANEJOS

ANEJO 1: PUNTOS DE OBSERVACIÓN

ANEJO 1: PUNTOS DE OBSERVACIÓN

En este anejo se presentan los puntos de observación utilizados en el estudio pertenecientes a las carreteras convencionales dentro de las zonas estudiadas de la Comunidad Valenciana.

1. ZONA 1: BÉTERA

1.1 PUNTO P1 – SEGMENTOS CV333 39.642 -0.497 A / CV333 39.642 -0.497 D. ZONA DE ESTUDIO 1 – BÉTERA

Se muestran las características de la carretera del punto observado.

P1	
Carretera	CV - 305
Ancho carril	3,5 m.
Ancho arcén	1,5 m.
Pendiente	< 3%
Velocidad máxima	90 Km/h.
IMD	9014
Porcentaje de pesados	5,40%

Tabla 1. Características carretera P1

Se muestran los segmentos creados en Strava para el punto P1

CV333 39.642 -0.497 A	
Municipio	Bétera
Sentido	Ascendente
Longitud	220 m.
Código	13728777

Tabla 2. Características segmento P1_A



Fig. 1 Segmento P1_A en Strava

CV333 39.642 -0.497 D	
Municipio	Bétera
Sentido	Descendente
Longitud	320 m.
Código	13728784

Tabla 3. Características segmento P1_D



Fig. 2 Segmento P1_D en Strava

1.2 PUNTO P2 – SEGMENTOS CV25 39.698 -0.543 A / CV25 39.698 -0.543 D. ZONA DE ESTUDIO 1 – BÉTERA

Se muestran las características de la carretera del punto observado.

P2	
Carretera	CV - 331
Ancho carril	< 3,5 m.
Ancho arcén	0 m.
Pendiente	< 3%
Velocidad máxima	50 Km/h.
IMD	3732
Porcentaje de pesados	0,98%

Tabla 4. Características carretera P2

Se muestran los segmentos creados en Strava para el punto P2

CV25 39.698 -0.543 A	
Municipio	Olocau
Sentido	Ascendente
Longitud	210 m.
Código	13728708

Tabla 5. Características segmento P2_A



Fig. 3 Segmento P2_A en Strava

CV25 39.698 -0.543 D	
Municipio	Olocau
Sentido	Descendente
Longitud	250 m.
Código	13728772

Tabla 6. Características segmento P2_D



Fig. 4 Segmento P2_D en Strava

1.3 PUNTO P3 – SEGMENTOS CV25 39.715 -0.534 A / CV25 39.715 -0.534 D. ZONA DE ESTUDIO 1 – BÉTERA

Se muestran las características de la carretera del punto observado.

P3	
Carretera	CV - 333
Ancho carril	3,5 m.
Ancho arcén	1 m.
Pendiente	< 3%
Velocidad máxima	90 Km/h.
IMD	3457
Porcentaje de pesados	1,80%

Tabla 7. Características carretera P3

Se muestran los segmentos creados en Strava para el punto P3

CV25 39.715 -0.534 A	
Municipio	Olocau
Sentido	Ascendente
Longitud	420 m.
Código	13728748

Tabla 8. Características segmento P3_A



Fig. 5 Segmento P3_A en Strava

CV25 39.715 -0.534 D	
Municipio	Olocau
Sentido	Ascendente
Longitud	440 m.
Código	13728742

Tabla 9. Características segmento P3_D

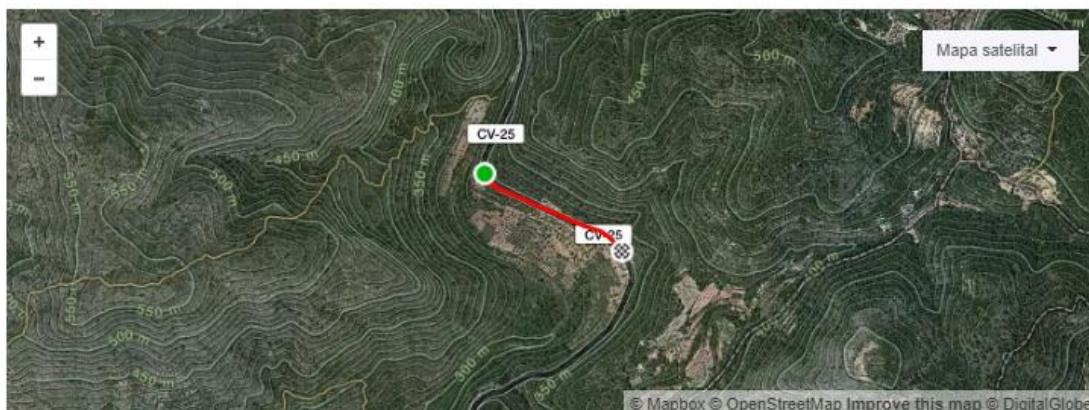


Fig. 6 Segmento P3_D en Strava

1.4 PUNTO P4 – CV-315 PK14+400 Creciente / CV315 39.621 -0.407 D. ZONA DE ESTUDIO 1 – BÉTERA

Se muestran las características de la carretera del punto observado.

Análisis de la demanda ciclista y propuesta de una metodología para su caracterización en carreteras convencionales. Desarrollo de un mapa de tráfico de ciclistas en el entorno de las carreteras CV-333, CV-25, CV-331 y CV-305 (provincia de Valencia).

P4	
Carretera	CV - 25
Ancho carril	3,5 m.
Ancho arcén	< 1,5 m.
Pendiente	> 3%
Velocidad máxima	70 Km/h.
IMD	1782
Porcentaje de pesados	-

Tabla 10. Características carretera P4

Se muestran los segmentos creados en Strava para el punto P4

CV-315 PK14+400 Creciente	
Municipio	Náquera
Sentido	Ascendente
Longitud	330 m.
Código	15348706

Tabla 11. Características segmento P4_A



Fig. 7 Segmento P4_A en Strava

CV315 39.621 -0.407 D	
Municipio	Náquera
Sentido	Descendente
Longitud	320 m.
Código	15291505

Tabla 12. Características segmento P4_D

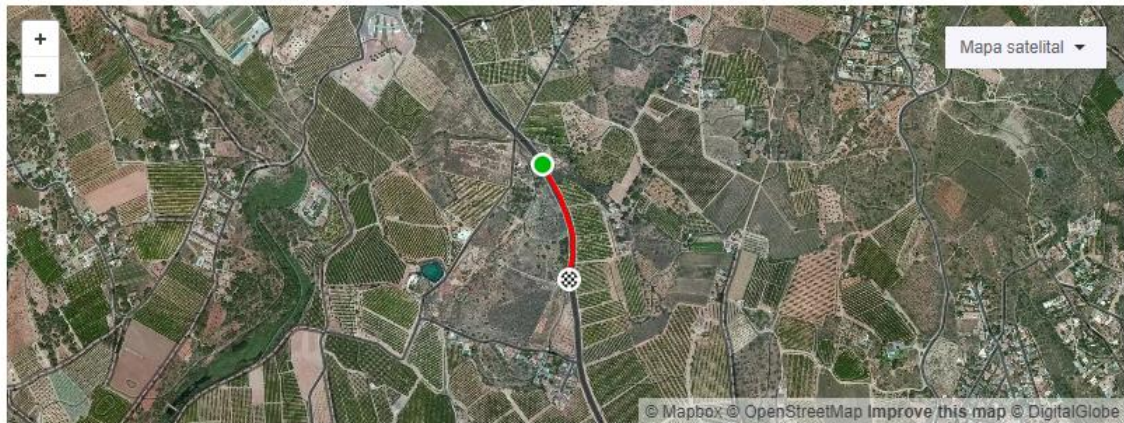


Fig. 8 Segmento P4_D

1.5 PUNTO P5 – SEGMENTOS Repecho Hipica Cruce Hospital / CV331 39.646 -0.473 D. ZONA DE ESTUDIO 1 – BÉTERA

Se muestran las características de la carretera del punto observado.

P5	
Carretera	CV - 25
Ancho carril	< 3,5 m.
Ancho arcén	0
Pendiente	< 3%
Velocidad máxima	50 Km/h.
IMD	573
Porcentaje de pesados	-

Tabla 13. Características carretera P5

Se muestran los segmentos creados en Strava para el punto P5

Repecho Hipica Cruce Hospital	
Municipio	Bétera
Sentido	Ascendente
Longitud	880 m.
Código	13051363

Tabla 14. Características segmento P5_A

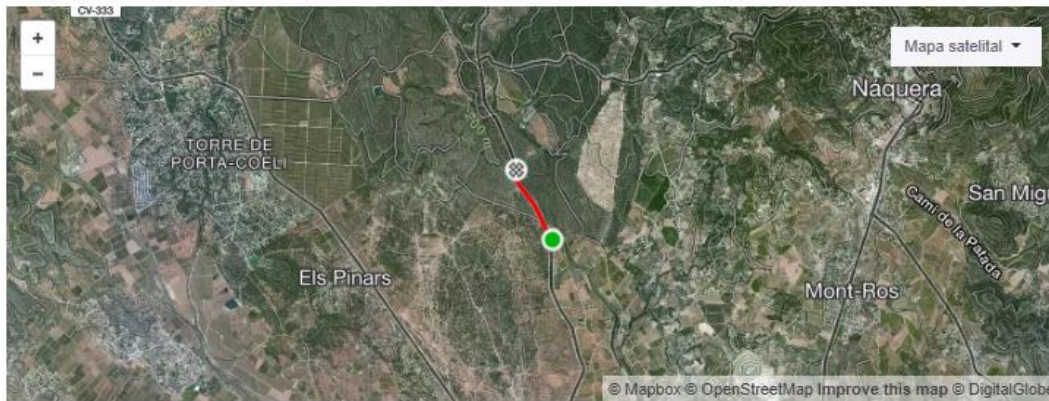


Fig. 9 Segmento P5_A

CV331 39.646 -0.473 D	
Municipio	Bétera
Sentido	Descendente
Longitud	750 m.
Código	13051363

Tabla 15. Características segmento P5_D

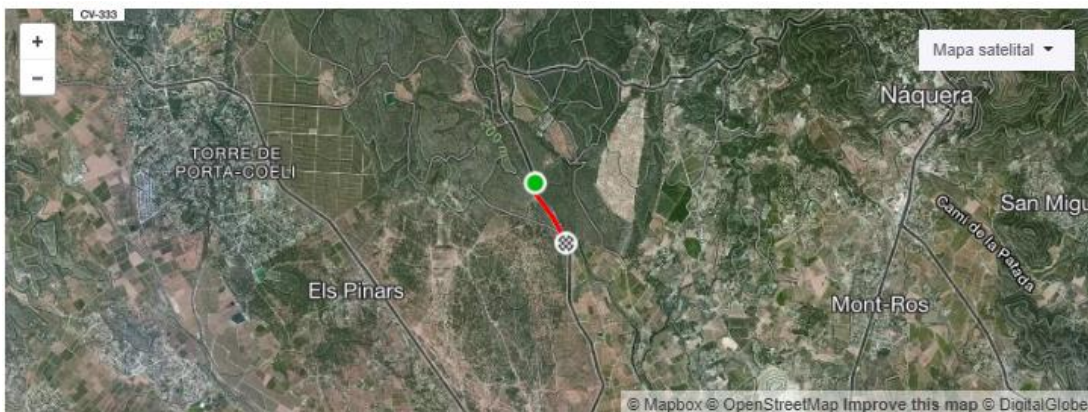


Fig. 10 Segmento P5_D

1.6 GLORIETA G9 – SEGMENTOS CV333 39.642 -0.497 A / CV333 39.642 -0.497 D. ZONA DE ESTUDIO 1 – BÉTERA

Para estudiar la demanda de ciclistas en glorietas, se han creado segmentos en los ramales de entrada y salida de ésta, de igual forma que se ha hecho con los puntos de observación. A través de segmentos unidireccionales en el sentido del tráfico. Para su nomenclatura se ha utilizado la letra E si es un ramal que entra en la rotonda y S si es un ramal que sale de esta, acompañado de un número que enumera los pares de ramales, siendo el 1 aquel situado en el Norte y creciendo en el sentido contrario a las agujas del reloj.



Fig. 11 Rotonda G9

A continuación se muestran los segmentos pertenecientes a los ramales de la rotonda G9 en el que confluyen las carreteras CV-333 y la CV-25 y se encuentra en el municipio de Olocau.

Se muestran las características de la carretera CV-25 de los tramos E1 y S1.

CV-25 tramos E1 y S1	
Carretera	CV - 25
Ancho carril	< 3,5 m.
Ancho arcén	1,3
Pendiente	< 3%
Velocidad máxima	50 Km/h.
IMD	1782
Porcentaje de pesados	-

Tabla 16. Características carretera del punto G9_E1

- TRAMO E1 DECRECIENTE – G9_E1 Olocau

Se muestra el segmento creado en Strava para el tramo E1 perteneciente a la carretera CV-25.

G9_E1 Olocau	
Municipio	Olocau
Sentido	Descendente
Longitud	320 m.
Código	15291398

Tabla 17. Características segmento G9_E1

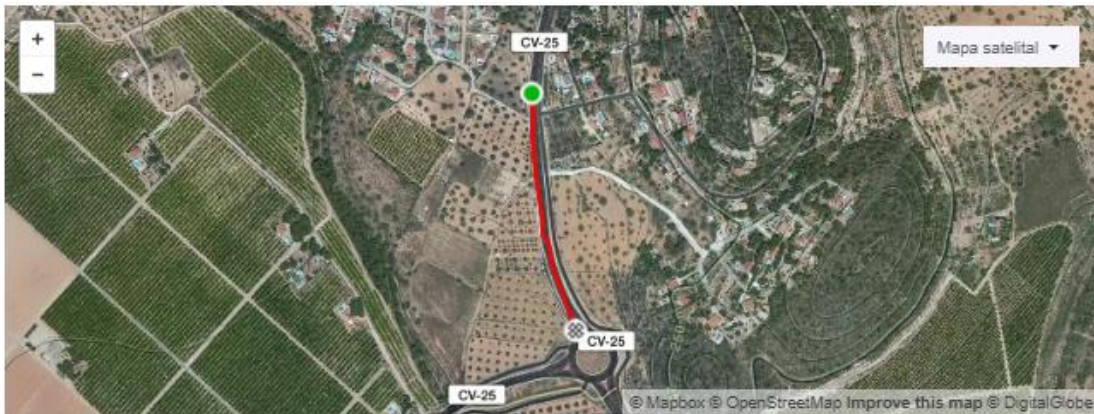


Fig. 12 Segmento G9_E1

- TRAMO S1 CRECIENTE – G9_S1 Olocau

Se muestra el segmento creado en Strava para el tramo S1 perteneciente a la carretera CV-25.

G9_S1 Olocau	
Municipio	Olocau
Sentido	Ascendente
Longitud	380 m.
Código	15291380

Tabla 18. Características segmento G9_S1

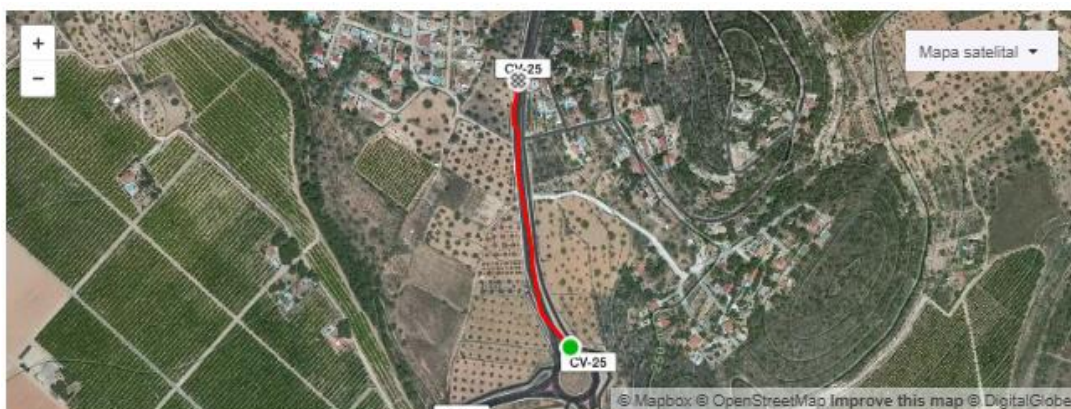


Fig. 13 Segmento G9_S1

Se muestran las características de la carretera CV-25 de los tramos E3 y S3.

CV-25 tramos E3 y S3	
Carretera	CV - 25
Ancho carril	3,5 m.
Ancho arcén	1,4
Pendiente	< 3%
Velocidad máxima	60 Km/h.
IMD	3149
Porcentaje de pesados	2,4%

Tabla 19. Características carretera CV-25 tramos E3 y S3

- TRAMO E3 DECRECIENTE – G9_S1 Olocau

Se muestra el segmento creado en Strava para el tramo E3 perteneciente a la carretera CV-25.

G9_E3 Olocau	
Municipio	Olocau
Sentido	Descendente
Longitud	470 m.
Código	14963968

Tabla 20. Características segmento G9_E3



Fig. 14 Segmento G9_E3

- TRAMO S3 CRECIENTE

Como el tramo S3 y S4 son paralelos y ambos se encuentran en una distancia muy próxima. Se ha podido comprobar que dos segmentos que cumplen ambos requisitos, Strava aproxima la trayectoria de una actividad a los segmentos más cercanos, aproximadamente 10 metros, aunque el ciclista no circule exactamente por él. Por eso, para determinar la demanda ciclista de Strava en este tramo se utilizará el tramo S4.

- TRAMO E4 CRECIENTE

Como ocurre con los tramos S3 y S4, de la misma forma ocurre con el segmento E4 y E3, por lo que se utilizará el segmento E3 para obtener la demanda ciclista de Strava.

- TRAMO S4 DECRECIENTE – G9_S4 Olocau

Se muestra el segmento creado en Strava para el tramo S4 perteneciente a una vía de servicio.

G9_S4 Olocau	
Municipio	Olocau
Sentido	Ascendente
Longitud	520 m.
Código	14963804

Tabla 21. Características segmento G9_S4



Fig. 15 Segmento G9_S4

- TRAMO E6

Debido a la geometría de la rotonda estudiada y de la existencia del carril bici anexo y paralelo a la carretera CV-25, este tramo se ha dividido en dos, uno en cada sentido y se ha denominado camino. Esto es importante tenerlo en cuenta a la hora de aforar para que no haya ciclistas contados varias veces o por el contrario, no tenerlos en cuenta.

- TRAMO E6 CRECIENTE - Ner.CV-25 C1_A

Se muestra el segmento creado en Strava para el tramo E6 correspondiente al carril bici paralelo a la CV-25 en sentido creciente al PK de esta. Al ser paralelo al segmento E1, este creado para el tramo 6 no se utilizará ya que por la poca distancia entre ellos, Strava asimila que los ciclistas completan ambos segmentos y por tanto los datos a la hora de aforar serán repetidos.

Ner.CV-25 C1_A	
Municipio	Olocau
Sentido	Ascendente
Longitud	350 m.
Código	14348707

Tabla 22. Características segmento G9_E6_A



Fig. 16 Segmento G9_E6_A

○ TRAMO E6 DECRECIENTE - Ner.CV-25 C1_D

Se muestra el segmento creado en Strava para el tramo E6 correspondiente al carril bici paralelo a la CV-25 en sentido decreciente al PK de esta. Ocurre lo mismo que con el tramo E6 Creciente, por lo que se tendrá en cuenta solo el segmento S1. Este se utilizará para estudiar más a fondo el funcionamiento de Strava.

Ner.CV-25 C1_D	
Municipio	Olocau
Sentido	Descendente
Longitud	320 m.
Código	14348712

Tabla 23. Características segmento G9_E6_D



Fig. 17 Segmento G9_E6_D

● TRAMO S6

Como ocurre con el tramo E6, pertenece a un carril bici, en este caso paralelo a la CV-333 y se ha seguido el mismo procedimiento, dividirlo en dos tramos; uno en sentido creciente al PK de la carretera y otro en sentido decreciente para realizar correctamente los posteriores aforos.

○ TRAMO E6 CRECIENTE - G9_C2A Olocau

Se muestra el segmento creado en Strava para el tramo S6 correspondiente al carril bici paralelo a la CV-333 en sentido creciente al PK de esta.

G9_C2A Olocau	
Municipio	Olocau
Sentido	Descendente
Longitud	340 m.
Código	15291442

Tabla 24. Características segmento G9_E6_D



Fig. 18 Segmento G9_E6_D

○ TRAMO E6 DECRECIENTE - G9_C2D Olocau

Se muestra el segmento creado en Strava para el tramo S6 correspondiente al carril bici paralelo a la CV-333 en sentido decreciente al PK de esta.

G9_C2D Olocau	
Municipio	Olocau
Sentido	Ascendente
Longitud	400 m.
Código	15291463

Tabla 25. Características segmento G9_E6_A



Fig. 19 Segmento G9_E6_A

1.7 GLORIETA G14. ZONA DE ESTUDIO 1 – BÉTERA

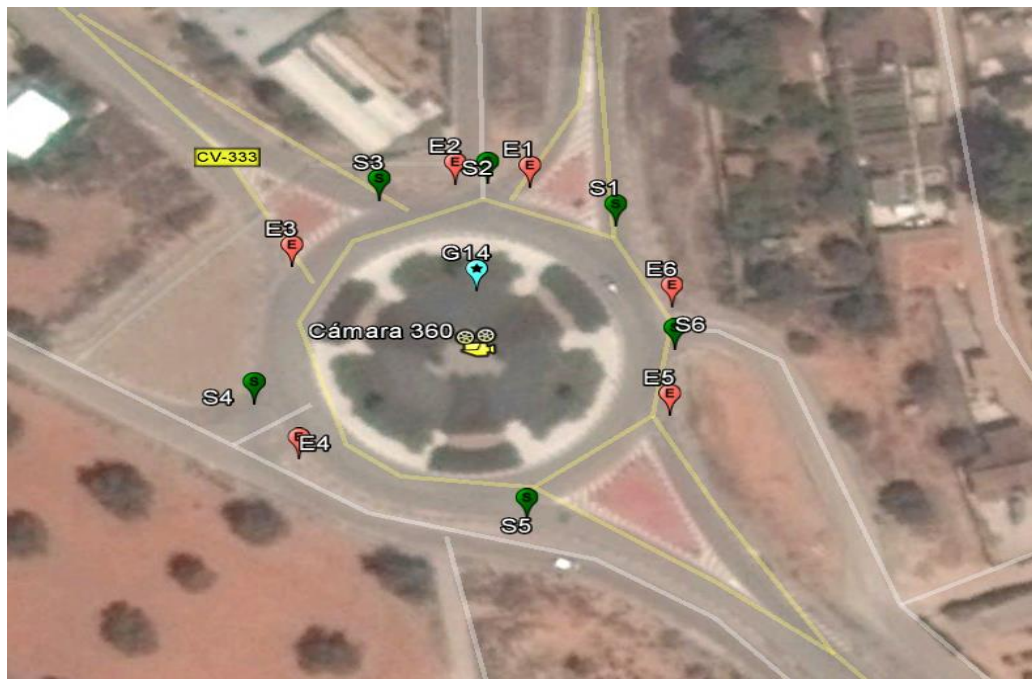


Fig. 20 Rotonda G14

A continuación se muestran los segmentos pertenecientes a los ramales de la rotonda G14 en el que confluye las carreteras CV-333 y CV-331 con diferentes caminos y se encuentra en el municipio de Bétera.

Se muestran las características de la carretera CV-331 de los tramos E1 y S1.

Esta glorieta se ha utilizado para ampliar el conocimiento de cómo funciona Strava, no se ha estudiado su aforo.

CV-331 tramos E1 y S1	
Carretera	CV - 331
Ancho carril	<3,5 m.
Ancho arcén	1
Pendiente	< 3%
Velocidad máxima	60 Km/h.
IMD	3732
Porcentaje de pesados	0,98%

Tabla 26. Características carretera CV-331 de los tramos E1 y S1 de la rotonda G14

- TRAMO E1 DECRECIENTE – G14_E1 Bétera

Se muestra el segmento creado en Strava para el tramo E1 perteneciente a la carretera CV-331.

G14_E1 Bétera	
Municipio	Bétera
Sentido	Descendente
Longitud	460 m.
Código	14981037

Tabla 27. Características segmento G14_E1



Fig. 21 Segmento G14_E1

- TRAMO S1 CRECIENTE – G14_S1 Bétera

Se muestra el segmento creado en Strava para el tramo S1 perteneciente a la carretera CV-331.

G14_S1 Bétera	
Municipio	Bétera
Sentido	Ascendente
Longitud	530 m.
Código	14981018

Tabla 28. Características segmento G14_S1



Fig. 22 Segmento G14_S1

- TRAMO 2

En este tramo no se crea segmento en Strava, ya que al ser paralelo al tramo 1 la aplicación detecta a los ciclistas que pasan por este tramo que ha recorrido el segmento de tramo 1, tanto el E1 o S1 según corresponda.

Se muestran las características de la carretera CV-333 de los tramos E3 y S3.

CV-333 tramos E3 y S3	
Carretera	CV - 333
Ancho carril	3,5 m.
Ancho arcén	1
Pendiente	< 3%
Velocidad máxima	40 Km/h.
IMD	2115
Porcentaje de pesados	-

Tabla 29. Características carretera CV-333 de los tramos E3 y S3 de la rotonda G14

- TRAMO E3 DECRECIENTE – G14_E3 Bétera

Se muestra el segmento creado en Strava para el tramo E3 perteneciente a la carretera CV-333. Ya que los segmentos deben tener una distancia mínima de 300 metros y además, para que tenga en cuenta que un ciclista lo ha completado, el deportista debe pasar por su punto de inicio y de fin. En este caso, desde la salida de la rotonda hasta el punto de fin donde termina el segmento existen varias intersecciones con vías auxiliares. Por lo que aquellos ciclistas que utilicen esas vías, tanto para entrar como para salir del segmento, la aplicación no los registrará. Por lo que estos segmentos del tramo 3 se han creado para hacer pruebas con ellos y conocer más acerca de Strava, pero debido a que existen accesos a estos segmentos y desvirtuar el registro de la aplicación, se desechan para aforar.

G14_E3 Bétera	
Municipio	Bétera
Sentido	Descendente
Longitud	480 m.
Código	14981088

Tabla 30. Características segmento G14_E3



Fig. 23 Segmento G14_E3

- TRAMO S3 CRECIENTE – G14_S3 Bétera

Se muestra el segmento creado en Strava para el tramo S3 perteneciente a la carretera CV-333.

G14_S3 Bétera	
Municipio	Bétera
Sentido	Ascendente
Longitud	430 m.
Código	14981066

Tabla 31. Características segmento G14_S3



Fig. 24 Segmento G14_S3

- TRAMO 4

Como ocurre con el tramo 2, este es paralelo al tramo 5, por lo que Strava recoge los ciclistas de ambas vías en un único segmento.

Se muestran las características de la carretera CV-333 de los tramos E5 y S5.

CV-333 tramos E5 y S5	
Carretera	CV - 333
Ancho carril	3,5 m.
Ancho arcén	0,6
Pendiente	< 3%
Velocidad máxima	70 Km/h.
IMD	3457
Porcentaje de pesados	1,8%

Tabla 32. Características carretera CV-333 de los tramos E5 y S5 de la rotonda G14

- TRAMO S5 DECRECIENTE – Ram.CV-333-Palmiter_D

Se muestra el segmento creado en Strava para el tramo S5 perteneciente a la carretera CV-333.

Ram.CV-333-Palmiter_D	
Municipio	Bétera
Sentido	Descendente
Longitud	300 m.
Código	14268396

Tabla 33. Características segmento G14_S5



Fig. 25 Segmento G14_S5

- TRAMO E5 CRECIENTE – Ram.CV-333-Palmiter_A

Se muestra el segmento creado en Strava para el tramo E5 perteneciente a la carretera CV-333.

Análisis de la demanda ciclista y propuesta de una metodología para su caracterización en carreteras convencionales. Desarrollo de un mapa de tráfico de ciclistas en el entorno de las carreteras CV-333, CV-25, CV-331 y CV-305 (provincia de Valencia).

Ram.CV-333-Palmiter_A	
Municipio	Bétera
Sentido	Ascendente
Longitud	340 m.
Código	14256456

Tabla 34. Características segmento G14_E5



Fig. 26 Segmento G14_E5

1.8 GLORIETA G15. ZONA DE ESTUDIO 1 – NÁQUERA

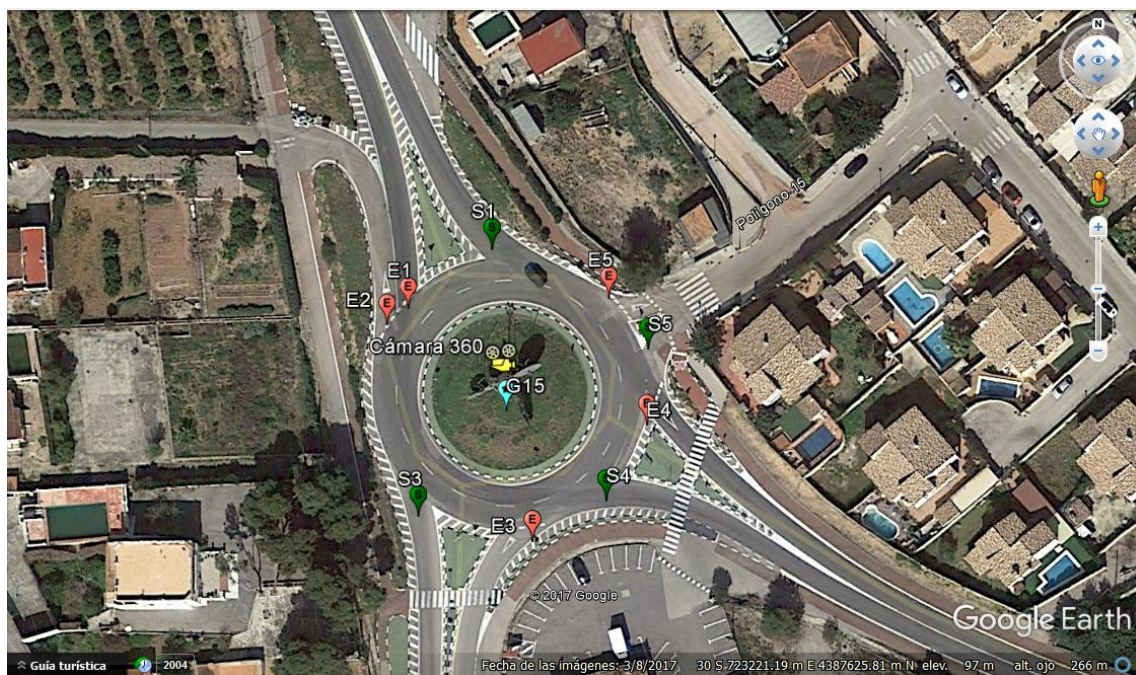


Fig. 27 Glorieta G15

A continuación se muestran los segmentos pertenecientes a los ramales de la rotonda G15 en el que confluye las carreteras CV-315 y CV-305 y se encuentra en el municipio de Náquera.

Se muestran las características de la carretera CV-315 de los tramos E1 y S1.

CV-315 tramos E1 y S1	
Carretera	CV - 315
Ancho carril	<3,5 m.
Ancho arcén	-
Pendiente	< 3%
Velocidad máxima	40 Km/h.
IMD	7555
Porcentaje de pesados	1,47%

Tabla 35. Características carretera CV-315 de los tramos E1 y S1 de la rotonda G15

- TRAMO E1 DECRECIENTE – Gus.CV-315 E1_D

Se muestra el segmento creado en Strava para el tramo E1 perteneciente a la carretera CV-315. Hay un carril bici paralelo a la carretera, que para su aforo se asimila que es el mismo tramo.

Gus.CV-315 E1_D	
Municipio	Náquera
Sentido	Descendente
Longitud	460 m.
Código	14348564

Tabla 36. Características segmento G15_E1

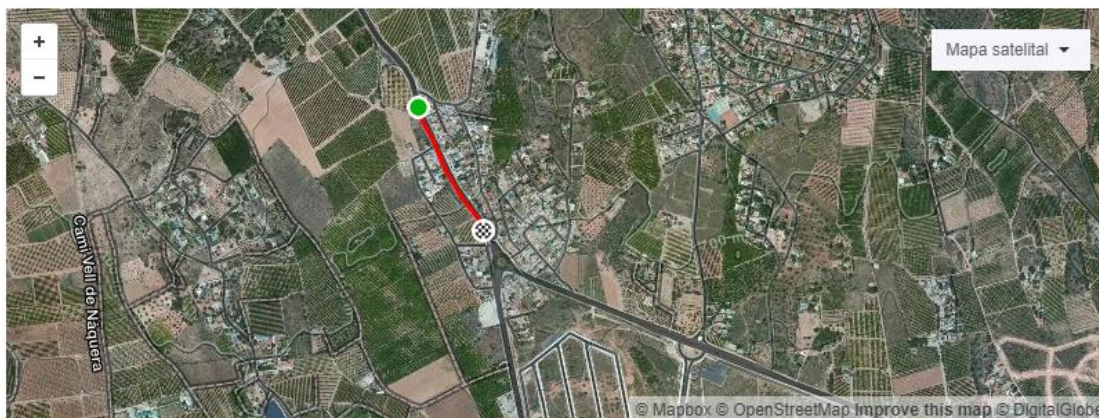


Fig. 28 Segmento G15_E1

- TRAMO S1 CRECIENTE – Gus.CV-315 S1_A

Se muestra el segmento creado en Strava para el tramo S1 perteneciente a la carretera CV-315. Hay un carril bici paralelo a la carretera, que para su aforo se asimila que es el mismo tramo.

Gus.CV-315 S1_A	
Municipio	Náquera
Sentido	Ascendente
Longitud	320 m.
Código	14348559

Tabla 37. Características segmento G15_S1



Fig. 29 Segmento G15_S1

- TRAMO E2

En este ramal no se ha podido crear ningún segmento por la configuración de la vía y el motivo de que el segmento en Strava debe ser superior a 300 m lo que hace imposible su utilidad para aforar ya que al existir una intersección que coincidiría a medias, Strava no los recogería. Esto se observa en la Fig. 30



Fig. 30 Detalle tramo G15_E2

Por lo que se descarta para su aforo.

Se muestran las características de la carretera CV-315 de los tramos E3 y S3.

CV-315 tramos E3 y S3	
Carretera	CV - 315
Ancho carril	3,5 m.
Ancho arcén	-
Pendiente	< 3%
Velocidad máxima	60 Km/h.
IMD	5746
Porcentaje de pesados	4,8%

Tabla 38. Características carretera CV-315 de los tramos E1 y S1 de la rotonda G15

- TRAMO E3 CRECIENTE – G15_E3 Bétera

Se muestra el segmento creado en Strava para el tramo E1 perteneciente a la carretera CV-315. Hay un carril bici paralelo a la carretera, que para su aforo se asimila que es el mismo tramo.

G15_E3 Bétera	
Municipio	Náquera
Sentido	Ascendente
Longitud	320 m.
Código	14981124

Tabla 39. Características segmento G15_E3

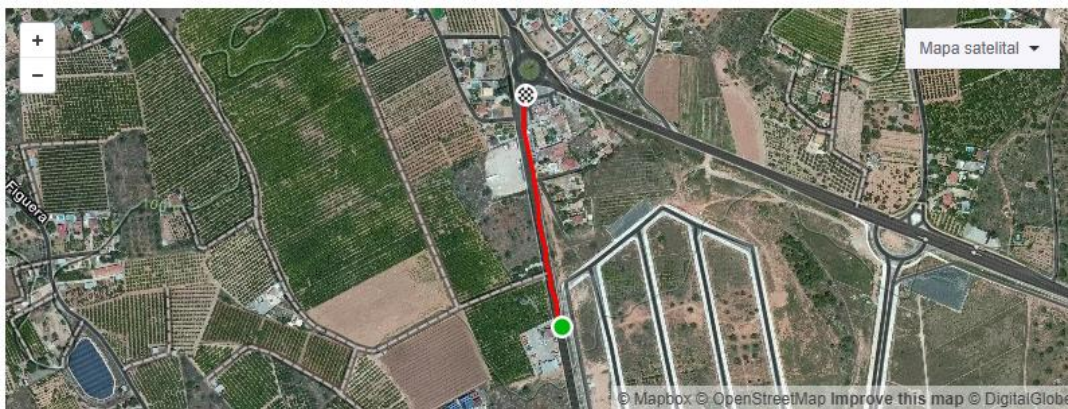


Fig. 31 Segmento G15_E3

- TRAMO S3 DECRECIENTE – Gus.CV-315 S3_D

Se muestra el segmento creado en Strava para el tramo S3 perteneciente a la carretera CV-315. Hay un carril bici paralelo a la carretera, que para su aforo se asimila que es el mismo tramo.

Gus.CV-315 S3_D	
Municipio	Náquera
Sentido	Descendente
Longitud	370 m.
Código	14348494

Tabla 40. Características segmento G15_S3



Fig. 32 Segmento G15_S3

Se muestran las características de la carretera CV-305 de los tramos E4 y S4.

CV-305 tramos E4 y S4	
Carretera	CV - 305
Ancho carril	<3,5 m.
Ancho arcén	-
Pendiente	< 3%
Velocidad máxima	50 Km/h.
IMD	9014
Porcentaje de pesados	5,24%

Tabla 41. Características carretera CV-305 de los tramos E4 y S4 de la rotonda G15

- TRAMO E4 CRECIENTE – Gus.CV-305 E4_A

Se muestra el segmento creado en Strava para el tramo E4 perteneciente a la carretera CV-305. Hay un carril bici paralelo a la carretera, que para su aforo se asimila que es el mismo tramo.

Gus.CV-305 E4_A	
Municipio	Náquera
Sentido	Ascendente
Longitud	350 m.
Código	14348468

Tabla 42. Características segmento G15_E4

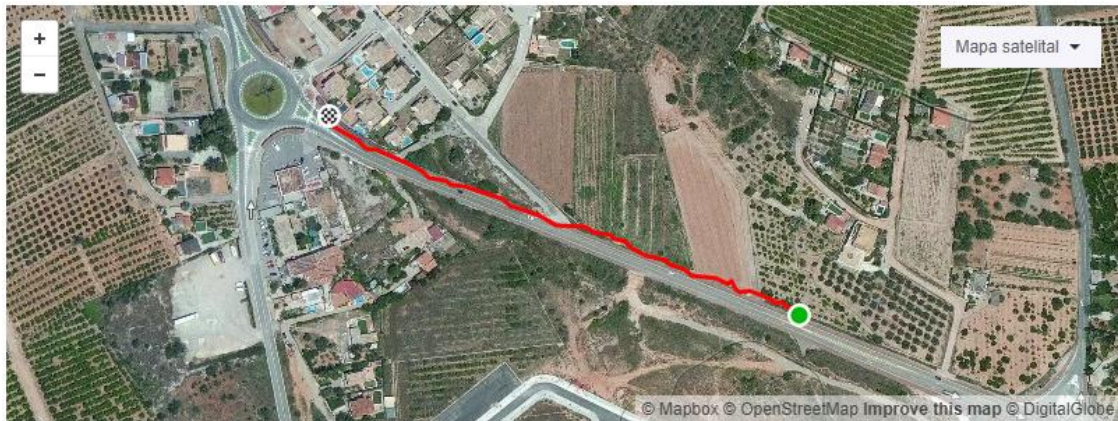


Fig. 33 Segmento G15_E4

- TRAMO S4 DECRECIENTE – Gus. CV-305 S4_D

Se muestra el segmento creado en Strava para el tramo S4 perteneciente a la carretera CV-305. Hay un carril bici paralelo a la carretera, que para su aforo se asimila que es el mismo tramo.

Gus. CV-305 S4_D	
Municipio	Náquera
Sentido	Descendente
Longitud	350 m.
Código	14348468

Tabla 43. Características segmento G15_S4



Fig. 34 Segmento G15_S4

- TRAMO 5

Como ocurre con el tramo 2, por la configuración de la vía al existir intersecciones como se observa en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se descarta para su aforo.



Fig. 35 Detalle tramo G14_5

1.9 INTERSECCIÓN I22. ZONA DE ESTUDIO 1 – BÉTERA



A continuación se muestran los segmentos pertenecientes a tramos que intersectan pertenecientes a la CV-310 y CV-333.

Se muestran las características de la carretera CV-310 al que pertenece el tramo E1 y S1

CV-310 tramos E1 y S1	
Carretera	CV - 310
Ancho carril	3,5 m.
Ancho arcén	< 1 m.
Pendiente	< 3%
Velocidad máxima	70 Km/h.
IMD	5099
Porcentaje de pesados	1,44%

Tabla 44. Características carretera CV-310 de los tramos E1 y S1 de la intersección I22

- TRAMO S1 CRECIENTE – Est. CV-310_A

Se muestra el segmento creado en Strava para el tramo S1 perteneciente a la carretera CV-310.

Est. CV-310_A	
Municipio	Bétera
Sentido	Ascendente
Longitud	430 m.
Código	14268421

Tabla 45. Características segmento I22_S1



Fig. 36 Segmento I22_S1

- TRAMO E1 DECRECIENTE – Est. CV-310_D

Se muestra el segmento creado en Strava para el tramo E1 perteneciente a la carretera CV-310.

Est. CV-310_D	
Municipio	Bétera
Sentido	Descendente
Longitud	420 m.
Código	14256081

Tabla 46. Características segmento I22_E1

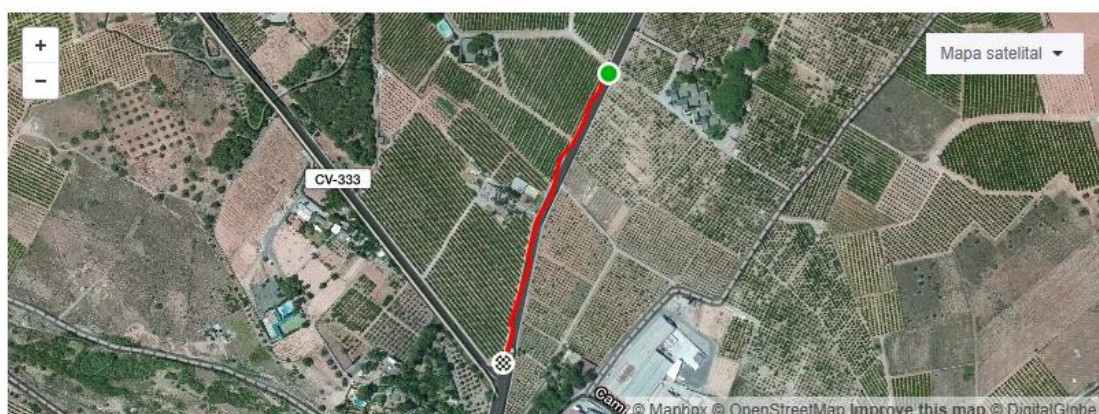


Fig. 37 Segmento I22_E3

Se muestran las características de la carretera CV-33 al que pertenecen los tramos S2 y E2.

Cv-333 tramos S2 y E2	
Carretera	CV - 333
Ancho carril	3,5 m.
Ancho arcén	1 m.
Pendiente	< 3%
Velocidad máxima	90 Km/h.
IMD	3457
Porcentaje de pesados	1,80%

Tabla 47. Características carretera CV-333 de los tramos S2 y E2 de la intersección I22

- TRAMO S2 CRECIENTE – Est. CV-333_A

Se muestra el segmento creado en Strava para el tramo S2 perteneciente a la carretera CV-333.

Est. CV-333_A	
Municipio	Bétera
Sentido	Ascendente
Longitud	340 m.
Código	14256127

Tabla 48. Características segmento I22_S2



Fig. 38 Segmento I22_S2

- TRAMO E2 DECRECIENTE – Est. CV-333_D

Se muestra el segmento creado en Strava para el tramo E2 perteneciente a la carretera CV-333.

Est. CV-333_D	
Municipio	Bétera
Sentido	Descendente
Longitud	350 m.
Código	14256150

Tabla 49. Características segmento I22_E2



Fig. 39 Segmento I22_E2

- TRAMO 3

Debido a la configuración de la carretera que existen caminos de acceso a la CV-333, como ha ocurrido anteriormente en otros segmentos, imposibilita este tramo para su aforo. Esto se puede observar en la Fig. 40.



Fig. 40 Segmento I22_tramo 3

1.10 INTERSECCIÓN IA2f. ZONA DE ESTUDIO 1 – BÉTERA

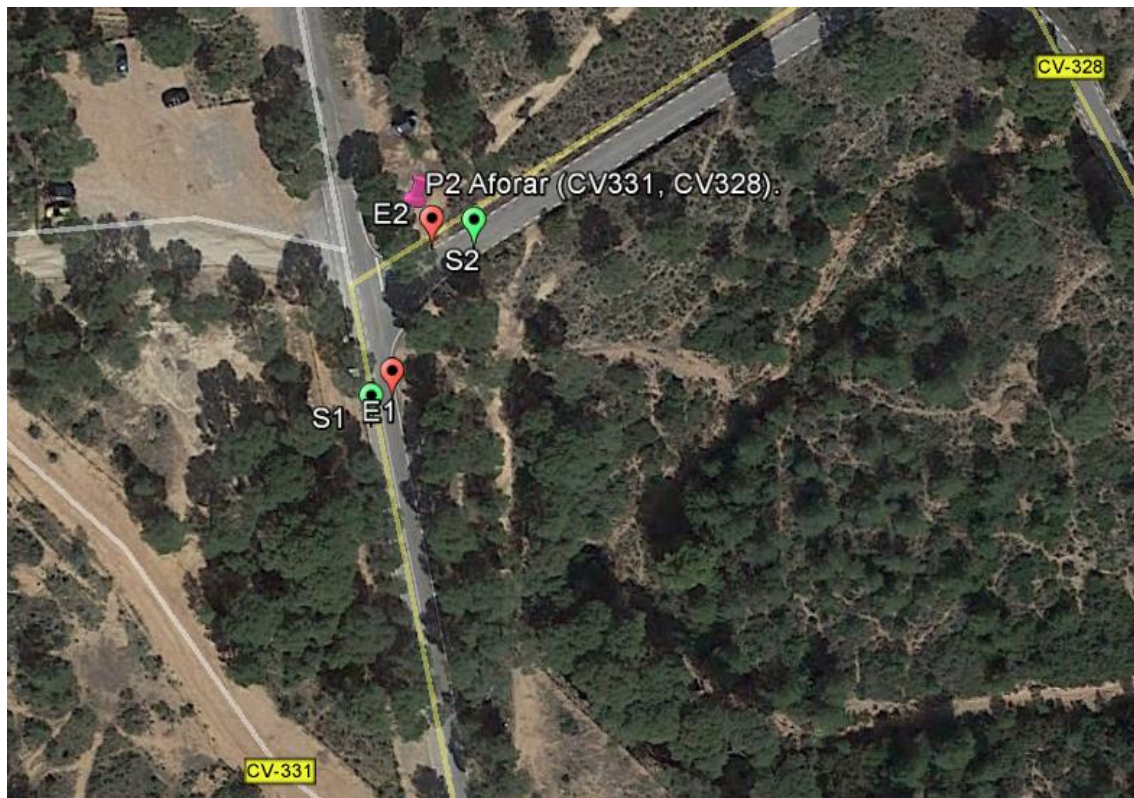


Fig. 41 Intersección IA2f

A continuación se muestran los segmentos pertenecientes a tramos que intersectan pertenecientes a la CV-331 y CV-328 en el municipio de Serra.

Se muestran las características de la carretera CV-331 al que pertenece el tramo E1 y S1

CV-331 tramos E1 y S1	
Carretera	CV - 331
Ancho carril	<3,5 m.
Ancho arcén	< 1 m.
Pendiente	< 3%
Velocidad máxima	30 Km/h.
IMD	247
Porcentaje de pesados	0,81%

Tabla 50. Características carretera CV-331 de los tramos S1 y E1 de la intersección IA2f

- TRAMO E1 CRECIENTE – P2AforarE1

Se muestra el segmento creado en Strava para el tramo E1 perteneciente a la carretera CV-331.

P2AforarE1	
Municipio	Serra
Sentido	Ascendente
Longitud	480 m.
Código	15291603

Tabla 51. Características segmento IA2f_E1

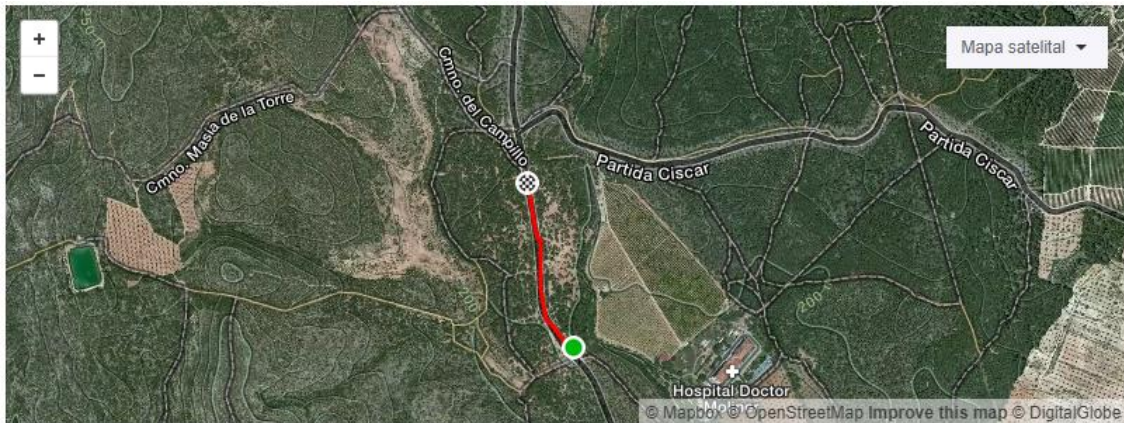


Fig. 42 Segmento IA2f_E1

- TRAMO S1 DECRECIENTE – P2AforarS1

Se muestra el segmento creado en Strava para el tramo S1 perteneciente a la carretera CV-331.

P2AforarS1	
Municipio	Serra
Sentido	Descendente
Longitud	450 m.
Código	15291577

Tabla 52. Características segmento IA2f_S1

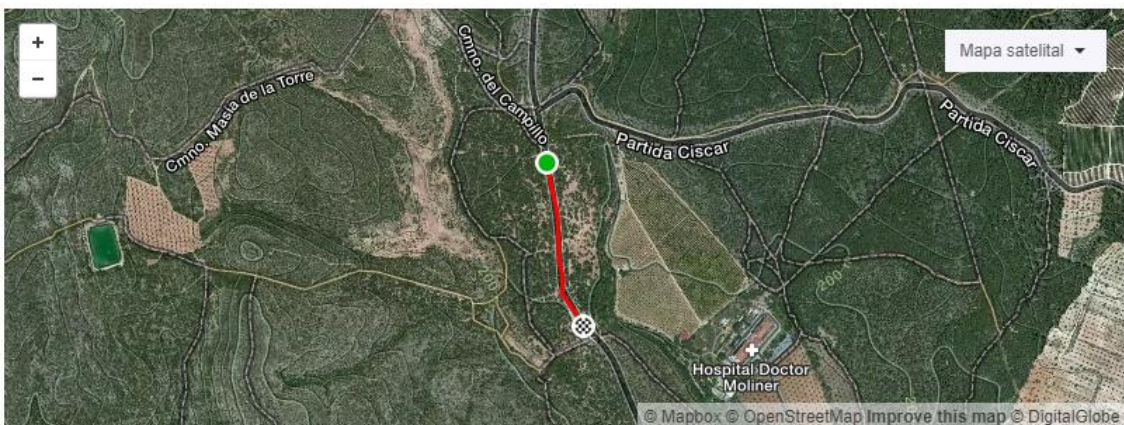


Fig. 43 Segmento IA2f_S1

Se muestran las características de la carretera CV-328 al que pertenece el tramo E2 y S2

CV-328 tramos E2 y S2	
Carretera	CV - 328
Ancho carril	<3,5 m.
Ancho arcén	< 1 m.
Pendiente	< 3%
Velocidad máxima	30 Km/h.
IMD	397
Porcentaje de pesados	0,76%

Tabla 53. Características carretera CV-328 de los tramos S2 y E2 de la intersección IA2f

- TRAMO E2 DECRECIENTE – P2AforarE2

Se muestra el segmento creado en Strava para el tramo E2 perteneciente a la carretera CV-328.

P2AforarE2	
Municipio	Serra
Sentido	Descendente
Longitud	420 m.
Código	15291547

Tabla 54. Características segmento IA2f_E2

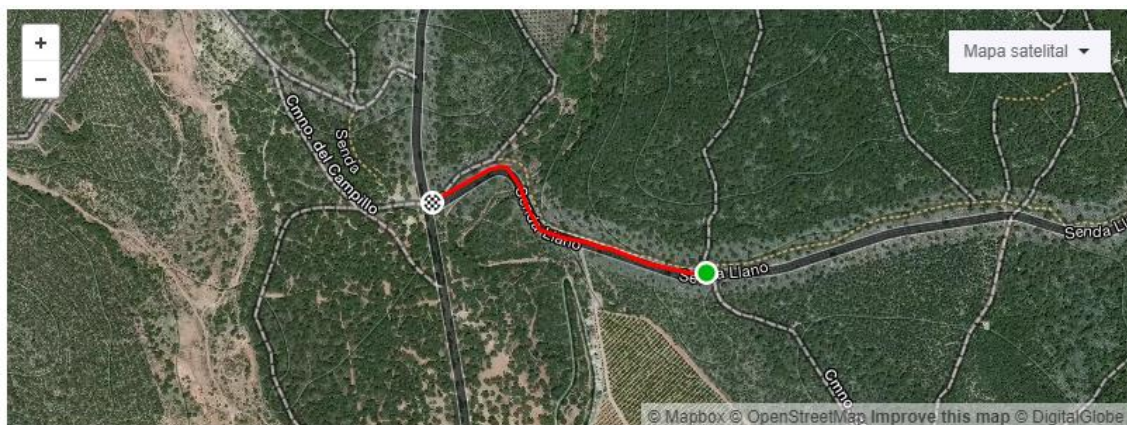


Fig. 44 Segmento IA2f_E2

- TRAMO S2 CRECIENTE – P2AforarS2

Se muestra el segmento creado en Strava para el tramo S2 perteneciente a la carretera CV-328.

P2AforarS2	
Municipio	Serra
Sentido	Ascendente
Longitud	420 m.
Código	15291535

Tabla 55. Características segmento IA2f_S2

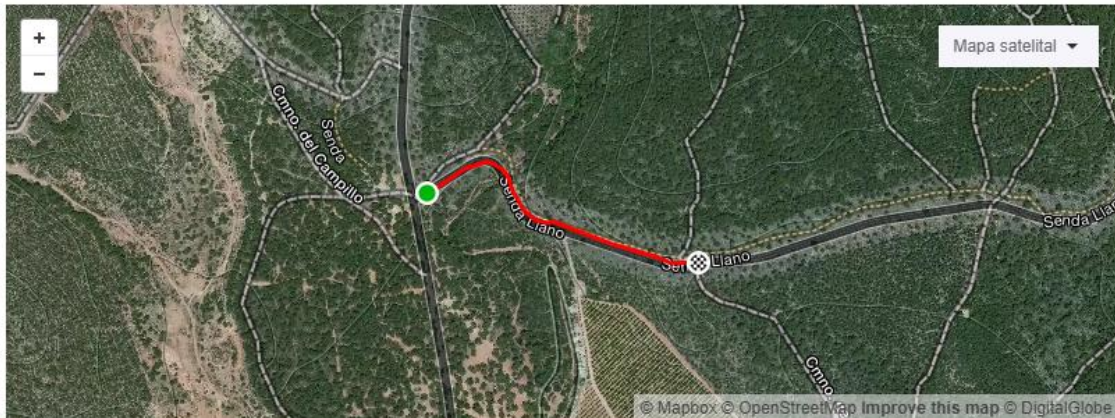


Fig. 45 Segmento IA2f_S2

2. ZONA 2: EL SALER

2.1 GLORIETA G21. ZONA DE ESTUDIO 2 – EL SALER



Fig. 46 Glorieta G21

A continuación se muestran los segmentos pertenecientes a los ramales de la rotonda G21 en la que confluye las carreteras CV-500 y CV-401 y se encuentra en el municipio de Valencia en la zona del Saler.

Se muestran las características de la carretera CV-500.

CV-500	
Carretera	CV - 500
Ancho carril	3,5 m.
Ancho arcén	< 1 m.
Pendiente	< 3%
Velocidad máxima	60 Km/h.
IMD	15.326
Porcentaje de pesados	1%

Tabla 56. Características carretera CV-500

- TRAMO E1 DECRECIENTE – G21_E1 Saler

Se muestra el segmento creado en Strava para el tramo E1 perteneciente a la CV-500.

G21_E1 Saler	
Municipio	Valencia
Sentido	Descendente
Longitud	350 m.
Código	14903995

Tabla 57. Características segmento G21_E1

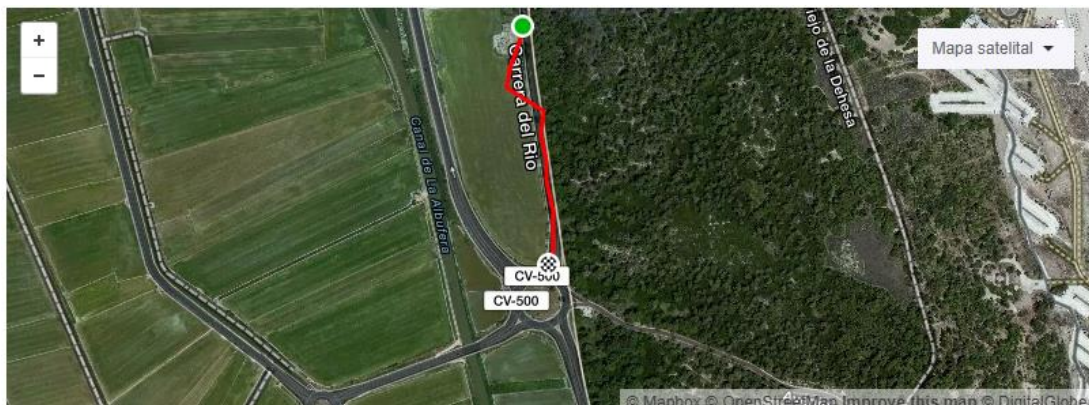


Fig. 47 Segmento G21_E1

- TRAMO S1 CRECIENTE – G21_S1 Saler

Se muestra el segmento creado en Strava para el tramo S1 perteneciente a la CV-500.

G21_S1 Saler	
Municipio	Valencia
Sentido	Ascendente
Longitud	430 m.
Código	14918129

Tabla 58. Características segmento G21_S1

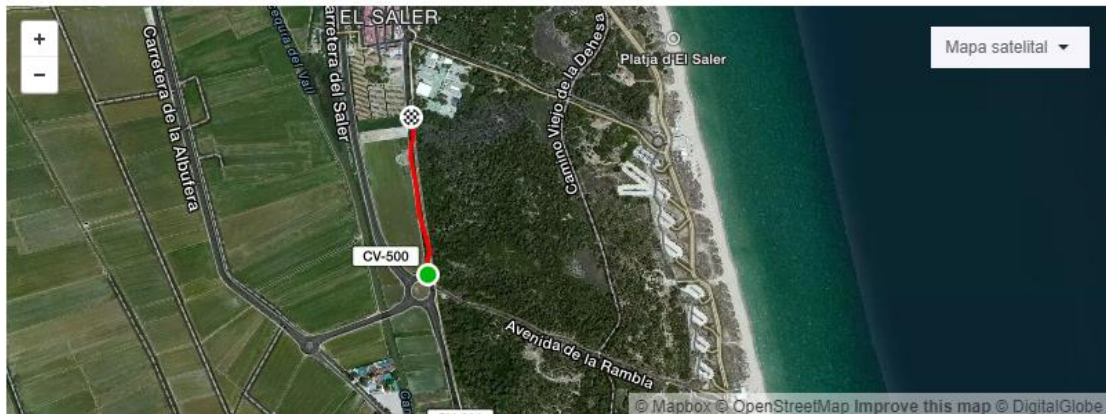


Fig. 48 Segmento G21_S1

- TRAMO 2

No se ha creado ningún segmento en este tramo de la carretera CV-500, debido al bajo volumen de ciclistas, prácticamente nulo y por tanto no sirve para aforar. Esto es debido a que en el tramo 1 se encuentra un carril bici muy extenso por el que circulan la gran mayoría de los ciclistas puesto que ambos tramos se encuentran paralelos y esta vía auxiliar confía mayor seguridad a los ciclistas.

- TRAMO 3

En este segmento de la carretera CV-401 ocurre lo mismo que con el tramo 2, por lo que se descarta para su aforo.

- TRAMO E4 CRECIENTE – G21_E4 Saler

Se muestra el segmento creado en Strava para el tramo E4 perteneciente a la CV-500.

G21_E4 Saler	
Municipio	Valencia
Sentido	Ascendente
Longitud	590 m.
Código	14904009

Tabla 59. Características segmento G21_E4

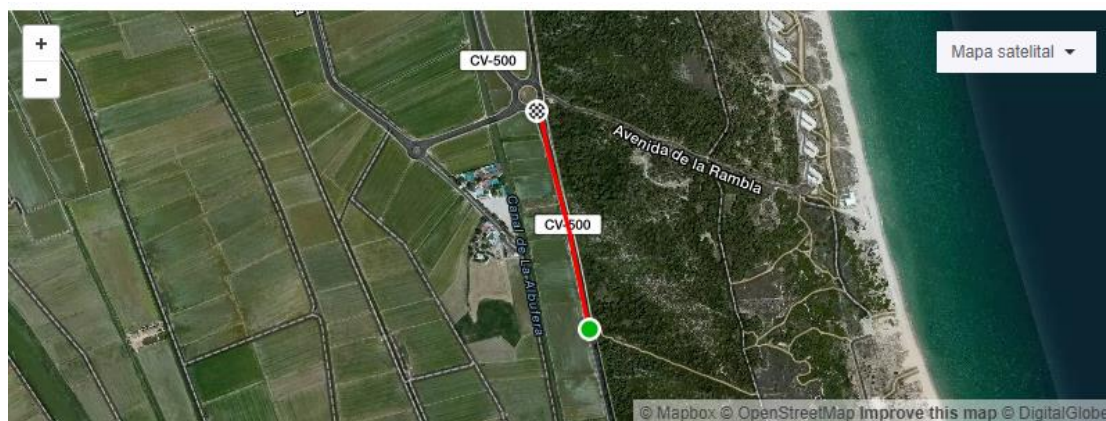


Fig. 49 Segmento G21_E4

- TRAMO S4 CRECIENTE – G21_S4 Saler

Se muestra el segmento creado en Strava para el tramo S4 perteneciente a la CV-500.

G21_S4 Saler	
Municipio	Valencia
Sentido	Descendiente
Longitud	400 m.
Código	14904000

Tabla 60. Características segmento G21_S4

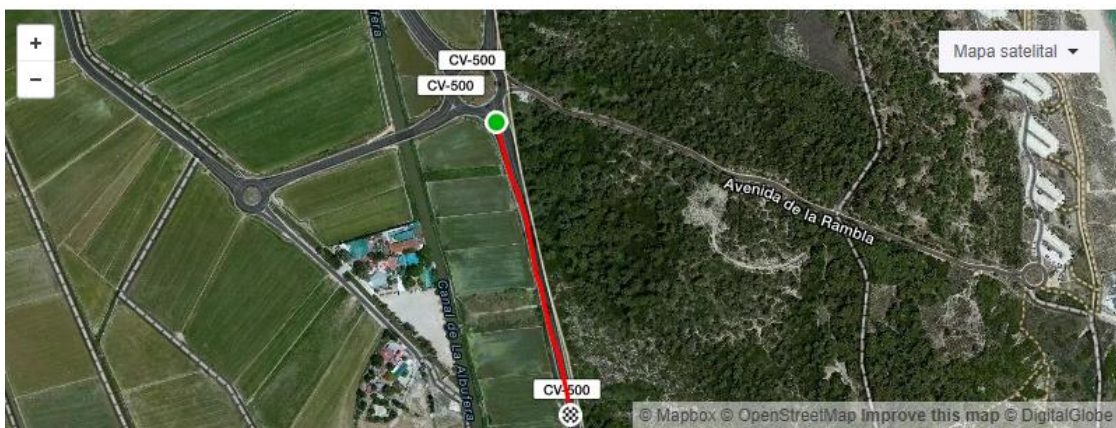


Fig. 50 Segmento G21_S4

- TRAMO E5 – G21_E5 Saler

Se muestra el segmento creado en Strava para el tramo E5 perteneciente a una vía que enlaza con la rotonda.

G21_E5 Saler	
Municipio	Valencia
Sentido	-
Longitud	310 m.
Código	14904024

Tabla 61. Características segmento G21_E5

Análisis de la demanda ciclista y propuesta de una metodología para su caracterización en carreteras convencionales. Desarrollo de un mapa de tráfico de ciclistas en el entorno de las carreteras CV-333, CV-25, CV-331 y CV-305 (provincia de Valencia).



Fig. 51 Segmento G21_E5

- TRAMO S5 – G21_S5 Saler

Se muestra el segmento creado en Strava para el tramo S5 perteneciente a una vía que enlaza con la rotonda.

G21_S5 Saler	
Municipio	Valencia
Sentido	-
Longitud	350 m.
Código	14904016

Tabla 62. Características segmento G21_S5



Fig. 52 Segmento G21_S5

2.2 GLORIETA G24. ZONA DE ESTUDIO 2 – SUECA

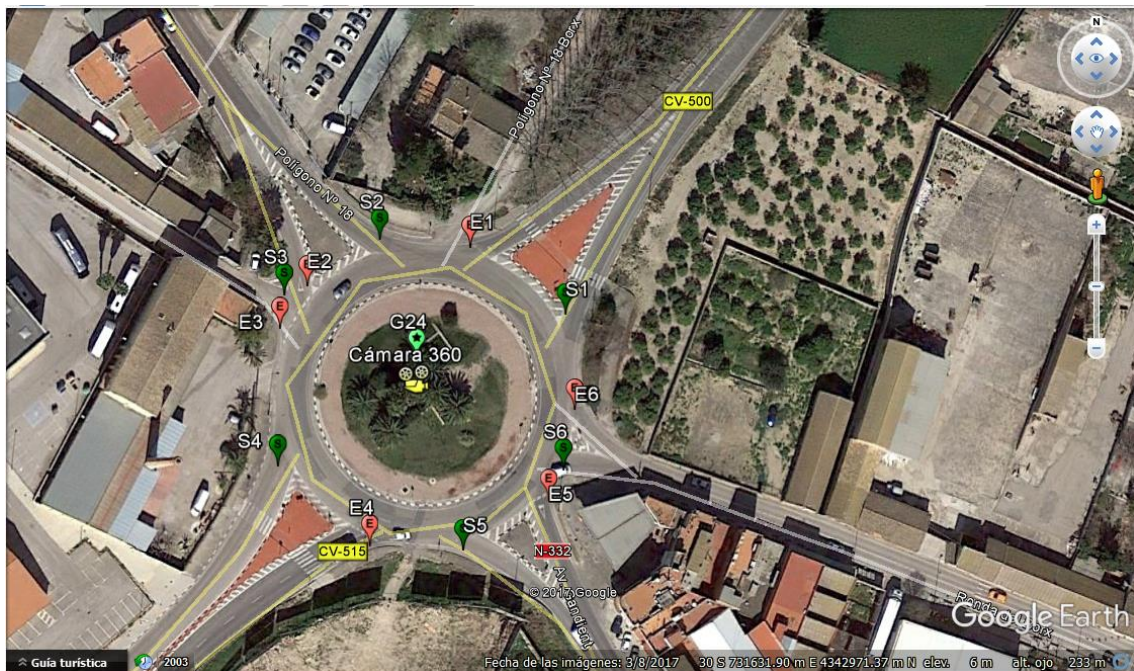


Fig. 53 Glorieta G24

A continuación se muestran los segmentos pertenecientes a los ramales de la rotonda G24 en la que confluye las carreteras CV-500, CV-515 Y N-332 y se encuentra en el municipio de Sueca. En este caso solo se han creado segmentos para los tramos 1 y 2 ya que en los otros, debido a su proximidad al núcleo urbano, existen múltiples caminos alternativos a la creación de un segmento de 300 m y por tanto Strava no los podría registrar. Por lo que esos tramos se descartan para su aforo.

Se muestran las características de la carretera CV-500.

CV-500	
Carretera	CV - 500
Ancho carril	3,5 m.
Ancho arcén	1,5 m.
Pendiente	< 3%
Velocidad máxima	60 Km/h.
IMD	8.574
Porcentaje de pesados	-

Tabla 63. Características carretera CV-500

- TRAMO E1 CRECIENTE – G24_E1(Sueca)Buena

Se muestra el segmento creado en Strava para el tramo E1 perteneciente a la CV-500.

G24_E1(Sueca)Buena	
Municipio	Sueca
Sentido	Ascendente
Longitud	320 m.
Código	15006837

Tabla 64. Características segmento G24_E1



Fig. 54 Segmento G24_E1

- TRAMO S1 DECRECIENTE – G24_S1(Sueca)

Se muestra el segmento creado en Strava para el tramo S1 perteneciente a la CV-500.

G24_S1(Sueca)	
Municipio	Sueca
Sentido	Descendente
Longitud	310 m.
Código	14790234

Tabla 65. Características segmento G24_S1



Fig. 55 Segmento G24_S1

- TRAMO E2 DECRECIENTE – G24_E2(Sueca)

Se muestra el segmento creado en Strava para el tramo E2 perteneciente a la N-332.

G24_E2(Sueca)	
Municipio	Sueca
Sentido	Descendente
Longitud	350 m.
Código	14918117

Tabla 66. Características segmento G24_E2



Fig. 56 Segmento G24_E2

- TRAMO S2 CRECIENTE – G24_S2(Sueca)

Se muestra el segmento creado en Strava para el tramo S2 perteneciente a la N-332.

G24_S2(Sueca)	
Municipio	Sueca
Sentido	Ascendente
Longitud	530 m.
Código	14918112

Tabla 67. Características segmento G24_S2



Fig. 57 Segmento G24_S2

2.3 GLORIETA G26. ZONA DE ESTUDIO 2 – SUECA



Fig. 58 Glorieta G26

A continuación se muestran los segmentos pertenecientes a los ramales de la rotonda G26 en la que confluye las carreteras CV-500 y CV-502 y se encuentra en el municipio de Sueca.

Se muestran las características de la carretera CV-500.

CV-500	
Carretera	CV - 500
Ancho carril	< 3,5 m.
Ancho arcén	2 m.
Pendiente	< 3%
Velocidad máxima	50 Km/h.
IMD	7.149
Porcentaje de pesados	2,5%

Tabla 68. Características carretera CV-500

- TRAMO E1 CRECIENTE – G26_E1 Barco

Se muestra el segmento creado en Strava para el tramo E1 perteneciente a la CV-500.

G26_E1 Barco	
Municipio	Sueca
Sentido	Ascendente
Longitud	320 m.
Código	14904095

Tabla 69. Características segmento G26_E1



Fig. 59 Segmento G26_E1

- TRAMO S1 DECRECIENTE – G26_S1 Barco

Se muestra el segmento creado en Strava para el tramo S1 perteneciente a la CV-500.

G26_S1 Barco	
Municipio	Sueca
Sentido	Descendente
Longitud	450 m.
Código	14904086

Tabla 70. Características segmento G26_S1

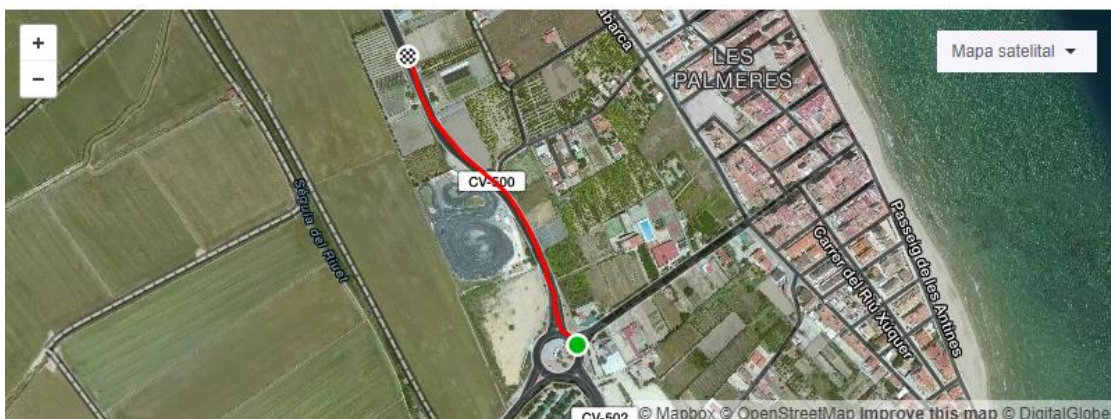


Fig. 60 Segmento G26_S1

- TRAMO 2

En este caso, no se puede crear un segmento ya que es el acceso a un descampado que se utiliza como aparcamiento, es decir, no es ninguna vía y además los ciclistas no circulan por ahí.

- TRAMO E3 DECRECIENTE – G26_E3 Barco

Se muestra el segmento creado en Strava para el tramo E3 perteneciente a la CV-500.

G26_E3 Barco	
Municipio	Sueca
Sentido	Descendente
Longitud	410 m.
Código	14790308

Tabla 71. Características segmento G26_E3



Fig. 61 Segmento G26_E3

- TRAMO S3 CRECIENTE – G26_S3 Barco

Se muestra el segmento creado en Strava para el tramo S3 perteneciente a la CV-500.

G26_S3 Barco	
Municipio	Sueca
Sentido	Ascendente
Longitud	500 m.
Código	14790321

Tabla 72. Características segmento G26_S3



Fig. 62 Segmento G26_S3

- TRAMO E4 DECRECIENTE – G26_E4 Barco

Se muestra el segmento creado en Strava para el tramo E4 perteneciente a la CV-502.

G26_E4 Barco	
Municipio	Sueca
Sentido	Descendente
Longitud	350 m.
Código	14904055

Tabla 73. Características segmento G26_E4



Fig. 63 Segmento G26_E4

- TRAMO S4 CRECIENTE – G26_S4 Barco

Se muestra el segmento creado en Strava para el tramo S4 perteneciente a la CV-502.

G26_S4 Barco	
Municipio	Sueca
Sentido	Ascendente
Longitud	320 m.
Código	14904046

Tabla 74. Características segmento G26_S4



Fig. 64 Segmento G26_S4

- TRAMO E5 – G26_E5 Barco

Se muestra el segmento creado en Strava para el tramo E5 perteneciente a una vía de acceso.

G26_E5 Barco	
Municipio	Sueca
Sentido	-
Longitud	310 m.
Código	14790330

Tabla 75. Características segmento G26_E5



Fig. 65 Segmento G26_E5

- TRAMO S5 – G26_S5 Barco

Se muestra el segmento creado en Strava para el tramo S5 perteneciente a una vía de acceso.

G26_S5 Barco	
Municipio	Sueca
Sentido	-
Longitud	320 m.
Código	14790326

Tabla 76. Características segmento G26_S5



Fig. 66 Segmento G26_S5

3. ZONA 3: MONSERRAT

3.1 GLORIETA G34. ZONA DE ESTUDIO 3 – GODELLETA

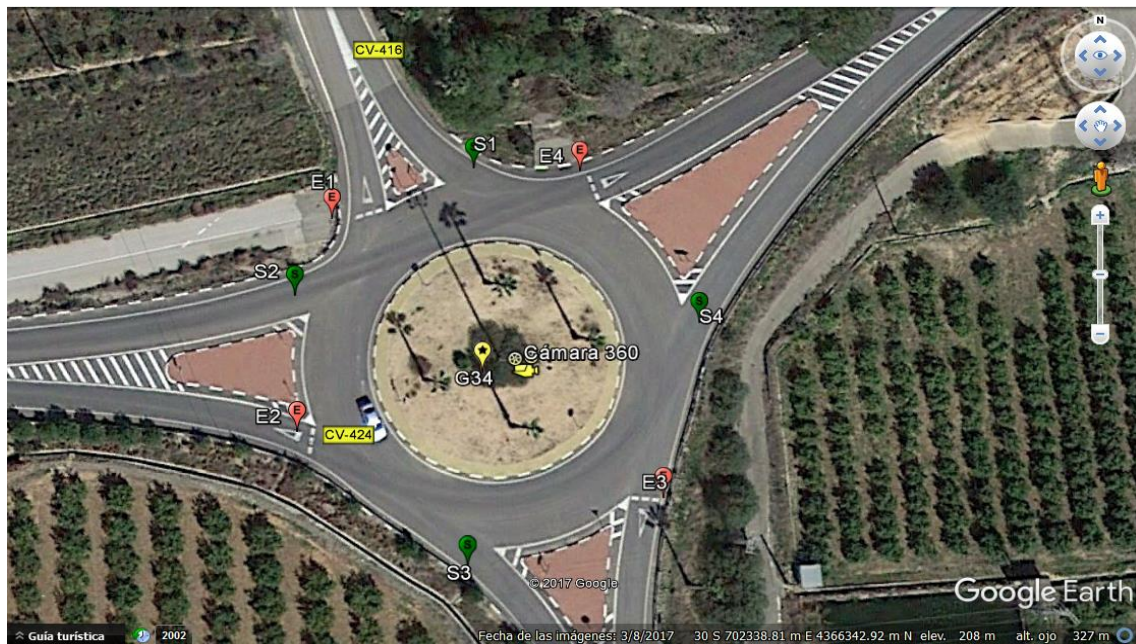


Fig. 67 Glorieta G34

A continuación se muestran los segmentos pertenecientes a los ramales de la rotonda G34 en la que confluye las carreteras CV-424 y CV-416 y se encuentra en el municipio de Godelleta.

Se muestran las características de la carretera CV-416.

CV-416	
Carretera	CV - 416
Ancho carril	3,5 m.
Ancho arcén	< 1 m.
Pendiente	< 3%
Velocidad máxima	70 Km/h.
IMD	2.342
Porcentaje de pesados	2,33%

Tabla 77. Características carretera CV-416

- TRAMO E1 DECRECIENTE – G34_E1 Montserrat

Se muestra el segmento creado en Strava para el tramo E1 perteneciente a la carretera CV-416.

G34_E1 Montserrat	
Municipio	Godolleta
Sentido	Descendente
Longitud	320 m.
Código	15169996

Tabla 78. Características segmento G34_E1



Fig. 68 Segmento G34_E1

- TRAMO S1 CRECIENTE – G34_S1 Montserrat

Se muestra el segmento creado en Strava para el tramo S1 perteneciente a la carretera CV-416.

G34_S1 Montserrat	
Municipio	Godolleta
Sentido	Ascendente
Longitud	310 m.
Código	15169986

Tabla 79. Características segmento G34_S1

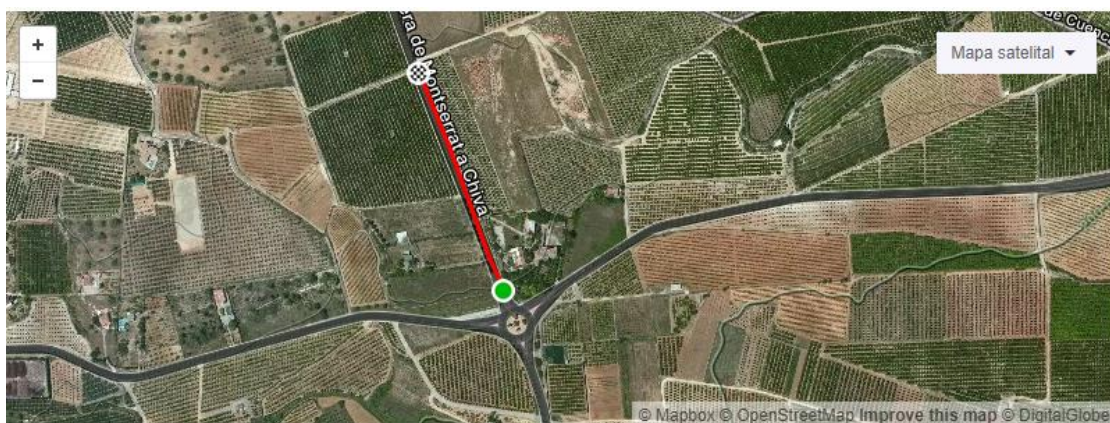


Fig. 69 Segmento G34_S1

Se muestran las características de la carretera CV-424.

CV-424	
Carretera	CV - 424
Ancho carril	3,5 m.
Ancho arcén	< 1 m.
Pendiente	< 3%
Velocidad máxima	60 Km/h.
IMD	2.342
Porcentaje de pesados	2,33%

Tabla 80. Características carretera CV-424

- TRAMO E2 DECRECIENTE – G34_E2 Montserrat

Se muestra el segmento creado en Strava para el tramo E1 perteneciente a la carretera CV-424.

G34_E2 Montserrat	
Municipio	Godolleta
Sentido	Descendente
Longitud	380 m.
Código	15170013

Tabla 81. Características segmento G34_E2

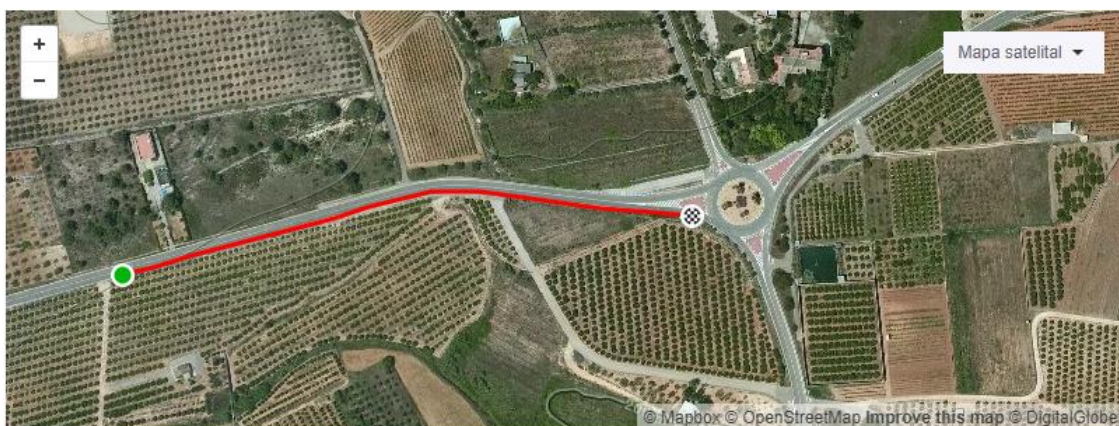


Fig. 70 Segmento G34_E2

- TRAMO S2 CRECIENTE – G34_S2 Montserrat

Se muestra el segmento creado en Strava para el tramo S2 perteneciente a la carretera CV-424.

G34_S2 Montserrat	
Municipio	Godolleta
Sentido	Ascendente
Longitud	300 m.
Código	15163489

Tabla 82. Características segmento G34_S2



Fig. 71 Segmento G34_S2

- TRAMO E3 CRECIENTE – G34_E3 Montserrat

Se muestra el segmento creado en Strava para el tramo E3 perteneciente a la carretera CV-416.

G34_E3 Montserrat	
Municipio	Godolleta
Sentido	Ascendente
Longitud	310 m.
Código	15170172

Tabla 83. Características segmento G34_E3



Fig. 72 Segmento G34_E3

- TRAMO S3 DECRECIENTE – G34_S3 Montserrat

Se muestra el segmento creado en Strava para el tramo S3 perteneciente a la carretera CV-416.

G34_S3 Montserrat	
Municipio	Godolleta
Sentido	Descendente
Longitud	350 m.
Código	15170063

Tabla 84. Características segmento G34_S3

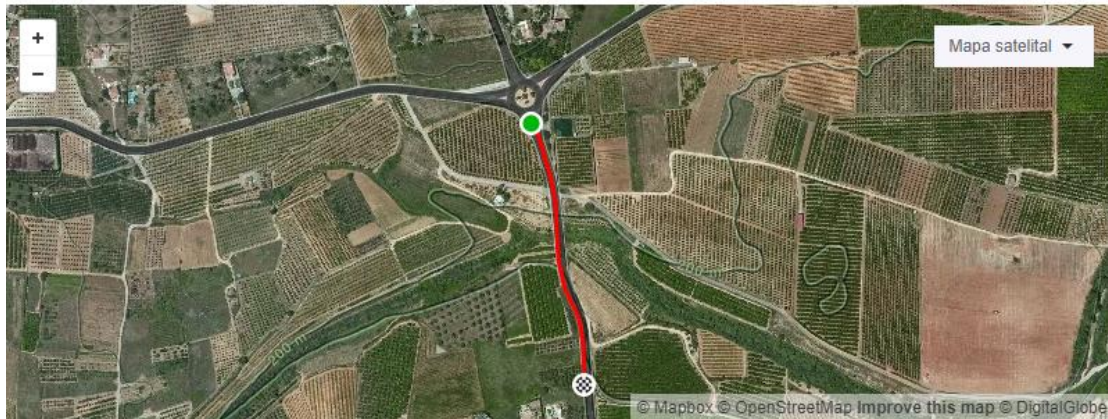


Fig. 73 Segmento G34_S3

- TRAMO E4 CRECIENTE – G34_E4 Montserrat

Se muestra el segmento creado en Strava para el tramo E4 perteneciente a la carretera CV-424.

G34_E4 Montserrat	
Municipio	Godolleta
Sentido	Ascendente
Longitud	390 m.
Código	15163443

Tabla 85. Características segmento G34_E4



Fig. 74 Segmento G34_E4

- TRAMO S4 DECRECIENTE – G34_S4 Montserrat

Se muestra el segmento creado en Strava para el tramo S4 perteneciente a la carretera CV-424.

G34_S4 Montserrat	
Municipio	Godolleta
Sentido	Descendente
Longitud	340 m.
Código	15169962

Tabla 86. Características segmento G34_S4

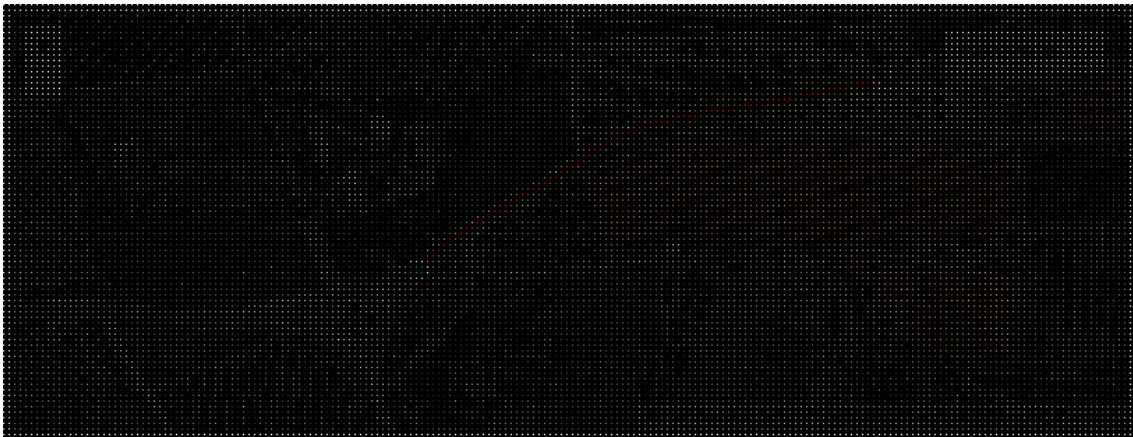


Fig. 75 Segmento G34_S4

3.2 INTERSECCION I31. ZONA DE ESTUDIO 3 – MONTROY



Fig. 76 Intersección I31

A continuación se muestran los segmentos pertenecientes a la intersección I31 donde confluye las carreteras CV-422 y CV-435 y se encuentra en el municipio de Montroy.

- TRAMO E1 CRECIENTE – I31_E1 Montserrat

Se muestra el segmento creado en Strava para el tramo E1 perteneciente a la carretera CV-422.

I31_E1 Montserrat	
Municipio	Montroy
Sentido	Ascendente
Longitud	320 m.
Código	15163678

Tabla 87. Características segmento I31_E1



Fig. 77 Segmento I31_E1

- TRAMO S1 DECRECIENTE – I31_S1 Montserrat

Se muestra el segmento creado en Strava para el tramo S1 perteneciente a la carretera CV-422.

I31_S1 Montserrat	
Municipio	Montroy
Sentido	Descendente
Longitud	330 m.
Código	15169796

Tabla 88. Características segmento I31_S1

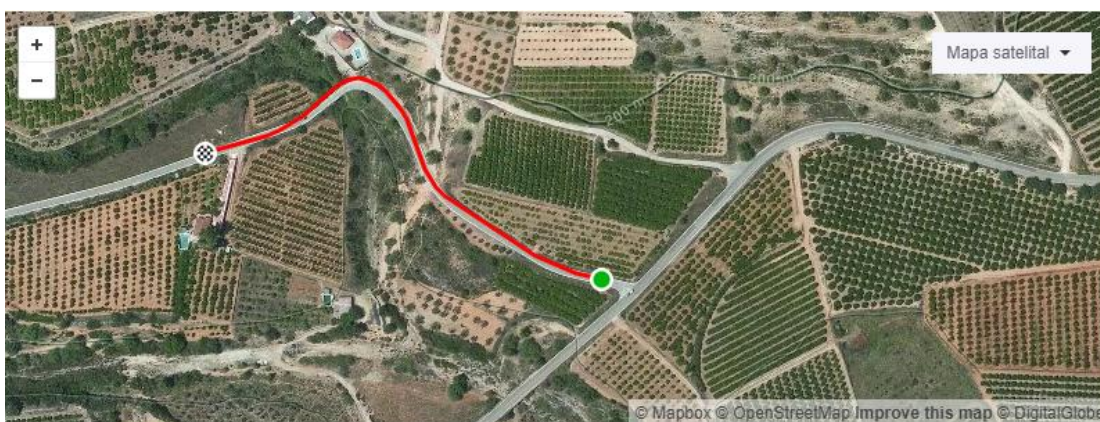


Fig. 78 Segmento I31_S1

- TRAMO 2

En este tramo no se han creado segmentos debido a que hay accesos que interfieren en el supuesto segmento creado en Strava y que no serviría para aforar. Sin embargo, esos accesos pertenecen a una intersección que se ha estudiado posteriormente y se ha utilizado como punto de observación.

- TRAMO E3 CRECIENTE – I31_E3 Montserrat

Se muestra el segmento creado en Strava para el tramo E3 perteneciente a la carretera CV-435.

I31_E3 Montserrat	
Municipio	Montroy
Sentido	Ascendente
Longitud	390 m.
Código	15169777

Tabla 89. Características segmento I31_E3



Fig. 79 Segmento I31_E3

- TRAMO S3 DECRECIENTE – I31_S3 Montserrat

Se muestra el segmento creado en Strava para el tramo S3 perteneciente a la carretera CV-435.

I31_S3 Montserrat	
Municipio	Montroy
Sentido	Descendente
Longitud	350 m.
Código	15169761

Tabla 90. Características segmento I31_S3



Fig. 80 Segmento I31_S3

5.3 INTERSECCION I32. ZONA DE ESTUDIO 3 – MONTROY



Fig. 81 Intersección I32

A continuación se muestran los segmentos pertenecientes a la intersección I32 donde confluye las carreteras CV-422 y CV-435 y se encuentra en el municipio de Montroy.

- TRAMO E1 CRECIENTE – I32_E1 Montserrat

Se muestra el segmento creado en Strava para el tramo E1 perteneciente a la carretera CV-435.

I32_E1 Montserrat	
Municipio	Montroy
Sentido	Ascendente
Longitud	320 m.
Código	15163789

Tabla 91. Características segmento I32_E1



Fig. 82 Segmento I32_E1

- TRAMO S1 DECRECIENTE – I32_S1 Montserrat

Se muestra el segmento creado en Strava para el tramo S1 perteneciente a la carretera CV-435.

I32_S1 Montserrat	
Municipio	Montroy
Sentido	Descendente
Longitud	360 m.
Código	15163766

Tabla 92. Características segmento I32_S1



Fig. 83 Segmento I32_S1

- TRAMO E2 DECRECIENTE – I32_E2 Montserrat

Se muestra el segmento creado en Strava para el tramo E2 perteneciente a la carretera CV-422.

I32_E2 Montserrat	
Municipio	Montroy
Sentido	Descendente
Longitud	370 m.
Código	15163703

Tabla 93. Características segmento I32_E2

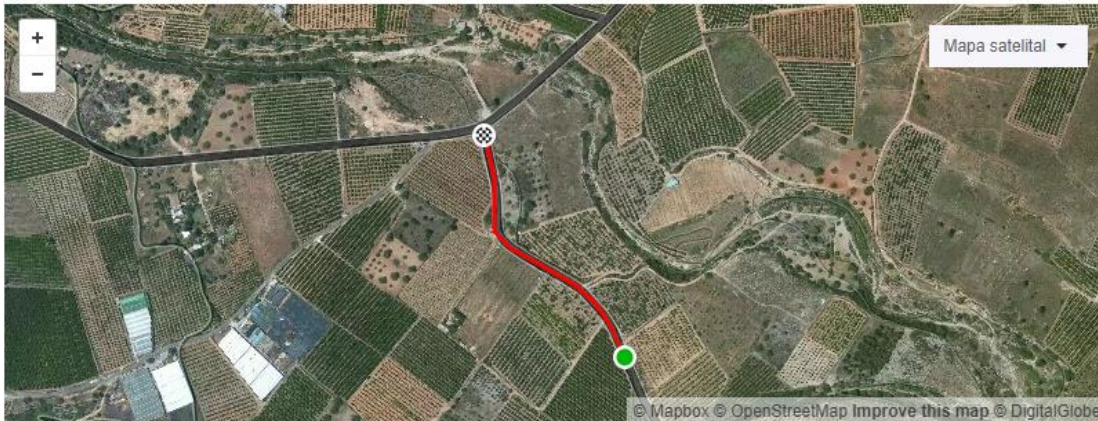


Fig. 84 Segmento I32_E2

- TRAMO S2 CRECIENTE – I32_S2 Montserrat

Se muestra el segmento creado en Strava para el tramo S2 perteneciente a la carretera CV-422.

I32_S2 Montserrat	
Municipio	Montroy
Sentido	Ascendente
Longitud	390 m.
Código	15163734

Tabla 94. Características segmento I32_S2



Fig. 85 Segmento I32_S2

- TRAMO 3

Como ha ocurrido anteriormente en otros tramos, existen vías auxiliares que interceptan con el segmento de más de 300 m. que obliga Strava para crear. Por lo que se descarta para aforar.

ANEJO 2: DENSIDAD CICLISTA

ANEJO 2: RESULTADO GRÁFICO DEMANDA CICLISTA

En este anejo se presentan los resultados del estudio de la densidad de la demanda ciclista calculada para determinar la longitud de la ventana deslizante.

1. Densidad demanda ciclista observada

- Densidad ciclista para el punto P1 en sentido ascendente

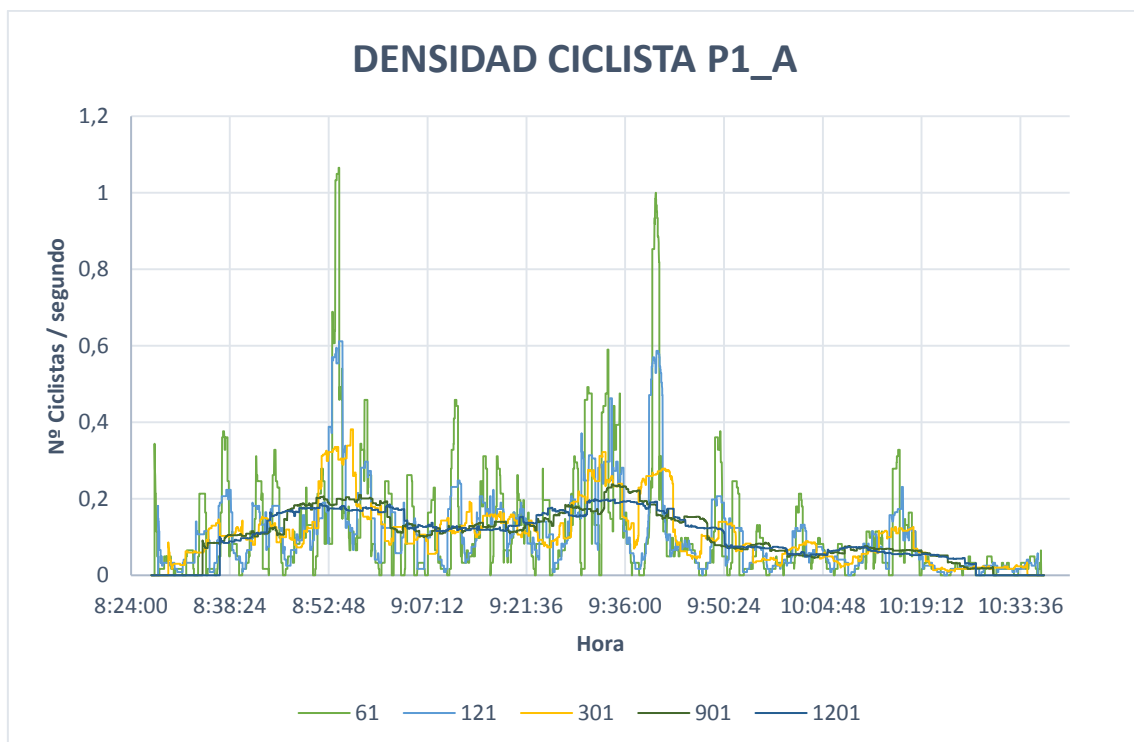


Fig. 1 Densidad ciclista para el punto P1 en sentido ascendente

- Densidad ciclista para el punto P1 en sentido descendente

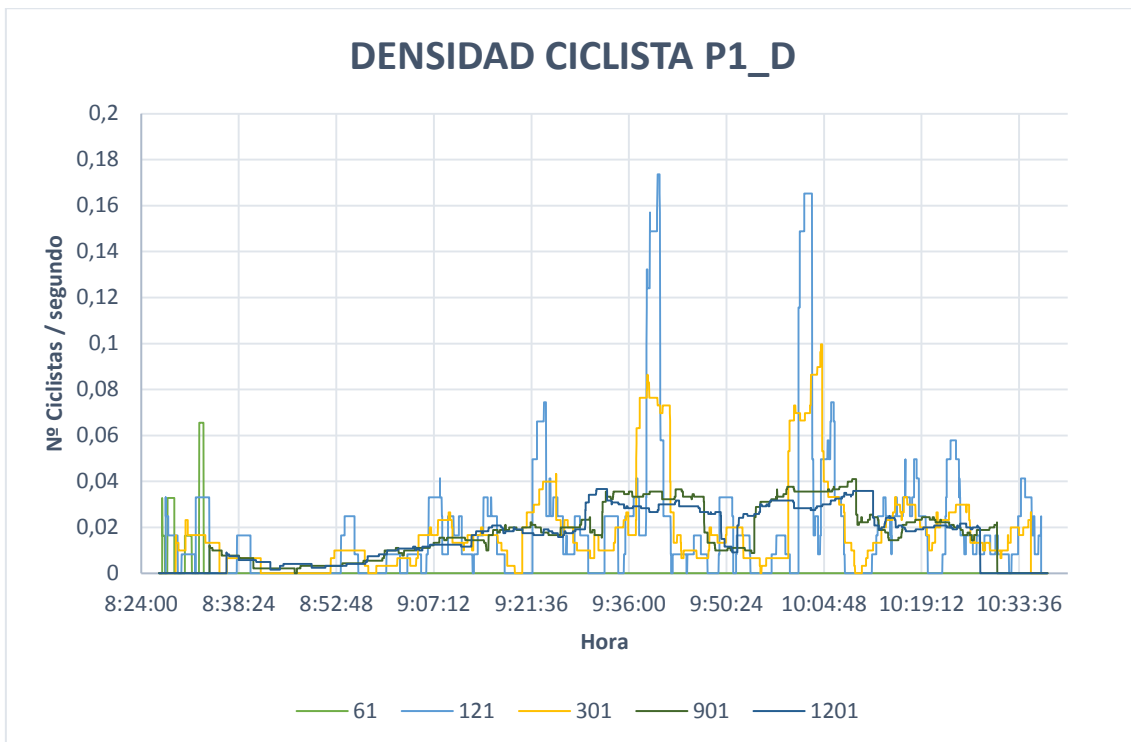


Fig. 2 Densidad ciclista para el punto P1 en sentido descendente

- Densidad ciclista para el punto P2 en sentido ascendente

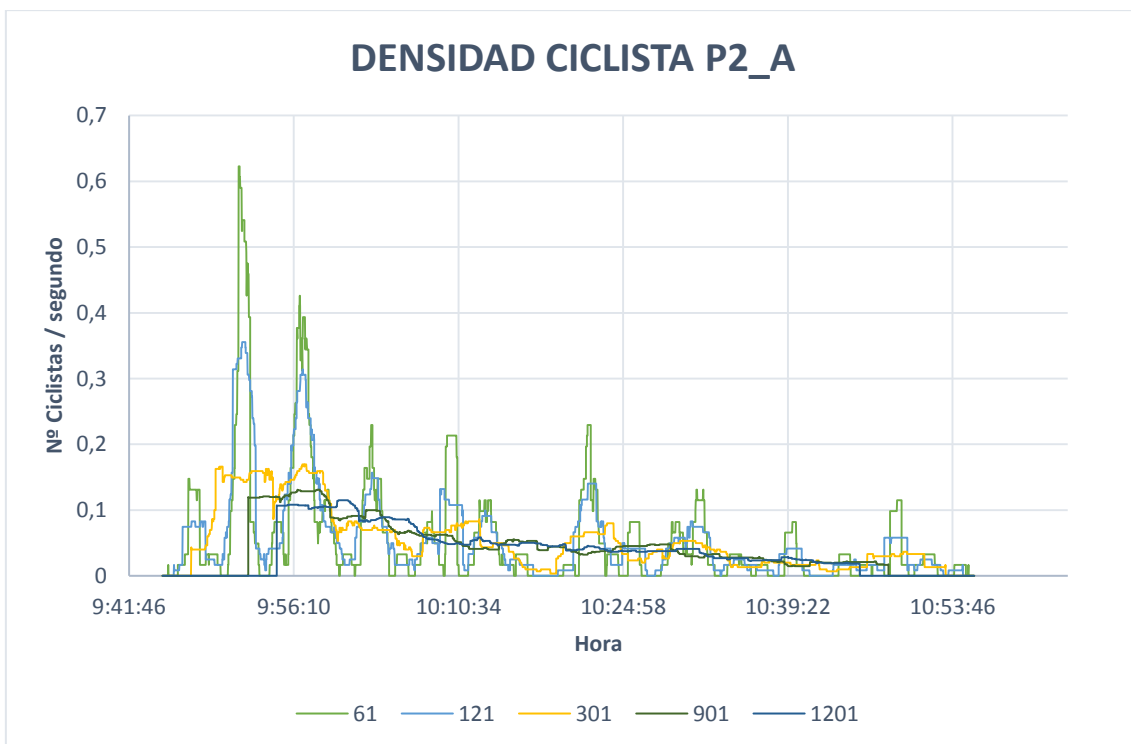


Fig. 3 Densidad ciclista para el punto P2 en sentido ascendente 1

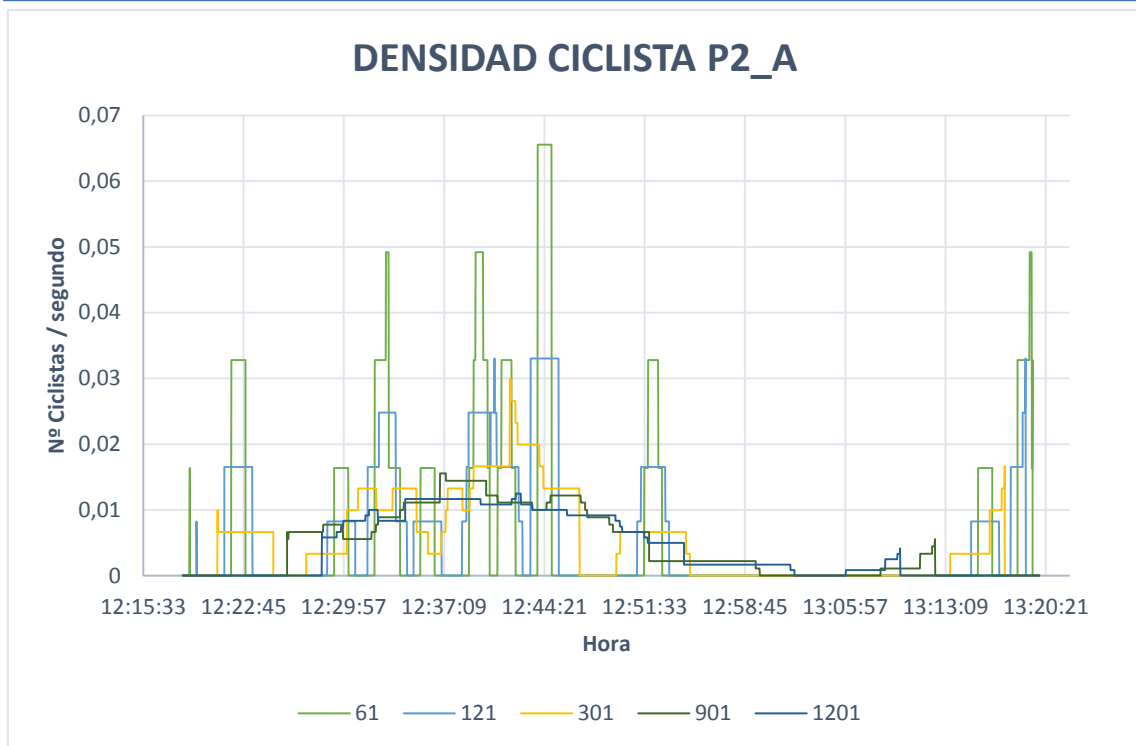


Fig. 4 Densidad ciclista para el punto P2 en sentido ascendente 2

- Densidad ciclista para el punto P2 en sentido descendente

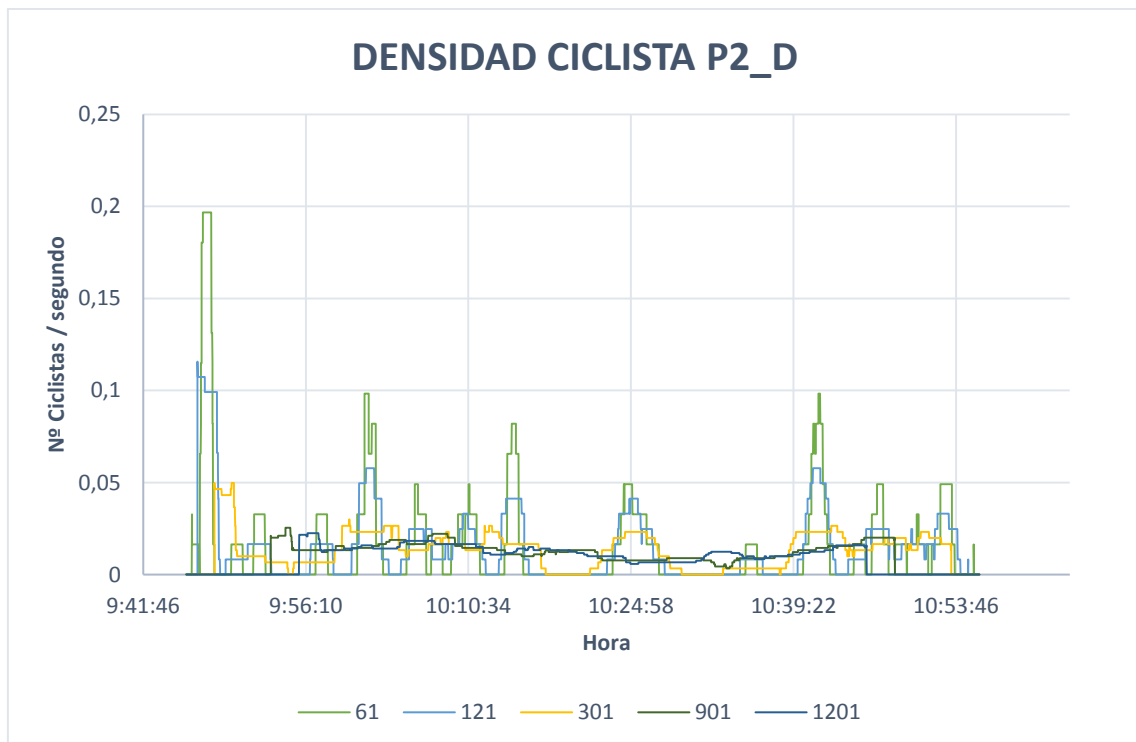


Fig. 5 Densidad ciclista para el punto P2 en sentido descendente 1

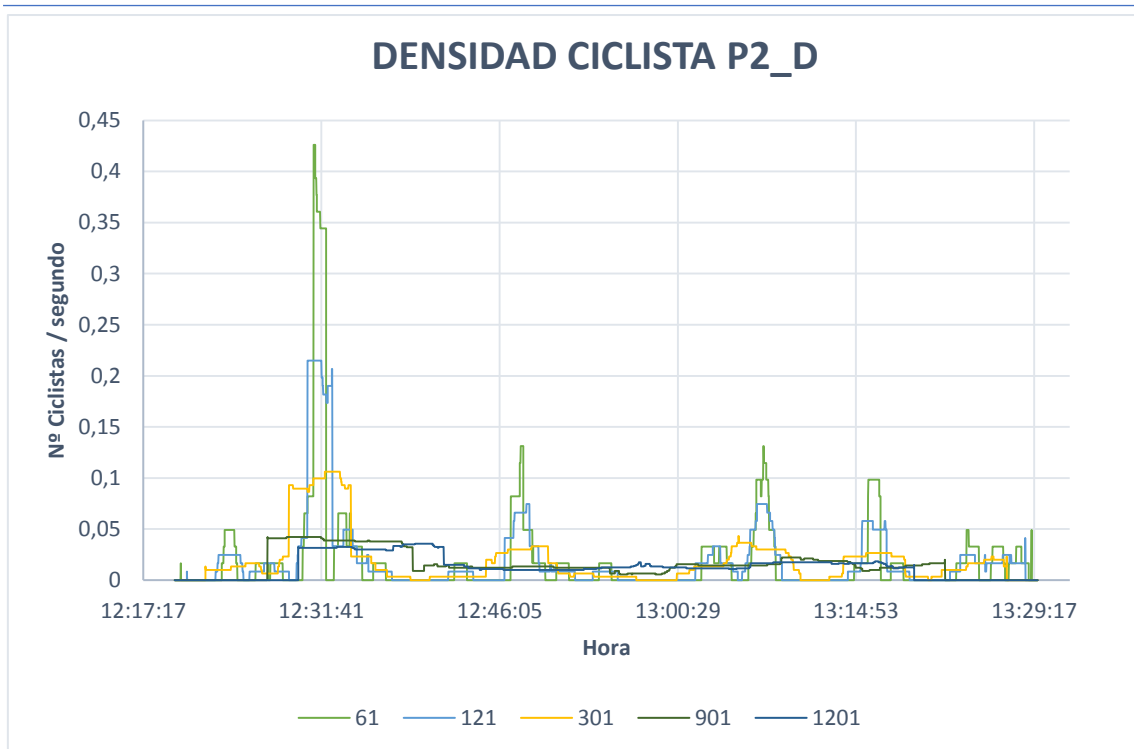


Fig. 6 Densidad ciclista para el punto P2 en sentido descendente 2

- Densidad ciclista para el punto P3 en sentido ascendente

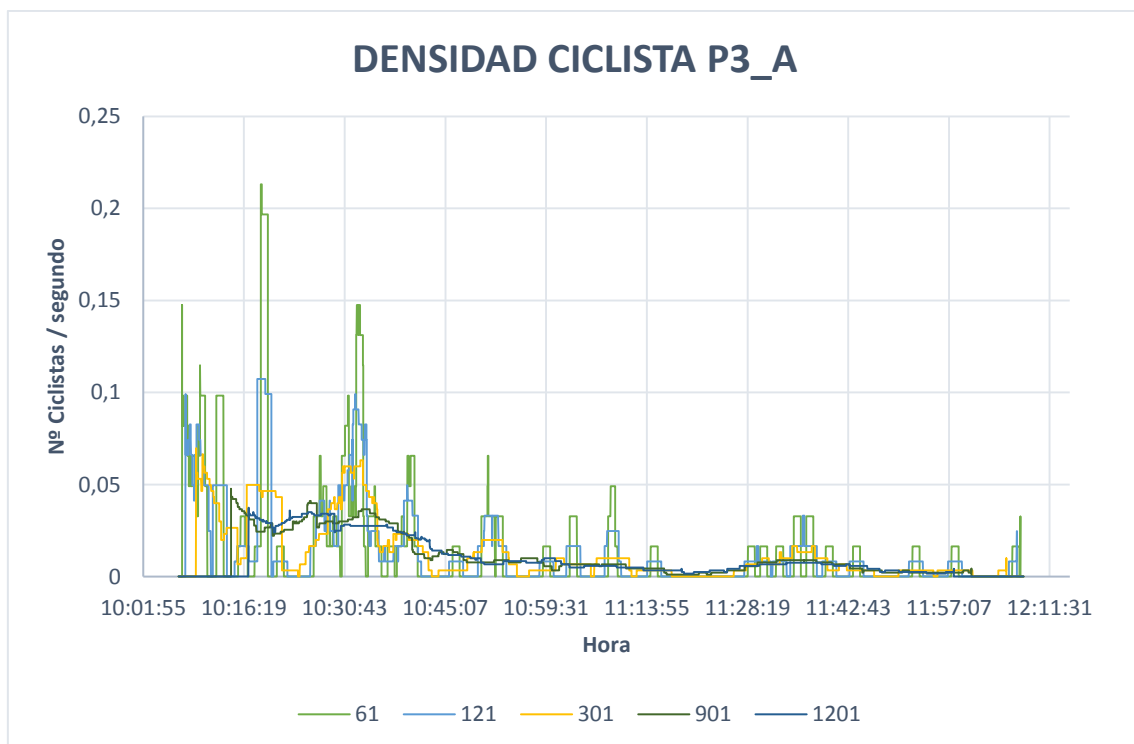


Fig. 7 Densidad ciclista para el punto P3 en sentido ascendente

En el segundo periodo de grabación no se ha realizado el estudio debido a la baja demanda ciclista ya que ofrece un resultado sin ninguna conclusión.

- Densidad ciclista para el punto P3 en sentido descendente

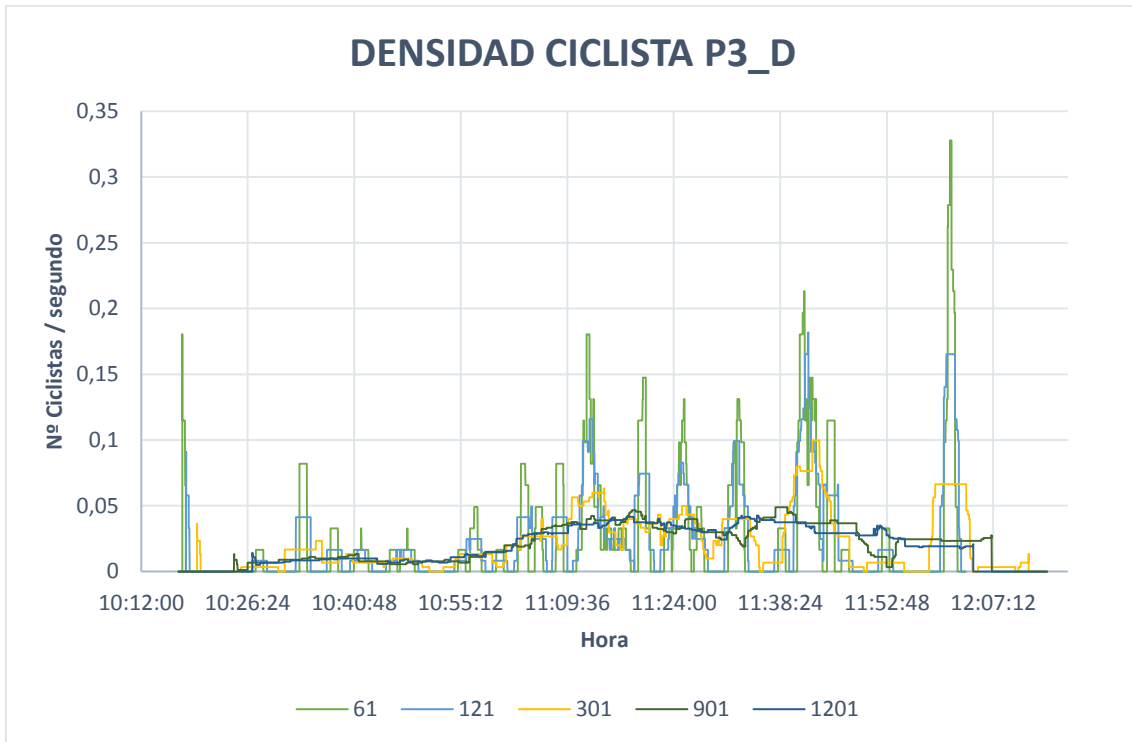


Fig. 8 Densidad ciclista para el punto P3 en sentido descendente 1

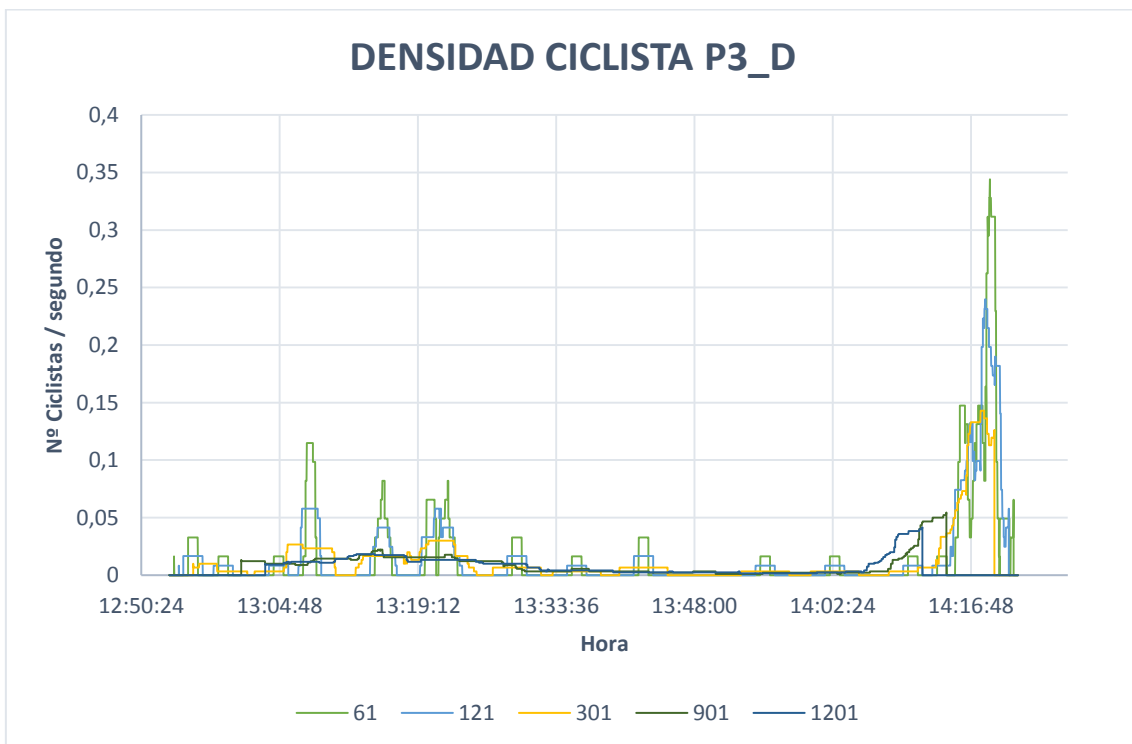


Fig. 9 Densidad ciclista para el punto P3 en sentido descendente 2

- Densidad ciclista para el punto P4 en sentido ascendente

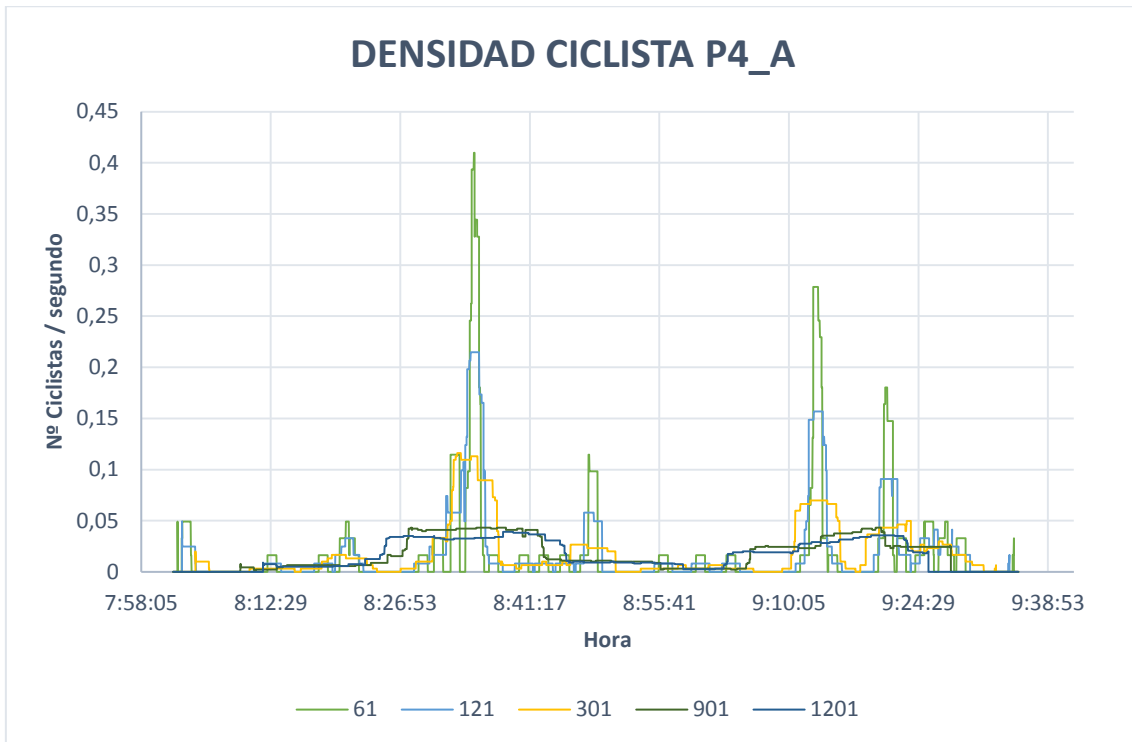


Fig. 10 Densidad ciclista para el punto P4 en sentido ascendente 1

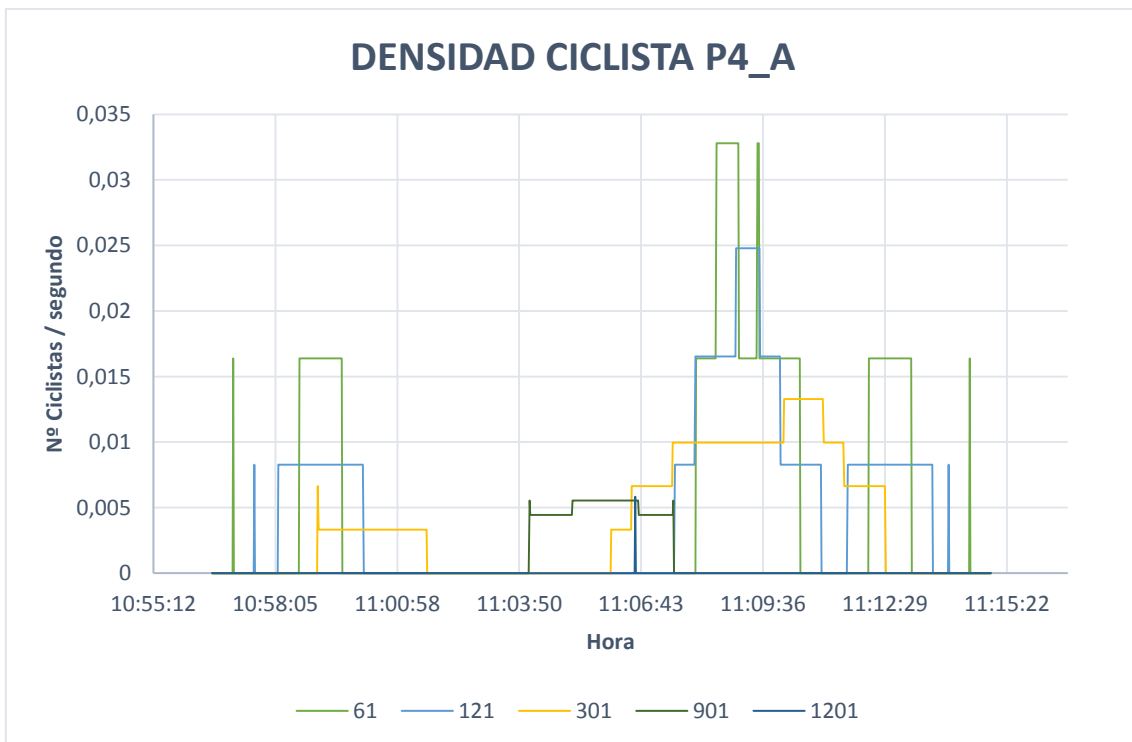


Fig. 11 Densidad ciclista para el punto P4 en sentido ascendente 2

- Densidad ciclista para el punto P4 en sentido descendente

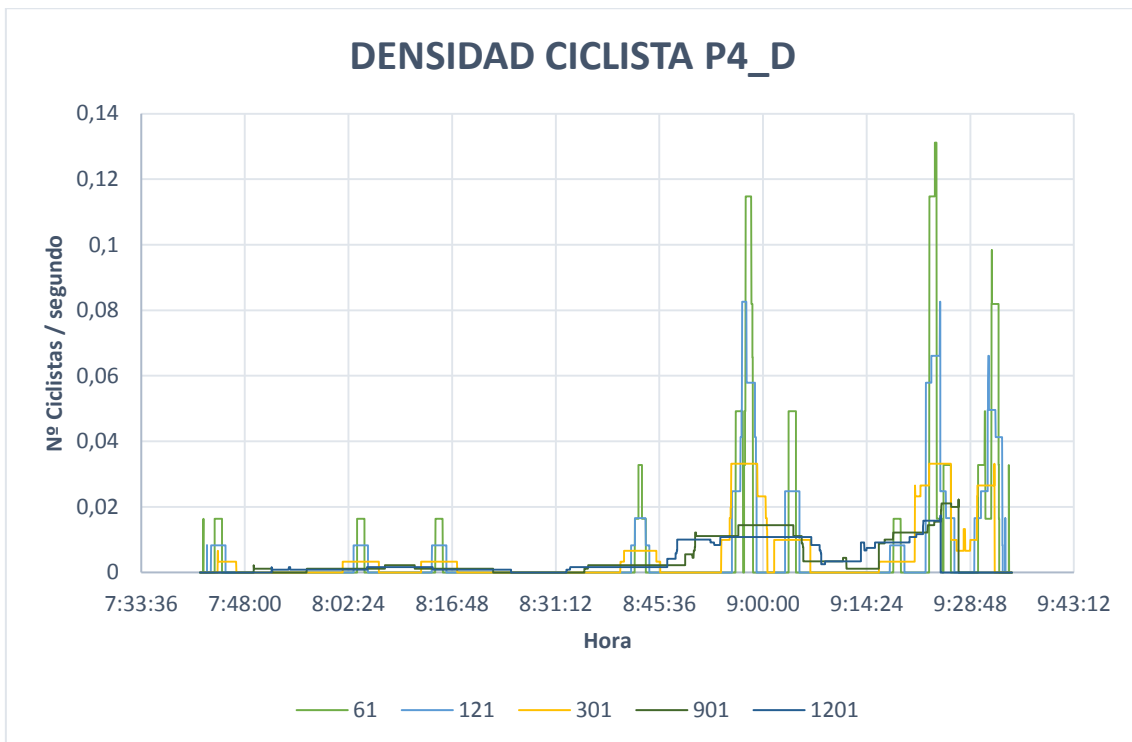


Fig. 12 Densidad ciclista para el punto P4 en sentido descendente 1

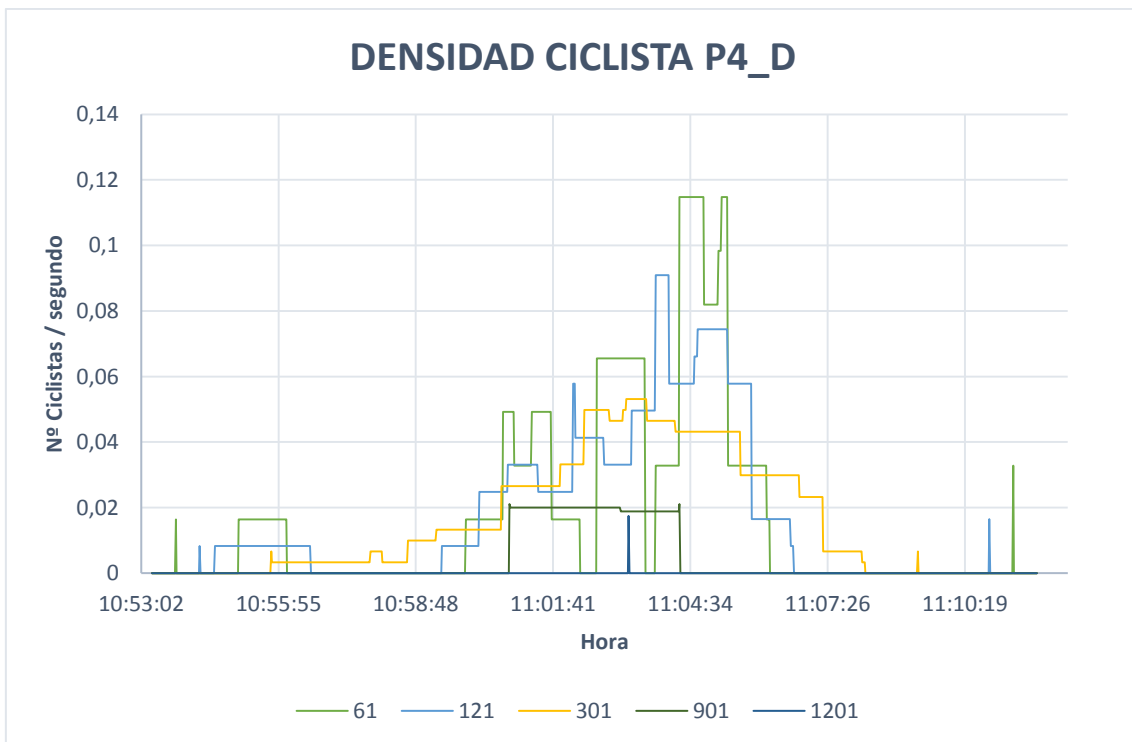


Fig. 13 Densidad ciclista para el punto P4 en sentido descendente 2

- Densidad ciclista para el punto P5 en sentido ascendente

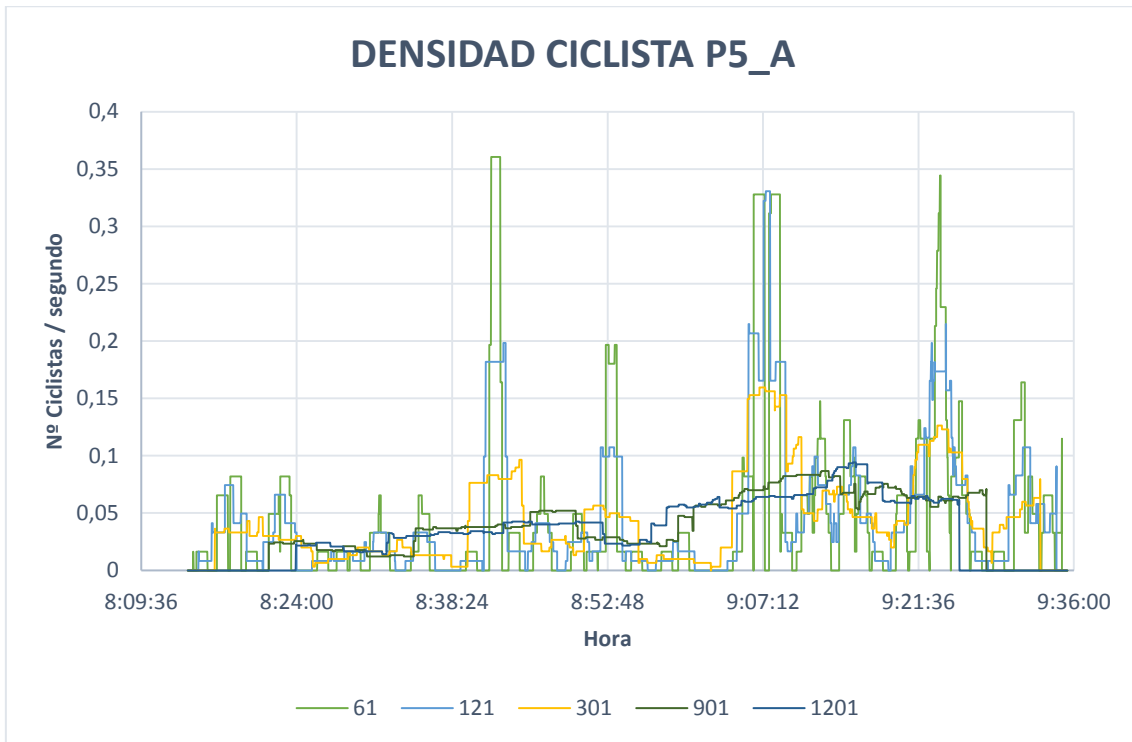


Fig. 14 Densidad ciclista para el punto P5 en sentido ascendente 1

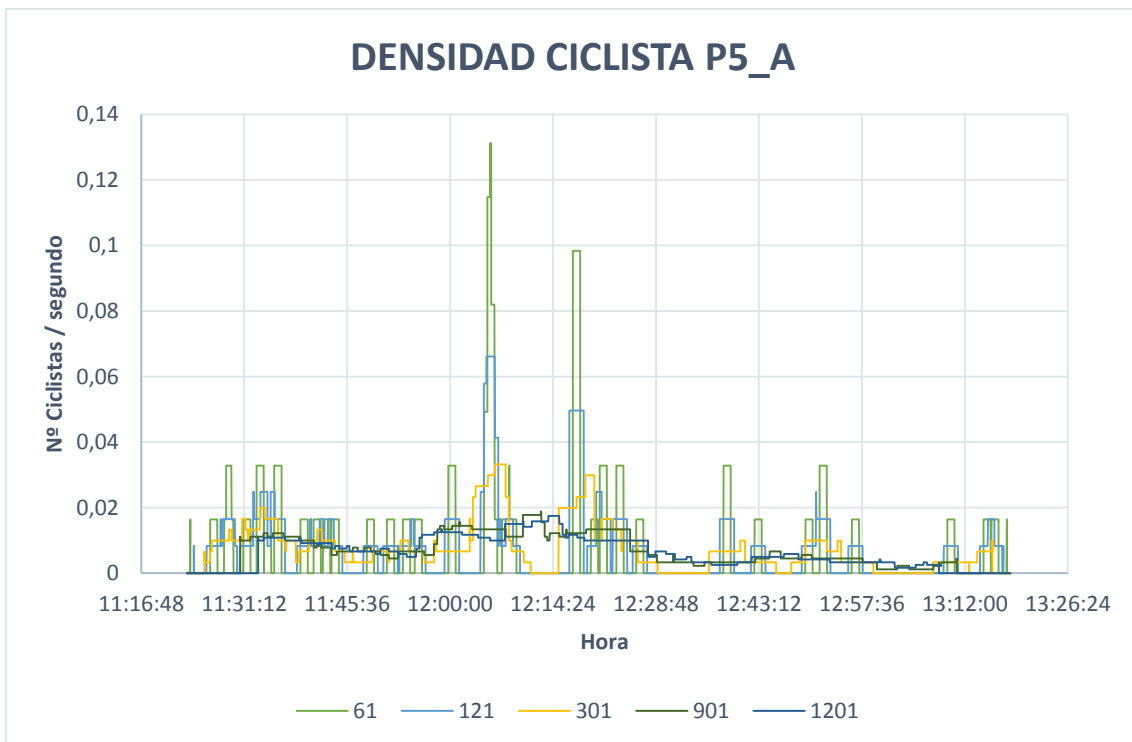


Fig. 15 Densidad ciclista para el punto P5 en sentido ascendente 2

- Densidad ciclista para el punto P5 en sentido descendente

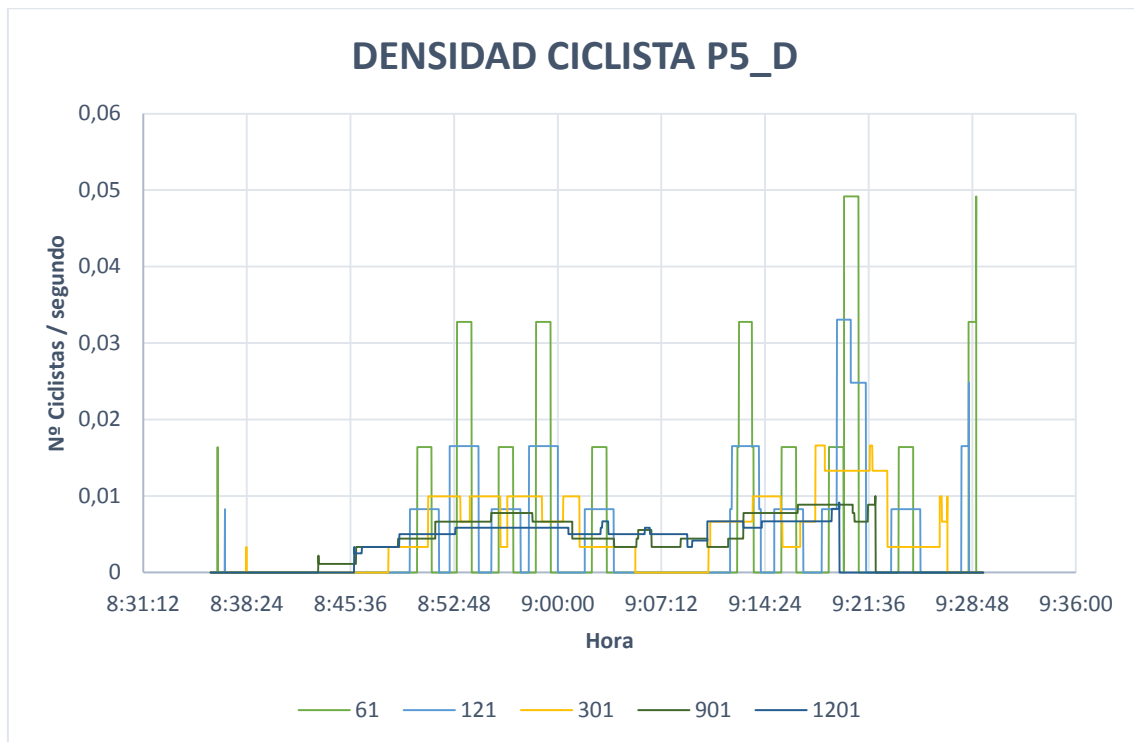


Fig. 16 Densidad ciclista para el punto P5 en sentido descendente

2. Densidad demanda ciclista en Strava

- Densidad ciclista para el punto P1 en sentido ascendente

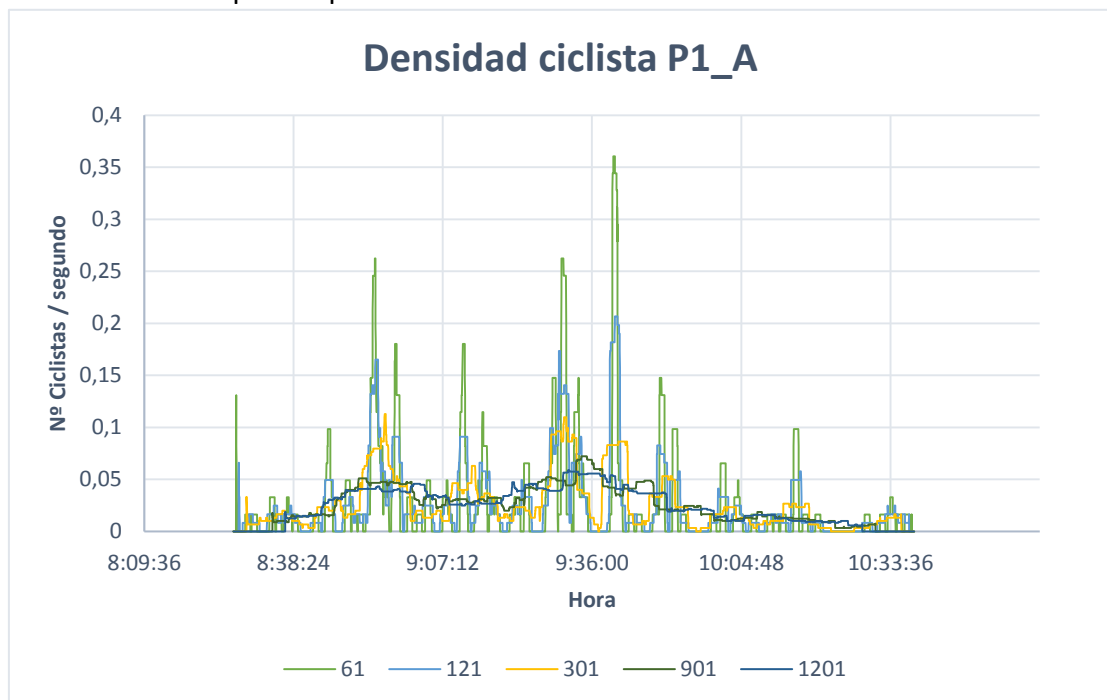


Fig. 17 Densidad ciclista para el punto P1 en sentido ascendente

- Densidad ciclista para el punto P1 en sentido descendente

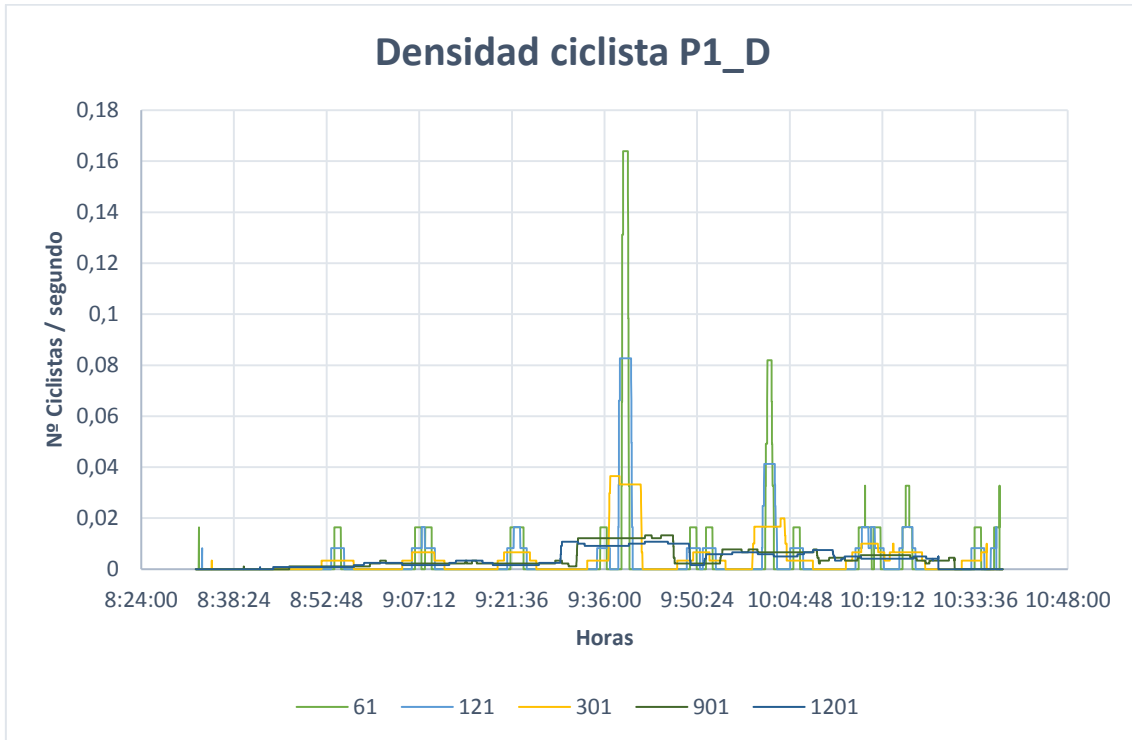


Fig. 18 Densidad ciclista para el punto P1 en sentido descendente

- Densidad ciclista para el punto P2 en sentido ascendente

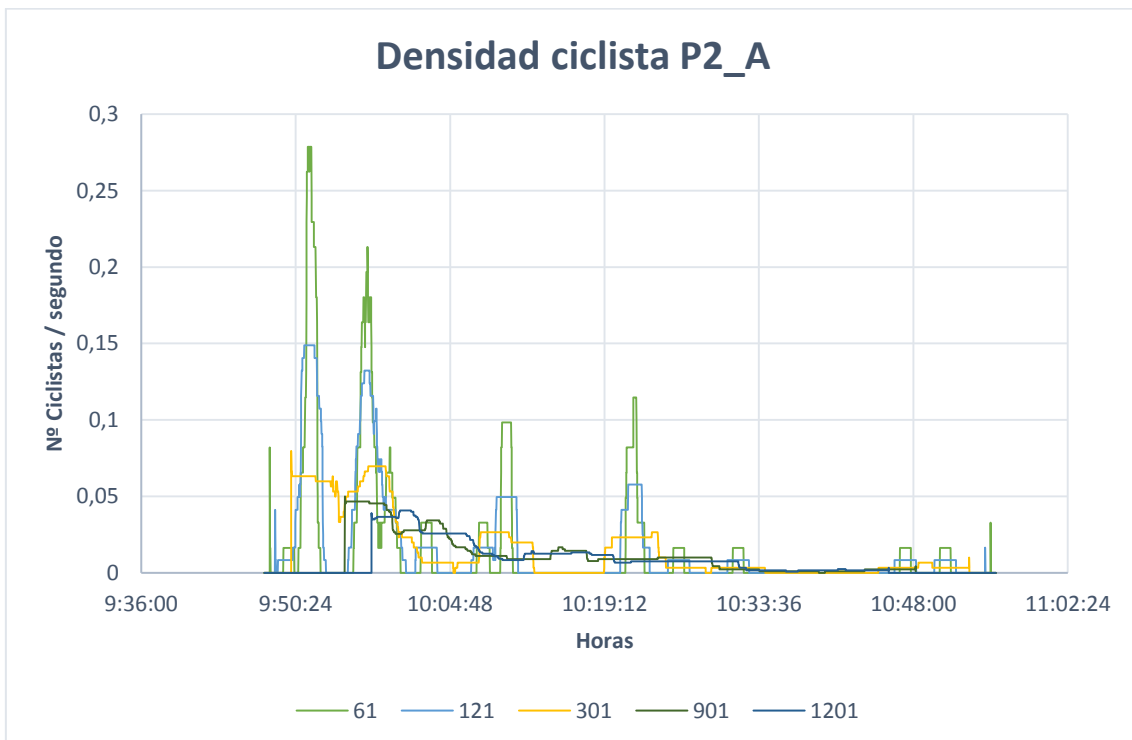


Fig. 19 Densidad ciclista para el punto P2 en sentido ascendente

- Densidad ciclista para el punto P2 en sentido descendente

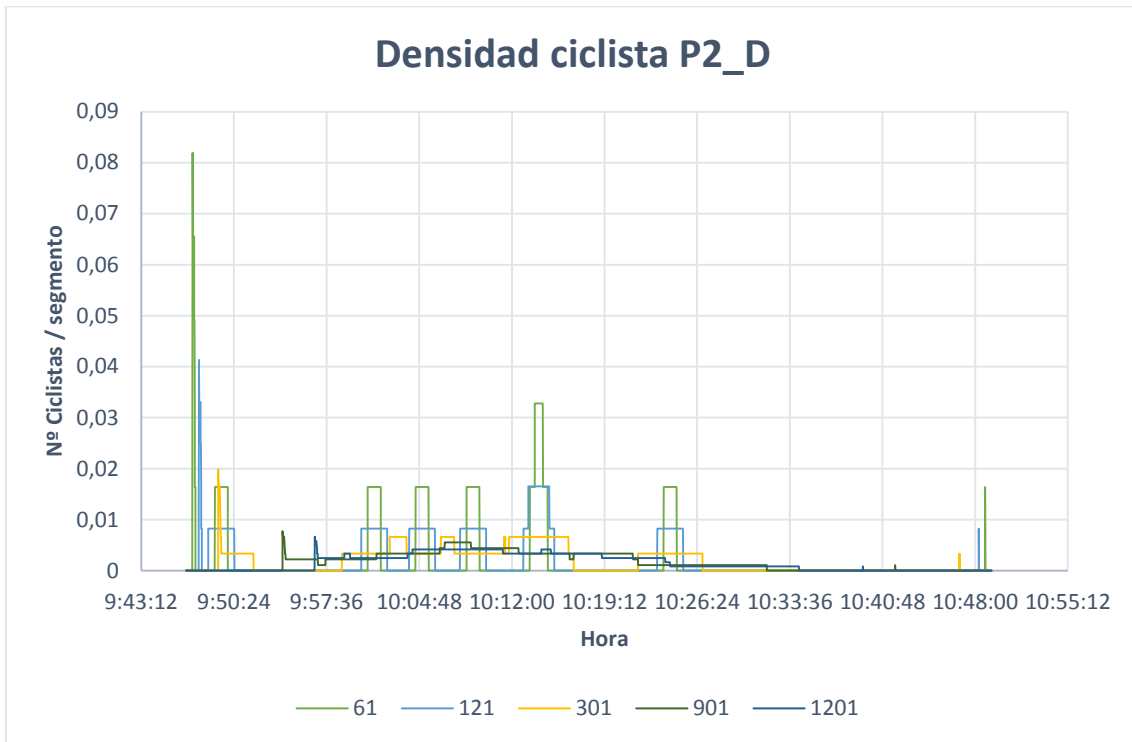


Fig. 20 Densidad ciclista para el punto P2 en sentido descendente 1

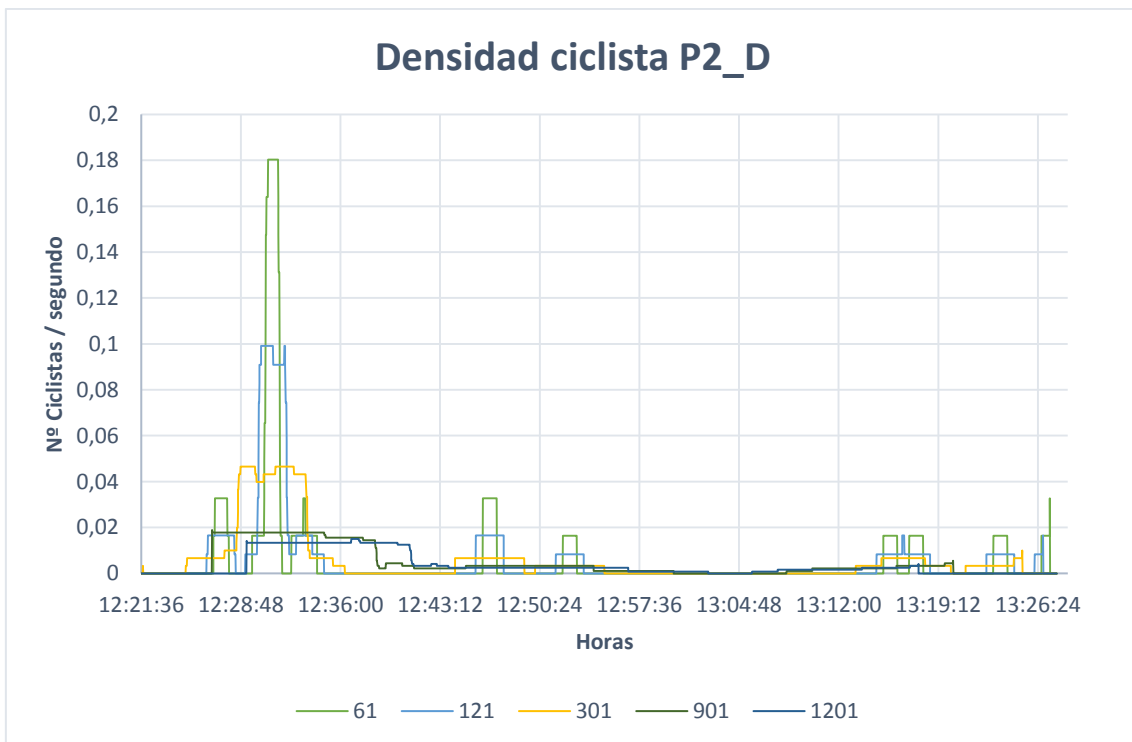


Fig. 21 Densidad ciclista para el punto P2 en sentido descendente 2

- Densidad ciclista para el punto P3 en sentido ascendente

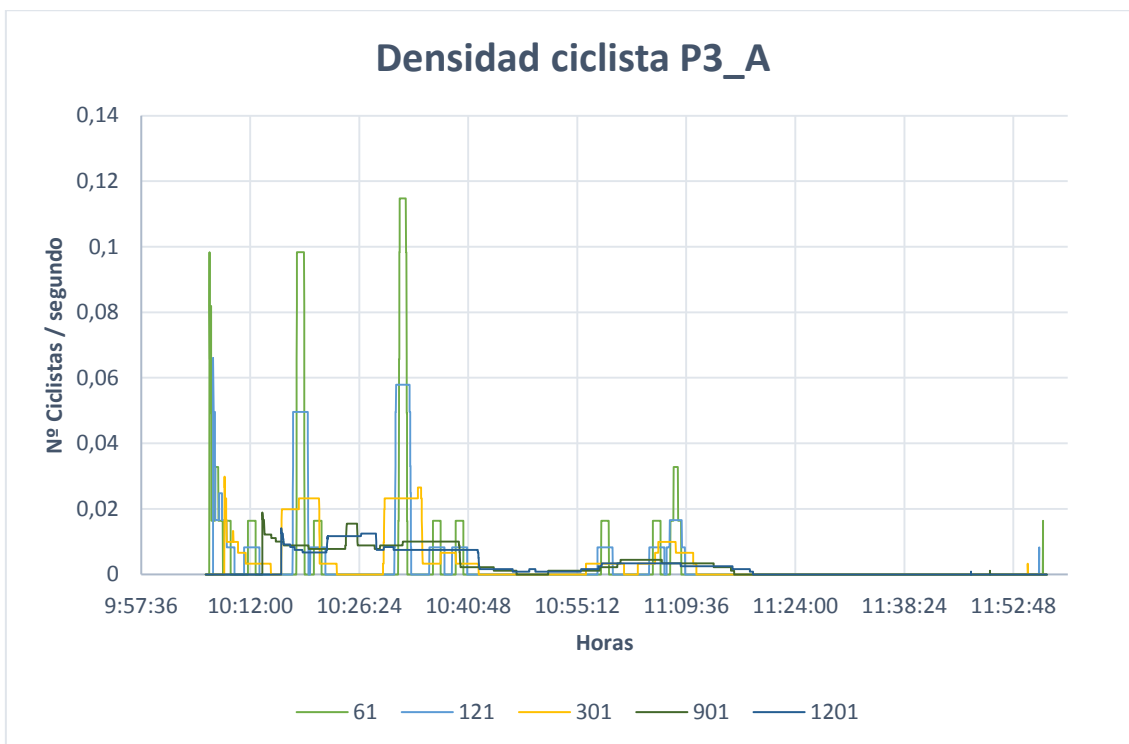


Fig. 22 Densidad ciclista para el punto P3 en sentido ascendente

- Densidad ciclista para el punto P3 en sentido descendente

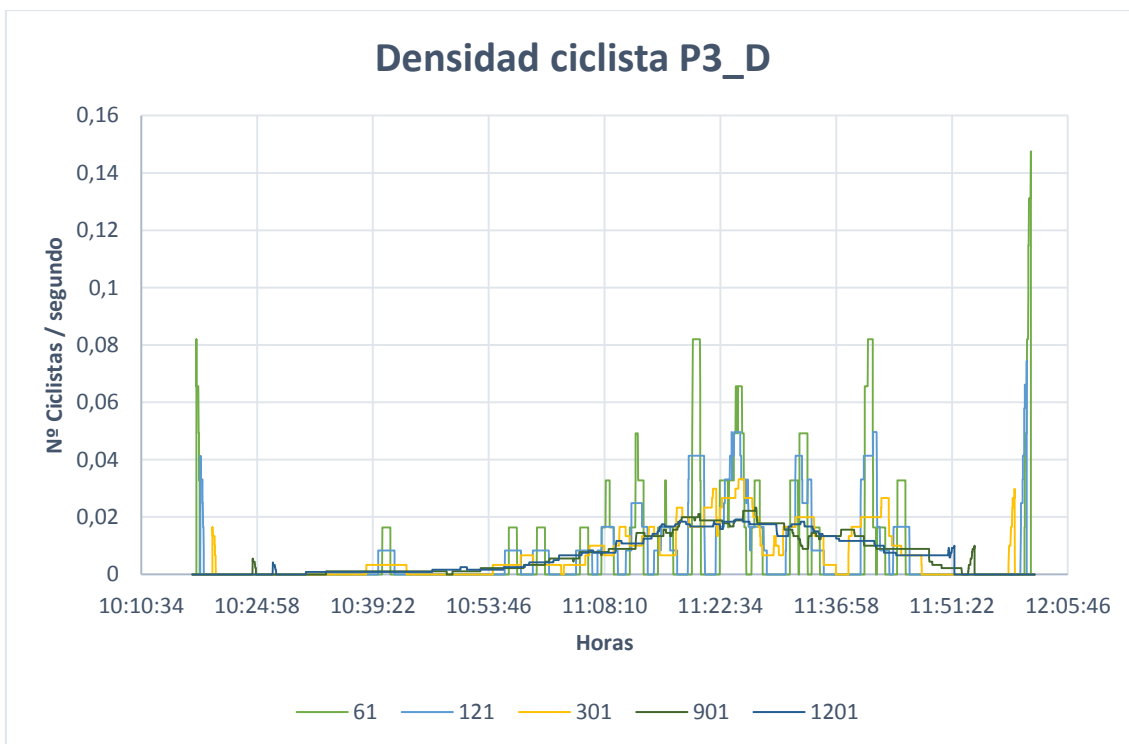


Fig. 23 Densidad ciclista para el punto P3 en sentido descendente

- Densidad ciclista para el punto P5 en sentido ascendente

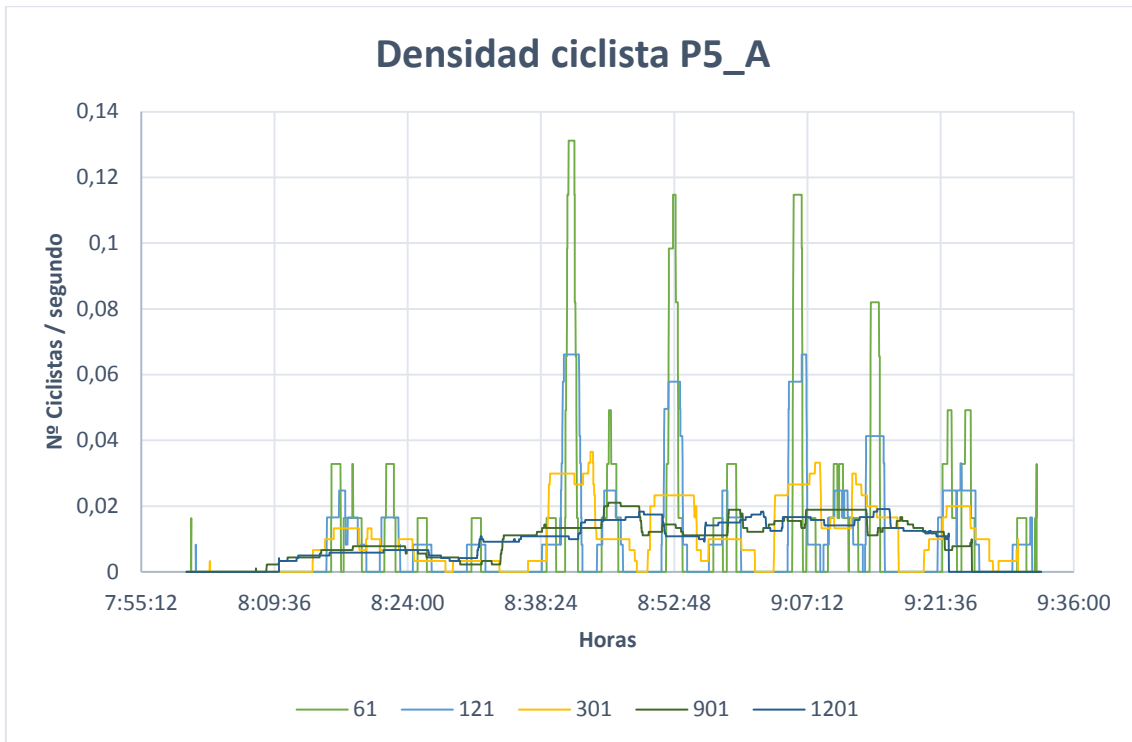


Fig. 24 Densidad ciclista para el punto P5 en sentido ascendente

- Densidad ciclista para el punto P5 en sentido descendente

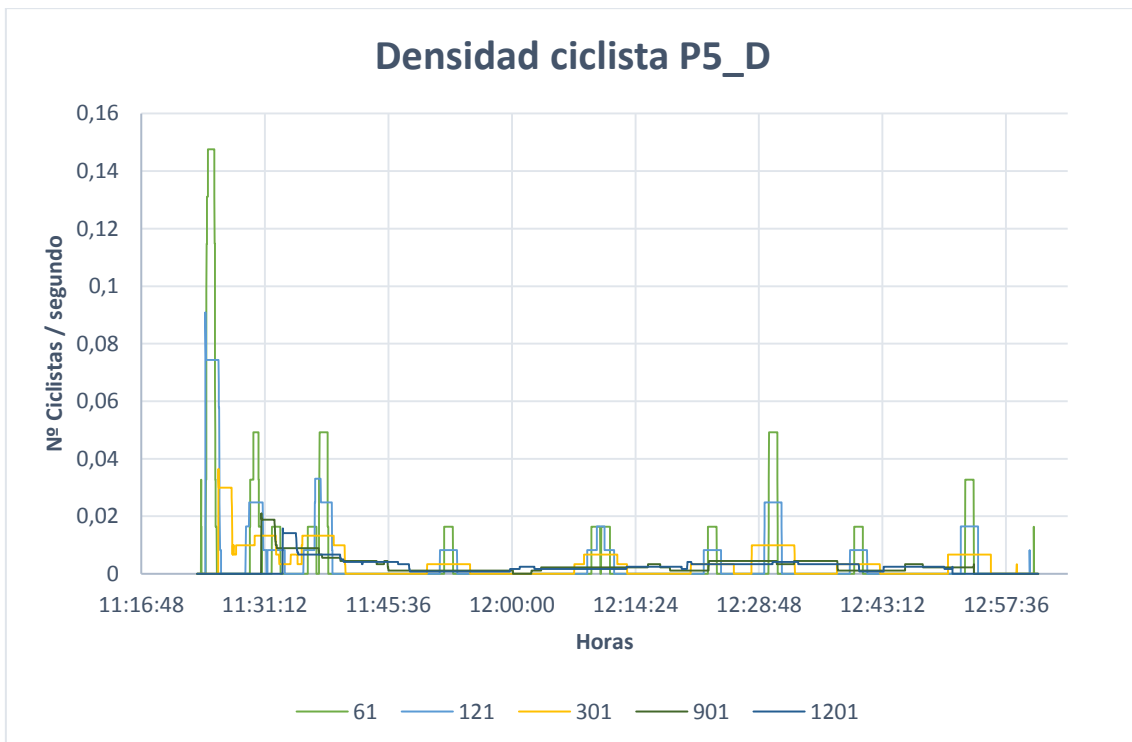


Fig. 25 Densidad ciclista para el punto P5 en sentido descendente

ANEJO 3: RESULTADOS CÁLCULO AADB

ANEJO 3: RESULTADOS CÁLCULO AADB

En este anejo se presentan para los puntos de observación utilizados en el estudio los resultados obtenidos tras obtener la demanda ciclista observada durante los conteos de corta duración, la demanda ciclista en Strava durante este periodo, el coeficiente SUR que los relaciona, la AADB obtenida a partir de los factores de ajuste obtenidos y los errores de cálculo de esta comparada con la calculada con el coeficiente SUR.

Además se ha estimado una relación lineal para el coeficiente SUR a partir de una línea de tendencia para cada tramo de los puntos observados y calculado el coeficiente de correlación de Pearson.

1. Zona 1: Bétera

1.1 Intersección I22

Segmento E1

Día	Hora de inicio	Hora de fin	Duración	Demanda real	Demanda Strava	SUR(%)	AADB Estimada
Miércoles 22/02/2017	9:47:12	13:41:56	3:54:44	66	21	32%	189
	16:04:22	17:27:16	1:22:54	23	12	52%	168
Sábado 11/03/2017	7:25:48	12:55:12	5:29:24	380	144	38%	274
	13:55:34	15:06:12	1:10:38	128	6	5%	764
Martes 05/04/2017	8:00:10	11:48:30	3:48:20	34	10	29%	142
	15:00:44	16:08:02	1:07:18	15	10	67%	259
Martes 27/06/2017	6:59:02	12:03:00	5:03:58	79	26	33%	175
Domingo 09/07/2017	7:03:28	10:45:28	3:42:00	201	63	31%	321

Tabla 1. Resultados segmento E1_I22

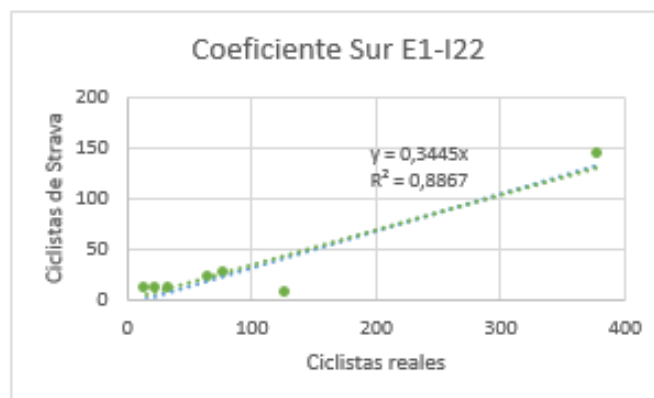


Fig. 1 Relación coeficiente SUR segmento E1_I22

Como se puede observar, el valor de R^2 es de 0,8867, siendo este muy elevado, lo que indica que si existe una relación lineal entre la demanda ciclista real y la de Strava, por tanto la aplicación está siendo representativa de la realidad.

Segmento S1

Día	Hora de inicio	Hora de fin	Duración	Demanda real	Demanda Strava	SUR(%)	ADDB Estimada
Miércoles 22/02/2017	9:47:12	13:41:56	3:54:44	33	11	33%	95
	16:04:22	17:27:16	1:22:54	11	5	45%	126
Sábado 11/03/2017	7:25:48	12:55:12	5:29:24	236	79	33%	175
	13:55:34	15:06:12	1:10:38	8	0	-	142
Martes 05/04/2017	8:00:10	11:48:30	3:48:20	29	8	28%	108
	15:00:44	16:08:02	1:07:18	12	7	58%	260
Martes 27/06/2017	6:59:02	12:03:00	5:03:58	63	22	35%	131
Domingo 09/07/2017	7:03:28	10:45:28	3:42:00	94	37	39%	99

Tabla 2. Resultados segmento S1_I22

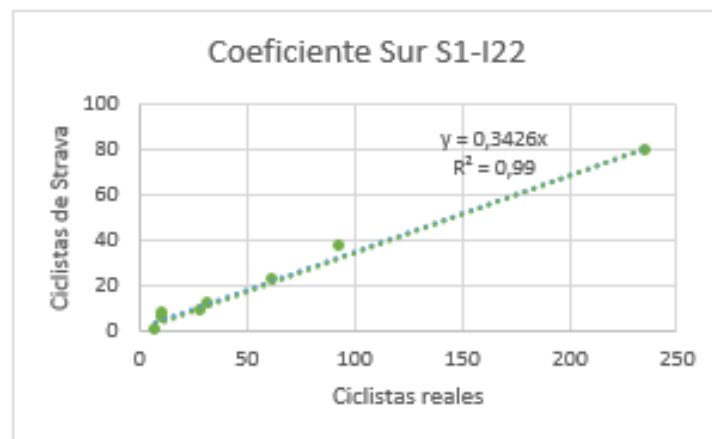


Fig. 2 Relación coeficiente SUR segmento S1_I22

En el tramo S1 se puede observar como el coeficiente de Pearson es prácticamente 1, lo que indica la gran relación entre las dos demandas.

Segmento E2

Día	Hora de inicio	Hora de fin	Duración	Demanda real	Demanda Strava	SUR(%)	ADD Estimada
Miércoles 22/02/2017	9:47:12	13:41:56	3:54:44	79	19	24%	234
	16:04:22	17:27:16	1:22:54	25	12	48%	197
Sábado 11/03/2017	7:25:48	12:55:12	5:29:24	497	111	22%	580
	13:55:34	15:06:12	1:10:38	102	1	1%	1047
Martes 05/04/2017	8:00:10	11:48:30	3:48:20	36	7	19%	181
	15:00:44	16:08:02	1:07:18	11	5	45%	208
Martes 27/06/2017	6:59:02	12:03:00	5:03:58	159	34	21%	325
Domingo 09/07/2017	7:03:28	10:45:28	3:42:00	153	34	22%	152

Tabla 3. Resultados segmento E2_I22

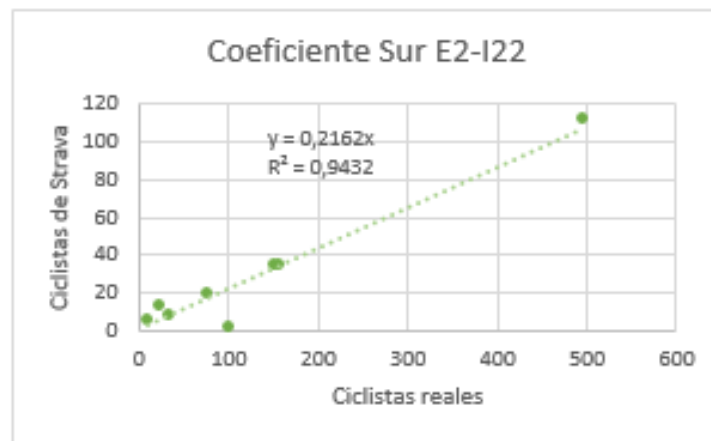


Fig. 3 Relación coeficiente SUR segmento E2_I22

El R^2 es elevado, de 0,9432, lo que determina que Strava si es representativo en este segmento.

Segmento S2

Segmentos	Hora de inicio	Hora de fin	Duración	Demanda real	Demanda Strava	SUR(%)	ADD Estimada
Miércoles 22/02/2017	9:47:12	13:41:56	3:54:44	84	25	30%	492
	16:04:22	17:27:16	1:22:54	30	9	30%	735
Sábado 11/03/2017	7:25:48	12:55:12	5:29:24	863	269	31%	557
	13:55:34	15:06:12	1:10:38	3	0	-	236
Martes 05/04/2017	8:00:10	11:48:30	3:48:20	107	28	26%	233
	15:00:44	16:08:02	1:07:18	20	10	50%	346
Martes 27/06/2017	6:59:02	12:03:00	5:03:58	254	62	24%	345
Domingo 09/07/2017	7:03:28	10:45:28	3:42:00	512	142	28%	294

Tabla 4. Resultados segmento S2_I22

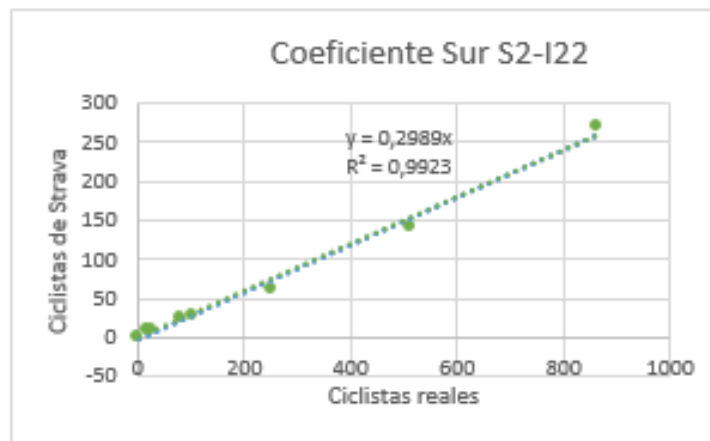


Fig. 4 Relación coeficiente SUR segmento S2_I22

Este segmento también guarda una gran relación con la realidad, ya que el coeficiente de Pearson es 0,9923.

1.2 Rotonda G9

En este caso, al aforarse dos segmentos a la vez en cada tramo debido a la geometría de la vía, para el cálculo de los factores de ajuste se ha realizado la media de ambos valores. La diferencia entre ellos era mínima, siendo prácticamente iguales.

Segmentos E1+C1 D

Segmentos	Hora de inicio	Hora de fin	Duración	Demanda real	Demanda Strava	SUR(%)	ADD Estimada
Miércoles 05/04/2017	7:59:32	11:40:04	3:40:32	15	1	7%	103
	15:00:12	16:26:32	1:26:20	12	4	33%	260
Martes 27/06/2017	7:46:54	10:09:00	2:22:06	20	2	10%	269
	10:21:42	11:33:32	1:11:50	17	3	18%	115
Domingo 09/07/2017	7:12:08	10:11:30	2:59:22	94	23	24%	162

Tabla 5. Resultados segmento E1+C1_D_G9

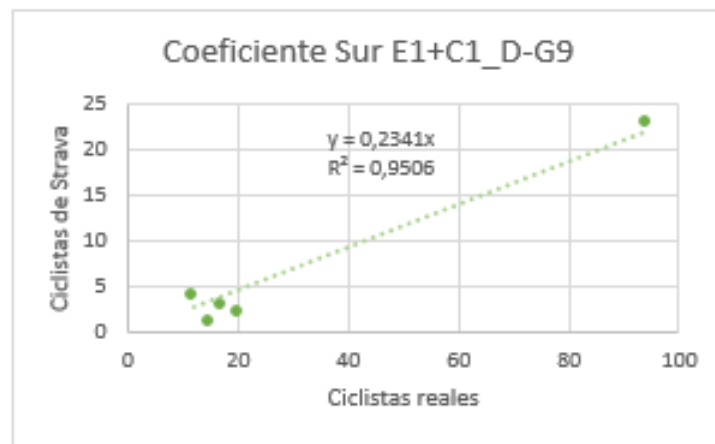


Fig. 5 Relación coeficiente SUR segmento E1+C1_D_G9

Se puede observar en la Fig. 5 que el R^2 es elevado y por tanto Strava está relacionada con la realidad.

Segmentos S1+C1 A

Segmentos	Hora de inicio	Hora de fin	Duración	Demanda real	Demanda Strava	SUR(%)	ADD Estimada
Miércoles 05/04/2017	7:59:32	11:40:04	3:40:32	25	6	24%	85
	15:00:12	16:26:32	1:26:20	2	1	50%	59
Martes 27/06/2017	7:46:54	10:09:00	2:22:06	55	9	16%	187
	10:21:42	11:33:32	1:11:50	9	2	22%	107
Domingo 09/07/2017	7:12:08	10:11:30	2:59:22	293	103	35%	203

Tabla 6. Resultados segmento S1+C1_A_G9

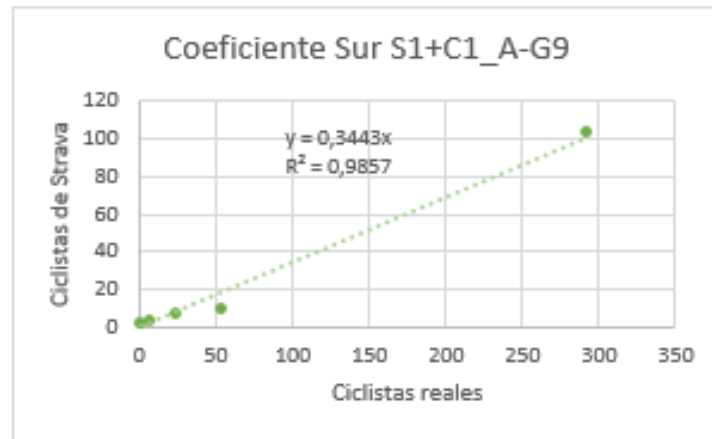


Fig. 6 Relación coeficiente SUR segmento S1+C1_A_G9

En estos segmentos el coeficiente de Pearson es prácticamente 1, lo que indica la gran relación entre la realidad y Strava.

Segmentos E3+E4

Segmentos	Hora de inicio	Hora de fin	Duración	Demanda real	Demanda Strava	SUR(%)	ADD Estimada
Miércoles 05/04/2017	7:59:32	11:40:04	3:40:32	52	3	6%	217
	15:00:12	16:26:32	1:26:20	10	2	20%	301
Martes 27/06/2017	7:46:54	10:09:00	2:22:06	67	1	1%	319
	10:21:42	11:33:32	1:11:50	79	0	0%	591
Domingo 09/07/2017	7:12:08	10:11:30	2:59:22	160	18	11%	108

Tabla 7. Resultados segmento E3+E4_G9

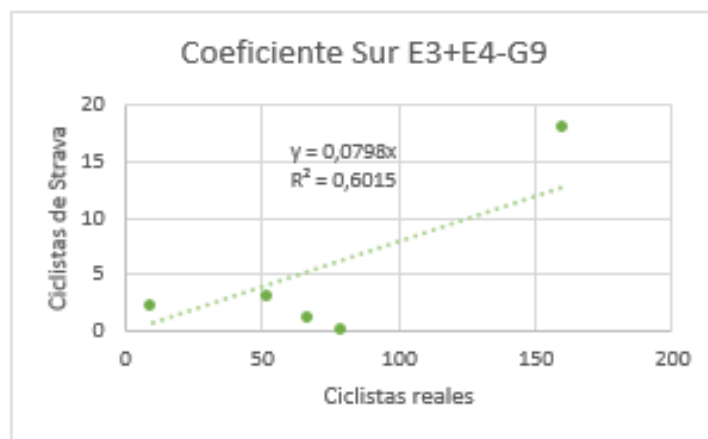


Fig. 7 Relación coeficiente SUR segmento E3+E4_G9

En este caso, observando la Fig. 7 no existe relación elevada del coeficiente SUR puesto que los datos se encuentran dispersos.

Segmentos S3+S4

Segmentos	Hora de inicio	Hora de fin	Duración	Demanda real	Demanda Strava	SUR(%)	ADD Estimada
Miércoles 05/04/2017	7:59:32	11:40:04	3:40:32	50	6	12%	255
	15:00:12	16:26:32	1:26:20	13	4	31%	470
Martes 27/06/2017	7:46:54	10:09:00	2:22:06	184	31	17%	292
	10:21:42	11:33:32	1:11:50	14	2	14%	271
Domingo 09/07/2017	7:12:08	10:11:30	2:59:22	277	31	11%	148

Tabla 8. Resultados segmento S3+S4_G9

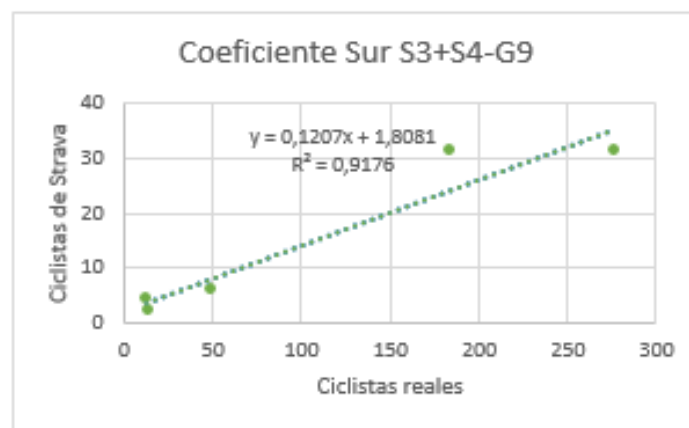


Fig. 8 Relación coeficiente SUR segmento S3+S4_G9

En estos segmentos el R^2 obtenido es de 0,9176.

Segmentos E5+C2 A

Segmentos	Hora de inicio	Hora de fin	Duración	Demanda real	Demanda Strava	SUR(%)	ADD Estimada
Miércoles 05/04/2017	7:59:32	11:40:04	3:40:32	67	16	24%	266
	15:00:12	16:26:32	1:26:20	15	8	53%	412
Martes 27/06/2017	7:46:54	10:09:00	2:22:06	251	55	22%	494
	10:21:42	11:33:32	1:11:50	16	6	38%	166
Domingo 09/07/2017	7:12:08	10:11:30	2:59:22	500	145	29%	301

Tabla 9. Resultados segmento E5+C2_A_G9

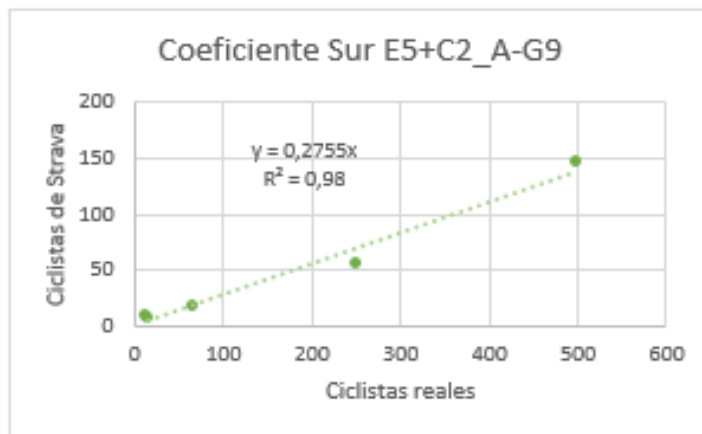


Fig. 9 Relación coeficiente SUR segmento E5+C2_A_G9

En estos segmentos la relación también es elevada ya que el R^2 tiene un valor de 0,98.

Segmentos S5+C2 D

Segmentos	Hora de inicio	Hora de fin	Duración	Demanda real	Demanda Strava	SUR(%)	ADD Estimada
Miércoles 05/04/2017	7:59:32	11:40:04	3:40:32	60	10	17%	349
	15:00:12	16:26:32	1:26:20	21	12	57%	492
Martes 27/06/2017	7:46:54	10:09:00	2:22:06	95	22	23%	671
	10:21:42	11:33:32	1:11:50	89	17	19%	364
Domingo 09/07/2017	7:12:08	10:11:30	2:59:22	184	38	21%	283

Tabla 10. Resultados segmento S5+C2_D_G9

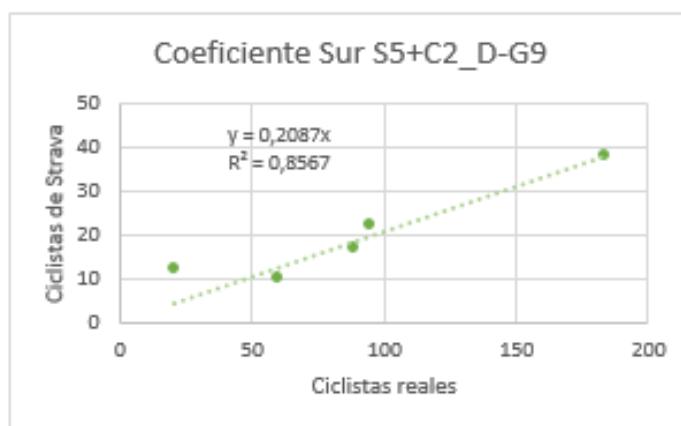


Fig. 10 Relación coeficiente SUR segmento S5+C2_D_G9

El coeficiente de Pearson obtenido es de 0,8567.

1.3 Intersección IA2f

En esta intersección debido a que solo se han tomado datos dos días diferentes por lo que no se va a calcular el coeficiente de Pearson debido a la pequeña muestra.

Segmento E1

Días	Hora de inicio	Hora de fin	Duración	Demanda real	Demanda Strava	SUR(%)	AADB Estimada
Martes 27/06/2017	8:11:04	11:29:24	3:18:20	98	26	27%	221
Domingo 09/07/2017	7:14:20	10:39:36	3:25:16	356	85	24%	311

Tabla 11. Resultados segmento E1_IA2f

Tabla 12. Resultados AADB segmento E1_IA2f

Segmento S1

Días	Hora de inicio	Hora de fin	Duración	Demanda real	Demanda Strava	SUR(%)	AADB Estimada
Martes 27/06/2017	8:11:04	11:29:24	3:18:20	58	22	38%	180
Domingo 09/07/2017	7:14:20	10:39:36	3:25:16	81	20	25%	94

Tabla 13. Resultados segmento S1_IA2f

Segmento E2

Días	Hora de inicio	Hora de fin	Duración	Demanda real	Demanda Strava	SUR(%)	AADB Estimada
Martes 27/06/2017	8:11:04	11:29:24	3:18:20	77	17	22%	238
Domingo 09/07/2017	7:14:20	10:39:36	3:25:16	94	27	29%	98

Tabla 14. Resultados segmento E2_IA2f

Segmento S2

Días	Hora de inicio	Hora de fin	Duración	Demanda real	Demanda Strava	SUR(%)	AADB Estimada
Martes 27/06/2017	8:11:04	11:29:24	3:18:20	82	26	32%	178
Domingo 09/07/2017	7:14:20	10:39:36	3:25:16	322	80	25%	290

Tabla 15. Resultados segmento S2_IA2f

2. Zona 1: El Saler

2.1 Rotonda G21

Segmento E1

Días	Hora de inicio	Hora de fin	Duración	Demanda real	Demanda Strava	SUR(%)	AADB Estimada
Sábado 08/04/2017	7:30:54	13:08:38	5:37:44	534	112	21%	477
Miércoles 17/05/2017	7:16:30	11:01:24	3:44:54	104	23	22%	267
	14:50:28	16:45:10	1:54:42	30	8	27%	174
Jueves 20/07/2017	6:51:14	10:34:20	3:43:06	119	28	24%	273
Domingo 23/07/2017	7:45:00	11:19:56	3:34:56	214	29	14%	433
Jueves 28/09/2017	7:58:46	12:27:42	4:28:56	233	31	13%	329
Sábado 28/10/2017	8:28:30	12:07:48	3:39:18	349	77	22%	331

Tabla 16. Resultados segmento E1_G21

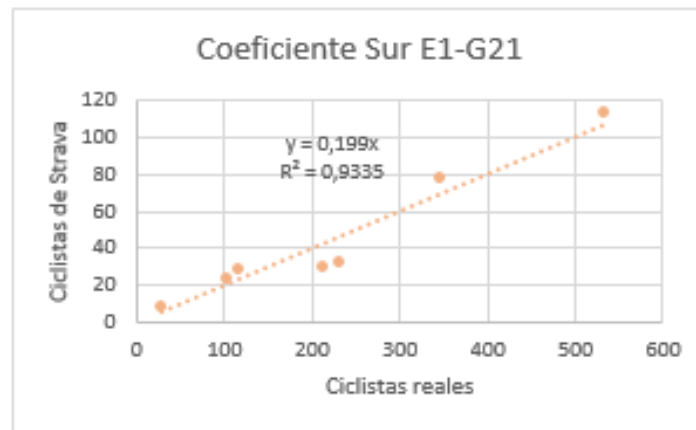


Fig. 11 Relación AADB segmento E1_G21

El coeficiente de Pearson en este segmento es elevado, con un valor de 0,9335.

Segmento S1

Días	Hora de inicio	Hora de fin	Duración	Demanda real	Demanda Strava	SUR(%)	AADB Estimada
Sábado 08/04/2017	7:30:54	13:08:38	5:37:44	487	94	19%	535
Miércoles 17/05/2017	7:16:30	11:01:24	3:44:54	53	18	34%	347
	14:50:28	16:45:10	1:54:42	38	10	26%	197
Jueves 20/07/2017	6:51:14	10:34:20	3:43:06	71	22	31%	289
Domingo 23/07/2017	7:45:00	11:19:56	3:34:56	172	27	16%	482
Jueves 28/09/2017	7:58:46	12:27:42	4:28:56	222	27	12%	672
Sábado 28/10/2017	8:28:30	12:07:48	3:39:18	292	70	24%	231

Tabla 17. Resultados segmento S1_G21

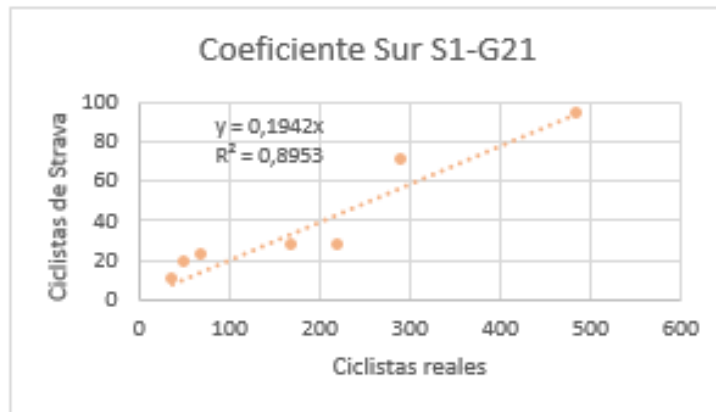


Fig. 12 Relación coeficiente SUR segmento S1_G21

El valor de R^2 es 0,89 lo que demuestra la relación entre Strava y la realidad por ser elevado.

Segmento E4

Días	Hora de inicio	Hora de fin	Duración	Demanda real	Demanda Strava	SUR(%)	AADB Estimada
Sábado 08/04/2017	7:30:24	13:18:13	5:47:49	640	143	22%	607
Miércoles 17/05/2017	7:16:54	11:12:36	3:55:42	71	22	31%	439
	14:50:44	16:42:36	1:51:52	50	17	34%	280
Jueves 20/07/2017	6:51:24	8:25:52	1:34:28	19	5	26%	520
	8:47:38	10:29:56	1:42:18	59	23	39%	501
Domingo 23/07/2017	7:45:06	11:28:58	3:43:52	230	52	23%	540
Jueves 28/09/2017	7:59:08	12:27:22	4:28:14	249	45	18%	459
Sábado 28/10/2017	8:27:22	12:08:56	3:41:34	411	113	27%	257

Tabla 18. Resultados segmento E4_G21

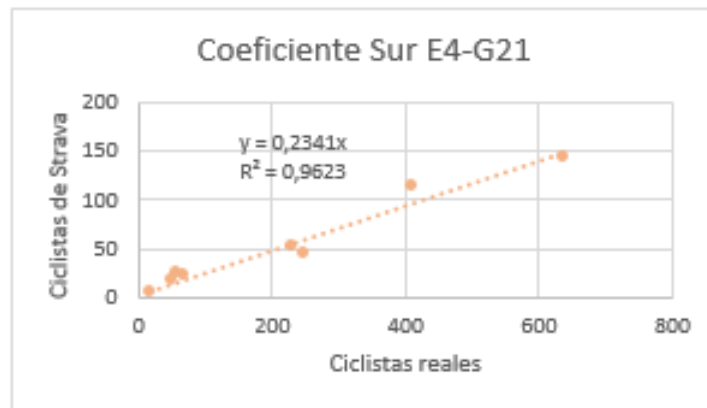


Fig. 13 Relación coeficiente SUR segmento E4_G21

El coeficiente de correlación de Pearson es de 0,9623, un valor alto.

Segmento S4

Días	Hora de inicio	Hora de fin	Duración	Demanda real	Demanda Strava	SUR(%)	AADB Estimada
Sábado 08/04/2017	7:30:24	13:18:13	5:47:49	613	161	26%	490
Miércoles 17/05/2017	7:16:54	11:12:36	3:55:42	167	38	23%	439
	14:50:44	16:42:36	1:51:52	36	12	33%	205
Jueves 20/07/2017	6:51:24	8:25:52	1:34:28	81	27	33%	388
	8:47:38	10:29:56	1:42:18	54	15	28%	252
Domingo 23/07/2017	7:45:06	11:28:58	3:43:52	275	64	23%	515
Jueves 28/09/2017	7:59:08	12:27:22	4:28:14	302	55	18%	440
Sábado 28/10/2017	8:27:22	12:08:56	3:41:34	494	124	25%	237

Tabla 19. Resultados segmento S4_G21

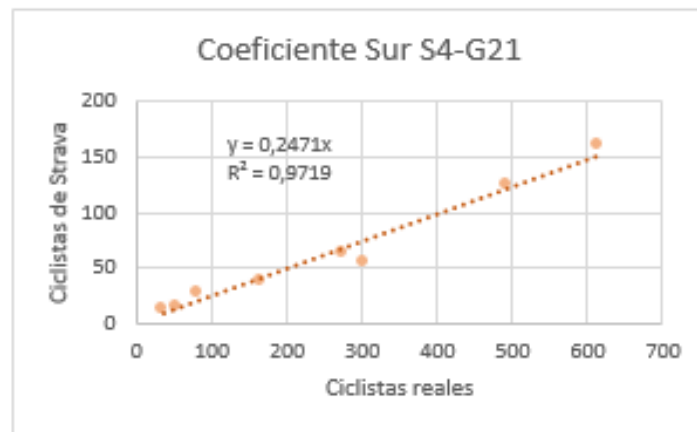


Fig. 14 Relación coeficiente SUR segmento S4_G21

En este segmento se vuelve a repetir un R^2 elevado, con valor de 0,9719.

Segmento E5

Días	Hora de inicio	Hora de fin	Duración	Demanda real	Demanda Strava	SUR(%)	AADB Estimada
Sábado 08/04/2017	7:30:54	13:08:38	5:37:44	115	3	3%	97
Miércoles 17/05/2017	7:16:54	11:12:36	3:55:42	24	2	8%	69
	14:50:44	16:42:36	1:51:52	5	0	0%	0
Jueves 20/07/2017	6:51:14	10:34:20	3:43:06	12	2	17%	112
Domingo 23/07/2017	7:45:00	11:19:56	3:34:56	35	2	6%	31
Jueves 28/09/2017	7:59:08	12:27:22	4:28:14	37	0	0%	89
Sábado 28/10/2017	8:27:22	12:08:56	3:41:34	45	3	7%	81

Tabla 20. Resultados segmento E5_G21

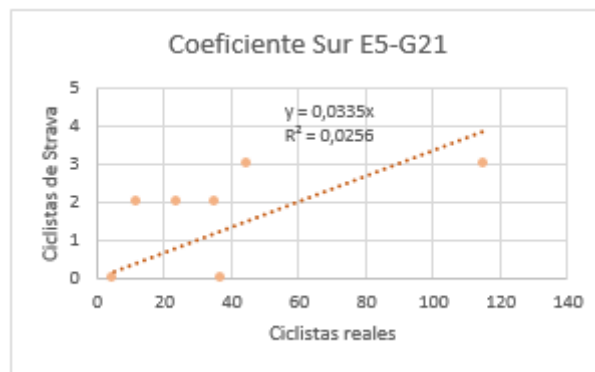


Fig. 15 Relación coeficiente SUR segmento E5_G21

En este segmento se puede observar en la Tabla 20 la baja demanda registrada y el bajo coeficiente de Pearson. El valor de R^2 de 0,0256 indica que en este sentido del tramo Strava no tiene ninguna representatividad.

Segmento S5

Días	Hora de inicio	Hora de fin	Duración	Demanda real	Demanda Strava	SUR(%)	AADB Estimada
Sábado 08/04/2017	7:30:24	13:18:13	5:47:49	68	4	6%	121
Miércoles 17/05/2017	7:16:30	11:01:24	3:44:54	23	2	9%	100
	14:50:28	16:45:10	1:54:42	1	0	0%	78
Jueves 20/07/2017	6:51:14	10:34:20	3:43:06	25	0	0%	34
Domingo 23/07/2017	7:45:00	11:19:56	3:34:56	21	1	5%	20
Jueves 28/09/2017	7:59:08	12:27:22	4:28:14	17	0	0%	54
Sábado 28/10/2017	8:28:30	12:07:48	3:39:18	33	2	6%	43

Tabla 21. Resultados segmento S5_G21

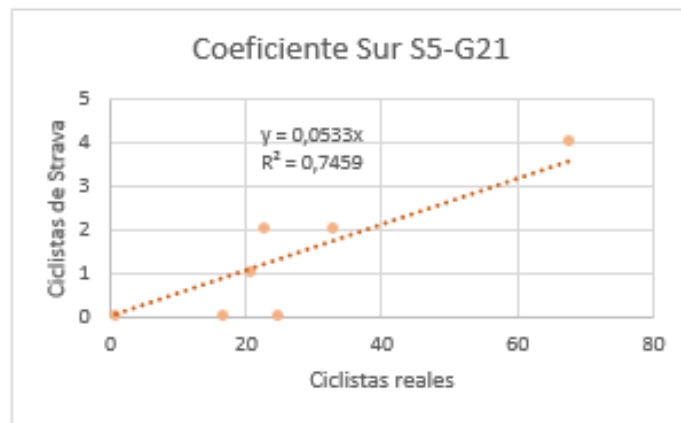


Fig. 16 Relación coeficiente SUR segmento S5_G21

El coeficiente de Pearson es 0,7459, que a pesar de no ser un valor muy alto, si demuestra que existe la relación con Strava.

2.2 Rotonda G24

Segmento E1

Días	Hora de inicio	Hora de fin	Duración	Demanda real	Demanda Strava	SUR(%)	AADB Estimada
Sábado 08/04/2017	8:14:54	13:00:36	4:45:42	40	15	38%	42
Miércoles 17/05/2017	7:20:48	10:58:22	3:37:34	13	0	0%	171
	14:45:30	16:26:08	1:40:38	5	4	80%	64
Jueves 20/07/2017	7:26:42	10:00:30	2:33:48	13	1	8%	77

Tabla 22. Resultados segmento E1_G24

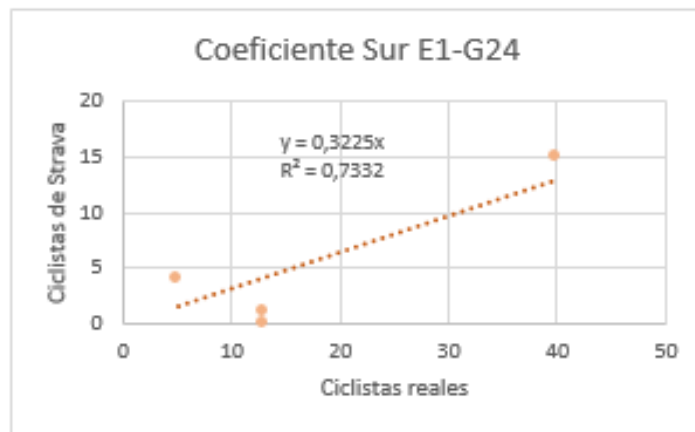


Fig. 17 Relación coeficiente SUR segmento E1_G24

El R^2 tiene un valor de 0,7332.

Segmento S1

Segmentos	Hora de inicio	Hora de fin	Duración	Demanda real	Demanda Strava	SUR(%)	ADD Estimada
Sábado 08/04/2017	8:14:54	13:00:36	4:45:42	64	14	22%	56
Miércoles 17/05/2017	7:20:48	10:58:22	3:37:34	9	2	22%	25
	14:45:30	16:26:08	1:40:38	4	1	25%	34
Jueves 20/07/2017	7:26:42	10:00:30	2:33:48	37	0	0%	128

Tabla 23. Resultados segmento S1_G24

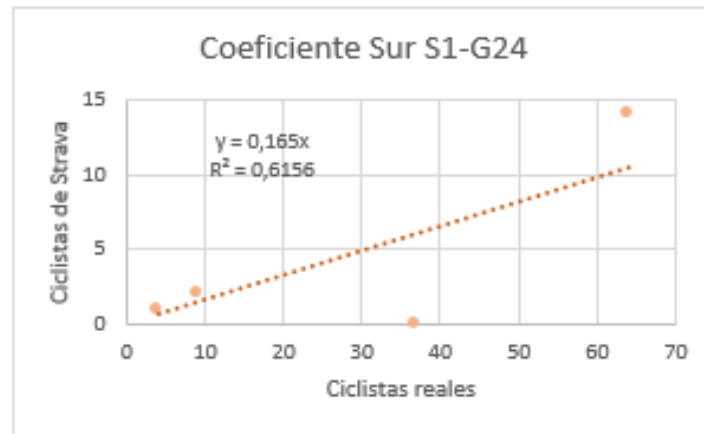


Fig. 18 Relación coeficiente SUR segmento S1_G24

En este segmento el coeficiente de R^2 no es muy elevado.

Segmento E2

Día	Hora de inicio	Hora de fin	Duración	Demanda real	Demanda Strava	SUR(%)	AADB	% Error abs.	% Error
Sábado 08/04/2017	8:11:14	10:04:24	1:53:10	54	7	13%	187	392%	392%
	11:07:36	12:59:22	1:51:46	11	0	0%	95	151%	151%
Miércoles 17/05/2017	7:20:48	10:58:22	3:37:34	11	1	9%	16	58%	-58%
	14:45:30	16:26:08	1:40:38	5	2	40%	23	39%	-39%
Jueves 20/07/2017	7:26:42	10:00:30	2:33:48	20	3	15%	64	69%	69%

Tabla 24. Resultados segmento E2_G24

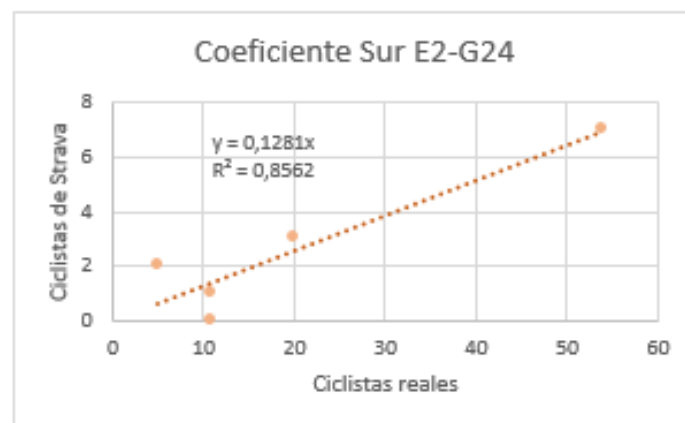


Fig. 19 Relación coeficiente SUR segmento E2_G24

El coeficiente de Pearson en este segmento es de 0,8562 mostrando que si existe una relación entre la realidad y Strava.

Segmento S2

Segmentos	Hora de inicio	Hora de fin	Duración	Demanda real	Demanda Strava	SUR(%)	ADD Estimada
Sábado 08/04/2017	8:11:14	10:04:24	1:53:10	7	2	29%	25
	11:07:36	12:59:22	1:51:46	38	5	13%	104
Miércoles 17/05/2017	7:20:48	10:58:22	3:37:34	8	0	0%	50
	14:45:30	16:26:08	1:40:38	7	4	57%	113
Jueves 20/07/2017	7:26:42	10:00:30	2:33:48	28	2	7%	105

Tabla 25. Resultados segmento S2_G24

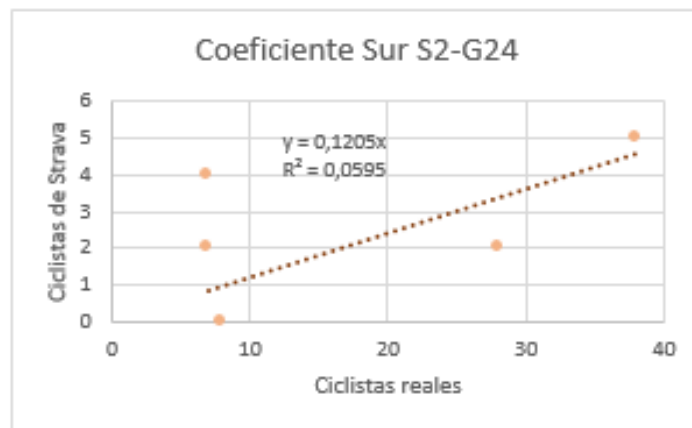


Fig. 20 Relación coeficiente SUR S2_G24

El bajo R^2 obtenido en este segmento hace constar que en este caso Strava no es representativo de la realidad debido a la gran dispersión de los datos.

2.3 Rotonda G26

Segmento E1

Días	Hora de inicio	Hora de fin	Duración	Demanda real	Demanda Strava	SUR(%)	AADB Estimada
Sábado 08/04/2017	7:37:18	13:06:58	5:29:40	535	139	26%	361
Miércoles 17/05/2017	7:14:24	10:58:10	3:43:46	96	20	21%	321
	14:44:18	16:43:08	1:58:50	24	15	63%	207
Jueves 20/07/2017	7:04:26	10:27:58	3:23:32	167	21	13%	303
Domingo 23/07/2017	7:57:36	11:16:06	3:18:30	267	54	20%	350
Jueves 28/09/2017	8:30:00	11:55:00	3:25:00	241	45	19%	332
Sábado 28/10/2017	8:46:04	11:50:00	3:03:56	415	112	27%	151

Tabla 26. Resultados segmento E1_G26

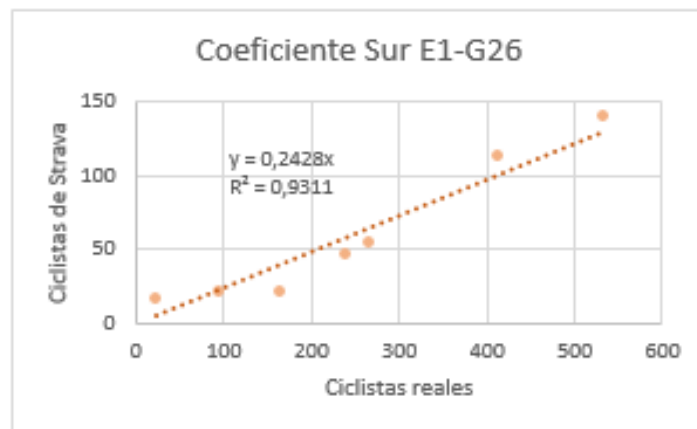


Fig. 21 Relación coeficiente SUR segmento E1_G26

En este segmento de la rotonda G24, el coeficiente de Pearson es elevado, con un valor de 0,9311. Por lo que Strava si es representativo.

Segmento S1

Días	Hora de inicio	Hora de fin	Duración	Demanda real	Demanda Strava	SUR(%)	AADB Estimada
Sábado 08/04/2017	7:37:18	13:06:58	5:29:40	516	136	26%	401
Miércoles 17/05/2017	7:14:24	10:58:10	3:43:46	44	11	25%	217
	14:44:18	16:43:08	1:58:50	24	12	50%	191
Jueves 20/07/2017	7:04:26	10:27:58	3:23:32	95	9	9%	287
Domingo 23/07/2017	7:57:36	11:16:06	3:18:30	228	51	22%	401
Jueves 28/09/2017	8:30:00	11:55:00	3:25:00	221	39	18%	407
Sábado 28/10/2017	8:46:04	11:50:00	3:03:56	350	103	29%	158

Tabla 27. Resultados segmento S1_G26

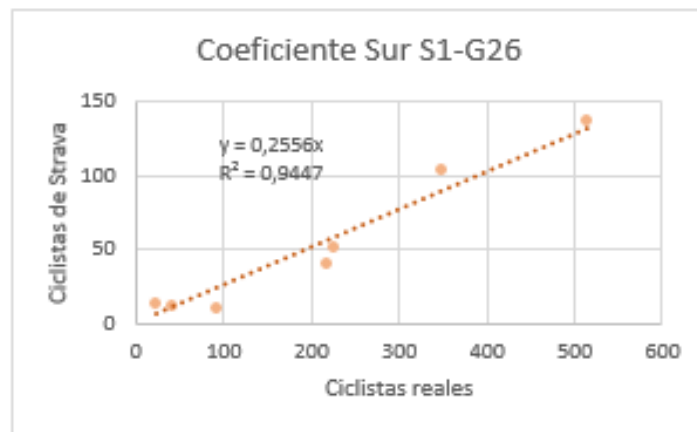


Fig. 22 Relación coeficiente SUR segmento S1_G26

El R^2 del segmento tiene un valor de 0,9447.

Segmento E3

Días	Hora de inicio	Hora de fin	Duración	Demanda real	Demanda Strava	SUR(%)	AADB Estimada
Sábado 08/04/2017	7:35:36	13:04:50	5:29:14	70	14	20%	60
Miércoles 17/05/2017	7:17:12	11:05:48	3:48:36	12	0	0%	32
	14:44:18	16:43:08	1:58:50	2	2	100%	17
Jueves 20/07/2017	7:04:26	10:27:58	3:23:32	15	1	7%	40
Domingo 23/07/2017	7:59:10	11:18:08	3:18:58	53	14	26%	56
Jueves 28/09/2017	8:30:00	11:55:00	3:25:00	23	2	9%	47
Sábado 28/10/2017	8:46:04	11:50:00	3:03:56	90	23	26%	84

Tabla 28. Resultados segmento E3_G26

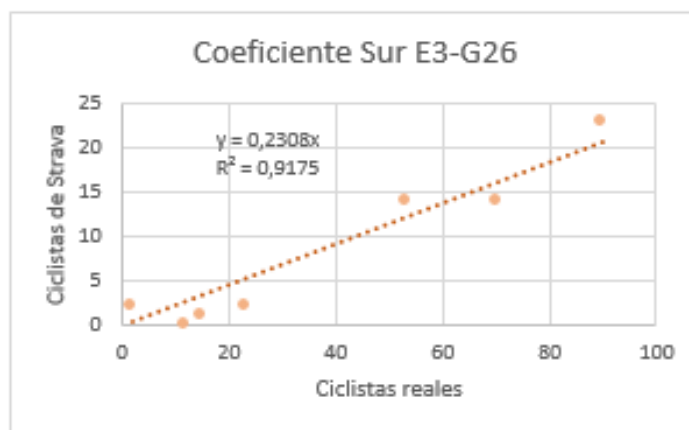


Fig. 23 Relación coeficiente SUR segmento E3_G26

El valor del coeficiente de Pearson es de 0,9175. Es elevado mostrando la representatividad de Strava.

Segmento S3

Días	Hora de inicio	Hora de fin	Duración	Demanda real	Demanda Strava	SUR(%)	AADB Estimada
Sábado 08/04/2017	7:35:36	13:04:50	5:29:14	44	14	32%	51
Miércoles 17/05/2017	7:17:12	11:05:48	3:48:36	19	3	16%	252
	14:44:18	16:43:08	1:58:50	4	2	50%	42
Jueves 20/07/2017	7:04:26	10:27:58	3:23:32	7	1	14%	22
Domingo 23/07/2017	7:59:10	11:18:08	3:18:58	23	8	35%	43
Jueves 28/09/2017	8:30:00	11:55:00	3:25:00	26	5	19%	103
Sábado 28/10/2017	8:46:04	11:50:00	3:03:56	42	10	24%	3

Tabla 29. Resultados segmento S3_G26

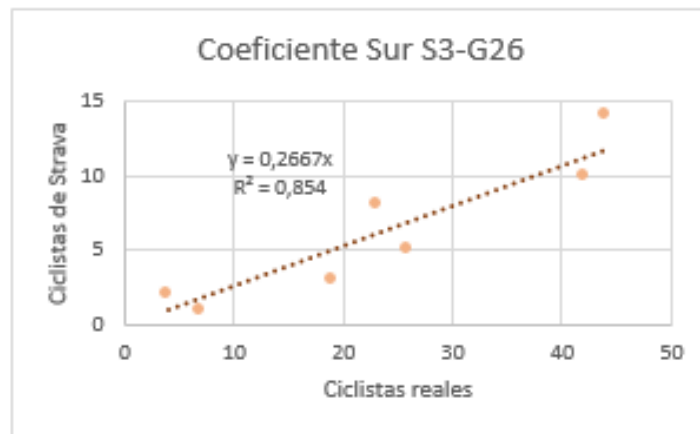


Fig. 24 Relación coeficiente SUR segmento S3_G26

El coeficiente de Pearson arroja que este segmento tiene una correlación más que aceptable.

Segmento E4

Días	Hora de inicio	Hora de fin	Duración	Demanda real	Demanda Strava	SUR(%)	AADB Estimada
Sábado 08/04/2017	7:37:08	13:06:56	5:29:48	458	113	25%	338
Miércoles 17/05/2017	7:14:30	11:08:56	3:54:26	66	13	20%	399
	14:44:18	16:43:08	1:58:50	15	8	53%	154
Jueves 20/07/2017	7:04:26	10:27:58	3:23:32	78	8	10%	218
Domingo 23/07/2017	7:57:36	11:16:06	3:18:30	216	47	22%	336
Jueves 28/09/2017	8:30:00	11:55:00	3:25:00	222	38	17%	432
Sábado 28/10/2017	8:46:04	11:50:00	3:03:56	287	81	28%	121

Tabla 30. Resultados segmento E4_G26

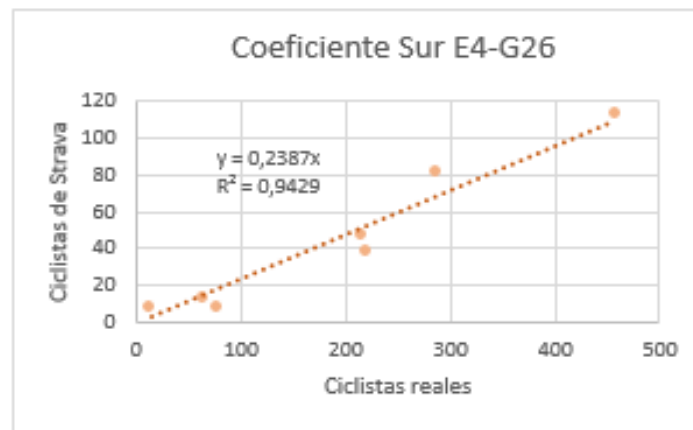


Fig. 25 Relación coeficiente SUR segmento E4_G26

El R^2 del segmento E4 tiene un valor de 0,9429.

Segmento S4

Días	Hora de inicio	Hora de fin	Duración	Demanda real	Demanda Strava	SUR(%)	AADB Estimada
Sábado 08/04/2017	7:37:08	13:06:56	5:29:48	490	123	25%	305
Miércoles 17/05/2017	7:14:30	11:08:56	3:54:26	90	16	18%	296
	14:44:18	16:43:08	1:58:50	13	10	77%	137
Jueves 20/07/2017	7:04:26	10:27:58	3:23:32	168	20	12%	274
Domingo 23/07/2017	7:57:36	11:16:06	3:18:30	279	59	21%	311
Jueves 28/09/2017	8:30:00	11:55:00	3:25:00	234	42	18%	307
Sábado 28/10/2017	8:46:04	11:50:00	3:03:56	391	103	26%	276

Tabla 31. Resultados segmento S4_G26

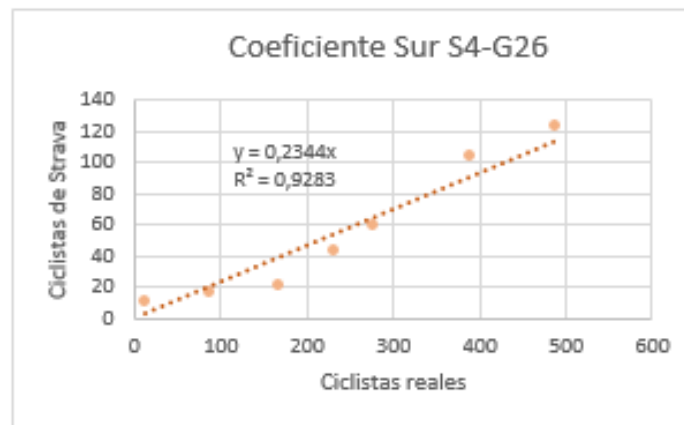


Fig. 26 Relación coeficiente SUR segmento S4_G26

El valor de R^2 es 0,9283, con lo que en este tramo Strava si es representativo.

3. Zona 3: Monserrat

3.1 Rotonda G34

Segmento E1

Días	Hora de inicio	Hora de fin	Duración	Demanda real	Demanda Strava	SUR(%)	AADB Estimada
Sábado 03/06/2017	7:36:38	12:13:42	4:37:04	32	5	16%	16
Martes 01/08/2017	7:00:00	11:35:40	4:35:40	26	4	15%	72
Jueves 19/10/2017	8:00:00	12:35:00	4:35:00	14	5	36%	56

Tabla 32. Resultados segmento E1_G34

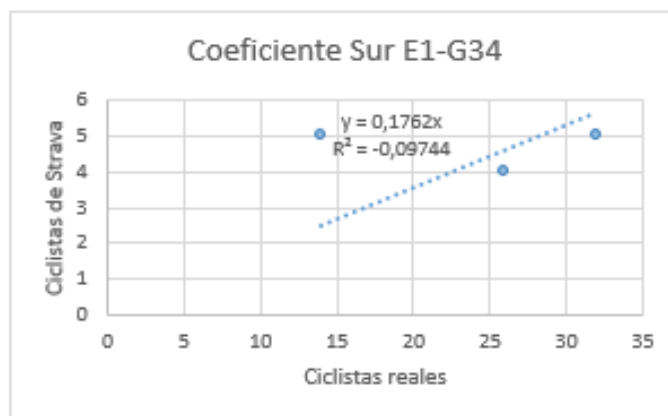


Fig. 27 Relación coeficiente SUR segmento E1_G34

Como se puede observar en la Fig. 27 el coeficiente de Pearson es prácticamente 0, por lo que en este tramo Strava no es nada representativo. Es el más bajo de todos los puntos de observación.

Segmento S1

Días	Hora de inicio	Hora de fin	Duración	Demanda real	Demanda Strava	SUR(%)	AADB	% Error abs.	% Error
Sábado 03/06/2017	7:36:38	12:13:42	4:37:04	112	30	27%	53	26%	26%
Martes 01/08/2017	7:00:00	11:35:40	4:35:40	28	3	11%	57	36%	36%
Jueves 19/10/2017	8:00:00	12:35:00	4:35:00	32	4	13%	110	161%	161%

Tabla 33. Resultados segmento S1_G34

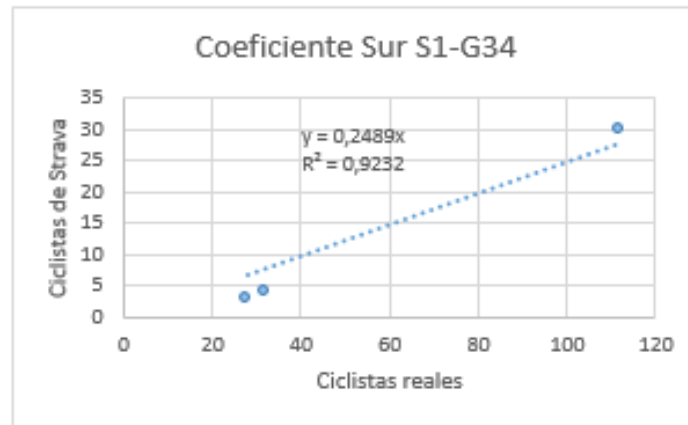


Fig. 28 Relación coeficiente SUR segmento S1_G34

En este segmento Strava es totalmente representativo ya que el R^2 es muy próximo a 1.

Segmento E2

Días	Hora de inicio	Hora de fin	Duración	Demanda real	Demanda Strava	SUR(%)	AADB	% Error abs.	% Error
Sábado 03/06/2017	7:36:38	12:13:42	4:37:04	109	32	29%	40	64%	-64%
Martes 01/08/2017	7:00:00	11:35:40	4:35:40	45	8	18%	123	10%	10%
Jueves 19/10/2017	8:00:00	12:35:00	4:35:00	28	7	25%	90	19%	-19%

Tabla 34. Resultados segmento E2_G34

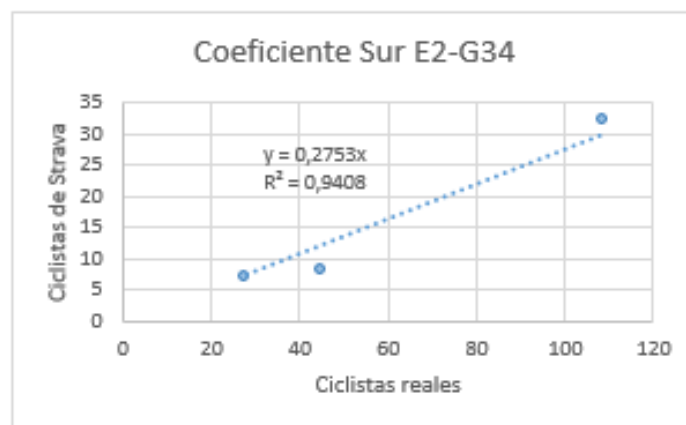


Fig. 29 Relación coeficiente SUR segmento E2_G34

Strava muestra una buena representación ya que el R^2 es 0,9408.

Segmento S2

Días	Hora de inicio	Hora de fin	Duración	Demanda real	Demanda Strava	SUR(%)	AADB Estimada
Sábado 03/06/2017	7:36:38	12:13:42	4:37:04	92	29	32%	60
Martes 01/08/2017	7:00:00	11:35:40	4:35:40	77	9	12%	102
Jueves 19/10/2017	8:00:00	12:35:00	4:35:00	35	6	17%	92

Tabla 35. Resultados segmento S2_G34

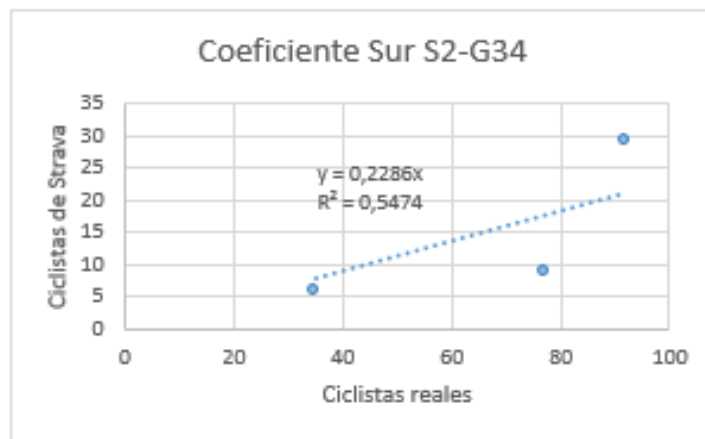


Fig. 30 Relación coeficiente SUR segmento S2_G34

En este segmento el ajuste es aceptable con un R^2 de 0,5474.

Segmento E3

Días	Hora de inicio	Hora de fin	Duración	Demanda real	Demanda Strava	SUR(%)	AADB Estimada
Sábado 03/06/2017	7:33:06	12:14:30	4:41:24	116	31	27%	52
Martes 01/08/2017	7:00:00	11:35:40	4:35:40	60	5	8%	90
Jueves 19/10/2017	8:00:00	12:35:00	4:35:00	37	9	24%	131

Tabla 36. Resultados segmento E3_G34

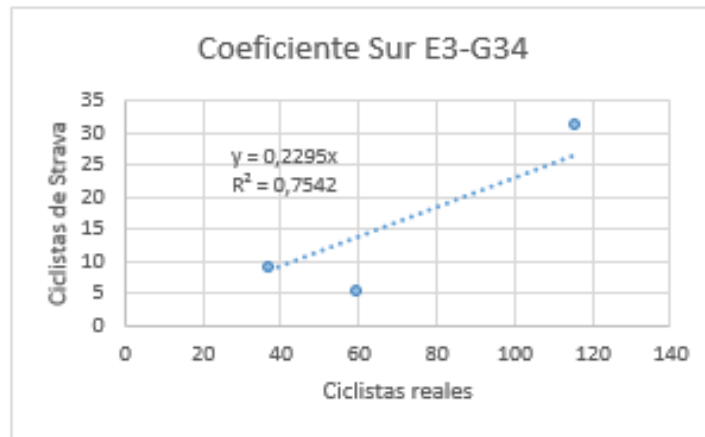


Fig. 31 Relación coeficiente SUR segmento E3_G34

El coeficiente de Pearson en este segmento es de 0,7542.

Segmento S3

Días	Hora de inicio	Hora de fin	Duración	Demanda real	Demanda Strava	SUR(%)	AADB	% Error abs.	% Error
Sábado 03/06/2017	7:33:06	12:14:30	4:41:24	52	10	19%	28	55%	-55%
Martes 01/08/2017	7:00:00	11:35:40	4:35:40	23	4	17%	57	10%	-10%
Jueves 19/10/2017	8:00:00	12:35:00	4:35:00	24	10	42%	65	3%	3%

Tabla 37. Resultados segmento S3_G34

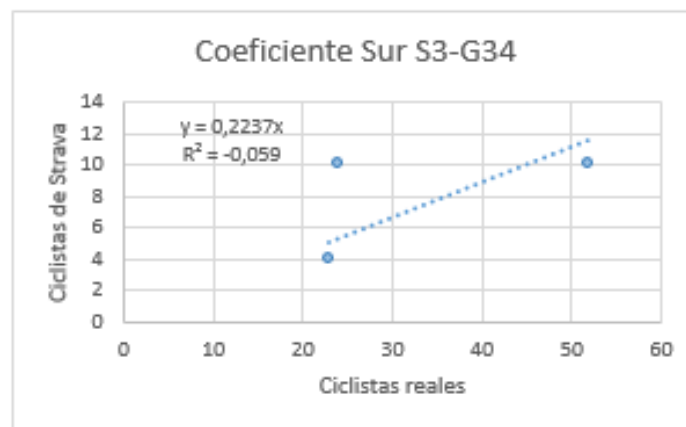


Fig. 32 Relación coeficiente SUR segmento S3_G34

Este segmento muestra un R^2 muy bajo, con un valor de 0,059, por lo que Strava no es representativo de la realidad.

Segmento A4

Días	Hora de inicio	Hora de fin	Duración	Demanda real	Demanda Strava	SUR(%)	AADB Estimada
Sábado 03/06/2017	7:36:38	12:13:42	4:37:04	88	34	39%	78
Martes 01/08/2017	7:00:00	11:35:40	4:35:40	55	12	22%	86
Jueves 19/10/2017	8:00:00	12:35:00	4:35:00	36	4	11%	88

Tabla 38. Resultados segmento A4_G34

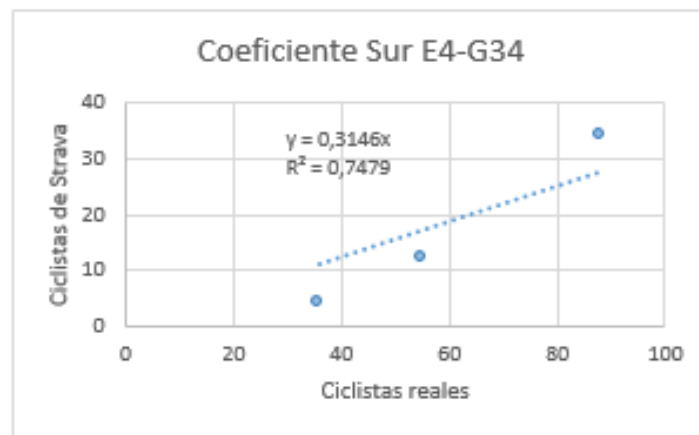


Fig. 33 Relación coeficiente SUR segmento A4_G34

El coeficiente de Pearson es elevado, obteniéndose un valor de 0,7479.

Segmento S4

Días	Hora de inicio	Hora de fin	Duración	Demanda real	Demanda Strava	SUR(%)	AADB Estimada
Sábado 03/06/2017	7:36:38	12:13:42	4:37:04	89	35	39%	37
Martes 01/08/2017	7:00:00	11:35:40	4:35:40	58	13	22%	155
Jueves 19/10/2017	8:00:00	12:35:00	4:35:00	24	5	21%	82

Tabla 39. Resultados segmento S4_G34

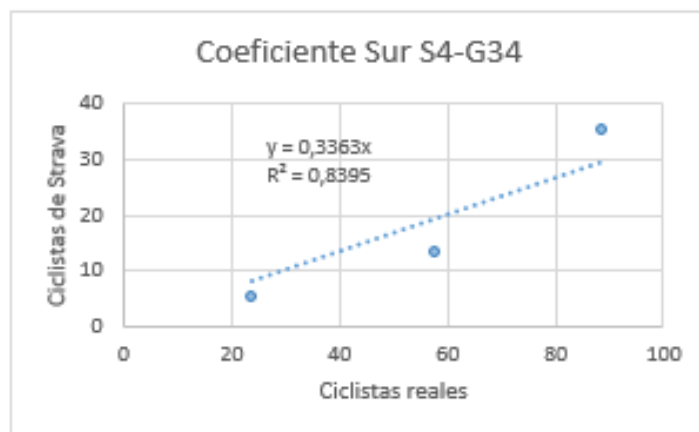


Fig. 34 Relación coeficiente SUR segmento S4_G34

En este caso R^2 es elevado, siendo 0,8395.

3.2 Intersección I31

En esta intersección debido a que solo se han tomado datos un día no se va a calcular el coeficiente de Pearson. El día de la toma de datos fue el sábado 03/06/2017.

Segmentos	Hora de inicio	Hora de fin	Duración	Demanda real	Demanda Strava	SUR(%)	AADB Estimada
E1	8:55:46	11:58:00	3:02:14	26	5	19%	33
S1	8:55:46	11:58:00	3:02:14	29	4	14%	72
E3	8:55:46	11:58:00	3:02:14	30	10	33%	37
S3	8:55:46	11:58:00	3:02:14	58	18	31%	52

Tabla 40. Resultados segmentos Intersección I31

3.3 Intersección I32

Segmento E1

Días	Hora de inicio	Hora de fin	Duración	Demanda real	Demanda Strava	SUR(%)	AADB Estimada
Sábado 03/06/2017	9:02:22	11:53:38	2:51:16	47	13	28%	34
Martes 01/08/2017	7:33:54	10:59:20	3:25:26	12	5	11%	54
Jueves 19/10/2017	8:50:04	11:50:00	2:59:56	6	4	67%	63

Tabla 41. Resultados segmento E1_I32

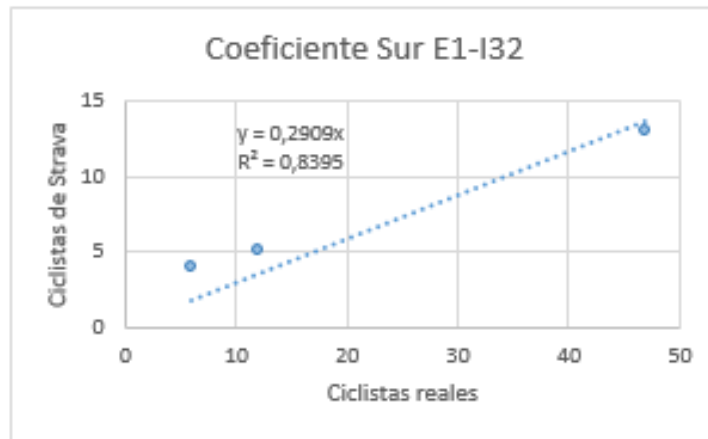


Fig. 35 Relación coeficiente SUR segmento E1_I32

El coeficiente Pearson es elevado con un valor de 0,8395.

Segmento S1

Días	Hora de inicio	Hora de fin	Duración	Demanda real	Demanda Strava	SUR(%)	AADB Estimada
Sábado 03/06/2017	9:02:22	11:53:38	2:51:16	36	13	36%	252
Martes 01/08/2017	7:33:54	10:59:20	3:25:26	26	9	25%	64
Jueves 19/10/2017	8:50:04	11:50:00	2:59:56	6	4	67%	94

Tabla 42. Resultados segmento S1_I32

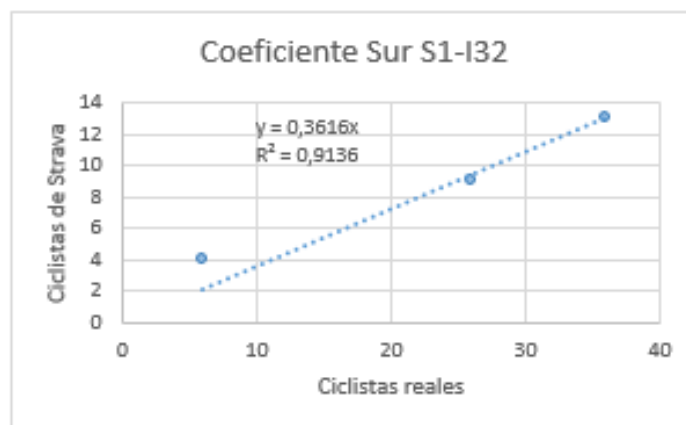


Fig. 36 Relación coeficiente SUR segmento S1_I32

En este segmento se vuelve a repetir un R^2 elevado con un valor de 0,9136.

Segmento E2

Días	Hora de inicio	Hora de fin	Duración	Demanda real	Demanda Strava	SUR(%)	AADB Estimada
Sábado 03/06/2017	9:02:22	11:53:38	2:51:16	43	15	35%	262
Martes 01/08/2017	7:33:54	10:59:20	3:25:26	37	8	19%	137
Jueves 19/10/2017	8:50:04	11:50:00	2:59:56	24	9	38%	190

Tabla 43. Resultados segmento E2_I32

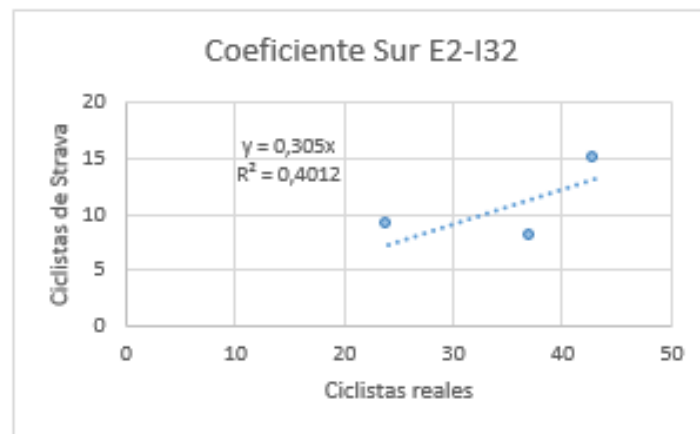


Fig. 37 Relación coeficiente SUR segmento E2_I32

El R^2 de este segmento muestra una relación baja ya que su valor es 0,4012.

Segmento S2

Días	Hora de inicio	Hora de fin	Duración	Demanda real	Demanda Strava	SUR(%)	AADB Estimada
Sábado 03/06/2017	9:02:22	11:53:38	2:51:16	38	9	24%	68
Martes 01/08/2017	7:33:54	10:59:20	3:25:26	26	9	13%	150
Jueves 19/10/2017	8:50:04	11:50:00	2:59:56	32	8	25%	203

Tabla 44. Resultados segmento S2_I32

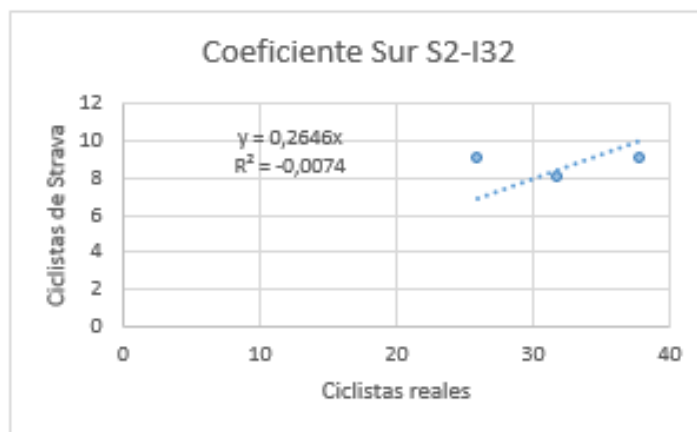


Fig. 38 Relación coeficiente SUR segmento S2_I32

En este segmento queda constancia que no existe ninguna relación entre la aplicación y la realidad.

ANEJO 4: VALIDACIÓN DE LOS MODELOS DE PREDICCIÓN DE LA IMD CICLISTA

ANEJO 4: VALIDACIÓN DE LOS MODELOS DE PREDICCIÓN DE LA IMD CICLISTA

En este anejo se presentan los resultados obtenidos tras la validación de los modelos de predicción de la demanda ciclista a partir de tomas de datos realizadas para tal fin.

1. VALIDACIÓN MODELO PREDICTIVO DE LA IMD CICLISTA MEDIANTE COEFICIENTE SUR

1.1 VALIDACIÓN DE LA INTENSIDAD CICLISTA PARA DÍAS FESTIVOS

A continuación se muestra las características de la toma de datos realizada el día 24 de noviembre de 2018 utilizada para validar el modelo de predicción de la IMD ciclista obtenida mediante el coeficiente SUR

Fecha	Estación	Día	Segmento	Hora inicio	Hora fin	Duración	Demanda observada
24/11/2018	Otoño	Sábado	S1 Creciente	7:13:00	18:02:14	10:49:14	269
			E2 Decreciente	7:13:00	18:02:14	10:49:14	570
			S2 Creciente	7:13:00	18:02:14	10:49:14	633

Tabla 1. Toma de datos realizada el día 24/11/2018 en la intersección I22

1.1.2 SEGMENTO S2

A continuación se muestra los resultados obtenidos de la estimación de la intensidad ciclista para todos los sábados del año utilizando la intensidad ciclista diaria de Strava para el segmento S2 de la intersección I22

1.1.2.1 Sábados de invierno

Fecha	Intensidad Strava	Intensidad estimada	Error	Error absoluto
03/12/2016	204	756	-19%	19%
10/12/2016	127	470	26%	26%
17/12/2016	1	4	99%	99%
24/12/2016	160	593	6%	6%
31/12/2016	213	789	-25%	25%
02/01/2016	136	504	20%	20%
09/01/2016	151	559	12%	12%
16/01/2016	150	556	12%	12%
23/01/2016	131	485	23%	23%
30/01/2016	135	500	21%	21%
06/02/2016	209	774	-22%	22%
13/02/2016	135	500	21%	21%
20/02/2016	171	633	0%	0%
27/02/2016	78	289	54%	54%

Media	142,93	529,37	16%	26%
Desv. Tip.	85,60	317,04	50%	37%

Tabla 2. Resultados error calculado para sábados de invierno en S2_I22

1.1.2.2 Sábados de otoño

Fecha	Intensidad Strava	Intensidad estimada	Error	Error absoluto
03/09/2016	193	715	-13%	13%
10/09/2016	157	581	8%	8%
17/09/2016	134	496	22%	22%
24/09/2016	155	574	9%	9%
01/10/2016	162	600	5%	5%
08/10/2016	181	670	-6%	6%
15/10/2016	160	593	6%	6%
22/10/2016	47	174	73%	73%
29/10/2016	178	659	-4%	4%
05/11/2016	111	411	35%	35%
12/11/2016	207	767	-21%	21%
19/11/2016	165	611	3%	3%
26/11/2016	49	181	71%	71%

Media	146,08	541,03	15%	21%
Desv. Tip.	49,81	184,48	29%	24%

Tabla 3. Resultados error calculado para sábados de otoño en S2_I22

1.1.2.3 Sábados de verano

Fecha	Intensidad Strava	Intensidad estimada	Error	Error absoluto
04/06/2016	131	485	23%	23%
11/06/2016	150	556	12%	12%
18/06/2016	125	463	27%	27%
25/06/2016	186	689	-9%	9%
02/07/2016	188	696	-10%	10%
09/07/2016	159	589	7%	7%
16/07/2016	185	685	-8%	8%
23/07/2016	169	626	1%	1%
30/07/2016	158	585	8%	8%
06/08/2016	175	648	-2%	2%
13/08/2016	127	470	26%	26%
20/08/2016	142	526	17%	17%
27/08/2016	146	541	15%	15%

Media	157,00	581,48	8%	13%
Desv. Tip.	22,46	83,19	13%	8%

Tabla 4. Resultados error calculado para sábados de verano en S2_I22

1.1.2.4 Sábados de primavera

Fecha	Intensidad Strava	Intensidad estimada	Error	Error absoluto
05/03/2016	196	726	-15%	15%
12/03/2016	185	685	-8%	8%
19/03/2016	30	111	82%	82%
26/03/2016	138	511	19%	19%
02/04/2016	178	659	-4%	4%
09/04/2016	221	819	-29%	29%
16/04/2016	196	726	-15%	15%
23/04/2016	167	619	2%	2%
30/04/2016	106	393	38%	38%
07/05/2016	146	541	15%	15%
14/05/2016	217	804	-27%	27%
21/05/2016	205	759	-20%	20%
28/05/2016	133	493	22%	22%

Media	162,92	603,42	5%	23%
Desv. Tip.	52,99	196,27	31%	21%

Tabla 5. Resultados error calculado para sábados de primavera en S2_I22

1.1.2.5 Resumen

	Invierno		Otoño		Verano		Primavera		Media	
	Error	Error abs.	Error	Error abs.	Error	Error abs.	Error	Error abs.	Error	Error abs.
Media	16%	26%	15%	21%	8%	13%	5%	23%	11%	21%
Desv. Tip.	50%	37%	29%	24%	13%	8%	31%	21%	31%	22%

Tabla 6. Resumen resultados error calculado para sábados en S2_I22

1.1.3 SEGMENTO S1

A continuación se muestra los resultados obtenidos de la estimación de la intensidad ciclista para todos los sábados del año utilizando la intensidad ciclista diaria de Strava para el segmento S1 de la intersección I22

1.1.3.1 Sábados de invierno

Fecha	Intensidad Strava	Intensidad estimada	Error	Error absoluto
03/12/2016	122	452	-68%	68%
10/12/2016	83	307	-14%	14%
17/12/2016	3	11	96%	96%
24/12/2016	128	474	-76%	76%
31/12/2016	98	363	-35%	35%
02/01/2016	47	174	35%	35%
09/01/2016	79	293	-9%	9%
16/01/2016	58	215	20%	20%
23/01/2016	49	181	33%	33%
30/01/2016	50	185	31%	31%
06/02/2016	80	296	-10%	10%
13/02/2016	49	181	33%	33%
20/02/2016	82	304	-13%	13%
27/02/2016	24	89	67%	67%

Media	68,00	251,85	6%	39%
Desv. Tip.	41,13	152,34	57%	32%

Tabla 7. Resultados error calculado para sábados de invierno en S1_I22

1.1.3.2 Sábados de otoño

Fecha	Intensidad Strava	Intensidad estimada	Error	Error absoluto
03/09/2016	144	533	-98%	98%
10/09/2016	94	348	-29%	29%
17/09/2016	130	481	-79%	79%
24/09/2016	112	415	-54%	54%
01/10/2016	100	370	-38%	38%
08/10/2016	104	385	-43%	43%
15/10/2016	107	396	-47%	47%
22/10/2016	38	141	48%	48%
29/10/2016	105	389	-45%	45%
05/11/2016	68	252	6%	6%
12/11/2016	98	363	-35%	35%
19/11/2016	86	319	-18%	18%
26/11/2016	31	115	57%	57%

Media	93,62	346,72	-29%	46%
Desv. Tip.	32,15	119,08	44%	24%

Tabla 8. Resultados error calculado para sábados de otoño en S1_I22

1.1.3.3 Sábados de verano

Fecha	Intensidad Strava	Intensidad estimada	Error	Error absoluto
04/06/2016	99	367	-36%	36%
11/06/2016	129	478	-78%	78%
18/06/2016	105	389	-45%	45%
25/06/2016	148	548	-104%	104%
02/07/2016	133	493	-83%	83%
09/07/2016	146	541	-101%	101%
16/07/2016	130	481	-79%	79%
23/07/2016	109	404	-50%	50%
30/07/2016	97	359	-34%	34%
06/08/2016	97	359	-34%	34%
13/08/2016	69	256	5%	5%
20/08/2016	116	430	-60%	60%
27/08/2016	112	415	-54%	54%

Media	114,62	424,50	-58%	59%
Desv. Tip.	22,28	82,53	31%	29%

Tabla 9. Resultados error calculado para sábados de verano en S1_I22

1.1.3.4 Sábados de primavera

Fecha	Intensidad Strava	Intensidad estimada	Error	Error absoluto
05/03/2016	61	226	16%	16%
12/03/2016	66	244	9%	9%
19/03/2016	13	48	82%	82%
26/03/2016	61	226	16%	16%
02/04/2016	61	226	16%	16%
09/04/2016	71	263	2%	2%
16/04/2016	108	400	-49%	49%
23/04/2016	67	248	8%	8%
30/04/2016	50	185	31%	31%
07/05/2016	51	189	30%	30%
14/05/2016	72	267	1%	1%
21/05/2016	65	241	11%	11%
28/05/2016	81	300	-12%	12%

Media	63,62	235,61	12%	22%
Desv. Tip.	21,10	78,15	29%	22%

Tabla 10. Resultados error calculado para sábados de primavera en S1_I22

1.1.3.5 Resumen

	Invierno		Otoño		Verano		Primavera		Media	
	Error	Error abs.	Error	Error abs.	Error	Error abs.	Error	Error abs.	Error	Error abs.
Media	6%	39%	-29%	46%	-58%	59%	12%	22%	-17%	41%
Desv. Tip.	57%	32%	44%	24%	31%	29%	29%	22%	40%	27%

Tabla 11. Resumen resultados error calculado para sábados en S1_I22

1.1.4 SEGMENTO E2

A continuación se muestra los resultados obtenidos de la estimación de la intensidad ciclista para todos los sábados del año utilizando la intensidad ciclista diaria de Strava para el segmento E1 de la intersección I22

1.1.4.1 Sábados de invierno

Fecha	Intensidad Strava	Intensidad estimada	Error	Error absoluto
03/12/2016	188	696	-22%	22%
10/12/2016	99	367	36%	36%
17/12/2016	6	22	96%	96%
24/12/2016	129	478	16%	16%
31/12/2016	176	652	-14%	14%
02/01/2016	90	333	42%	42%
09/01/2016	119	441	23%	23%
16/01/2016	120	444	22%	22%
23/01/2016	133	493	14%	14%
30/01/2016	123	456	20%	20%
06/02/2016	153	567	1%	1%
13/02/2016	92	341	40%	40%
20/02/2016	133	493	14%	14%
27/02/2016	60	222	61%	61%

Media	115,79	428,84	25%	30%
Desv. Tip.	42,95	159,07	25%	30%

Tabla 12. Resultados error calculado para sábados de invierno en E2_I22

1.1.4.2 Sábados de otoño

Fecha	Intensidad Strava	Intensidad estimada	Error	Error absoluto
03/09/2016	142	526	8%	8%
10/09/2016	104	385	32%	32%
17/09/2016	103	381	33%	33%
24/09/2016	129	478	16%	16%
01/10/2016	126	467	18%	18%
08/10/2016	120	444	22%	22%
15/10/2016	137	507	11%	11%
22/10/2016	29	107	81%	81%
29/10/2016	101	374	34%	34%
05/11/2016	112	415	27%	27%
12/11/2016	159	589	-3%	3%
19/11/2016	123	456	20%	20%
26/11/2016	38	141	75%	75%

Media	109,46	405,41	29%	29%
Desv. Tip.	37,58	139,20	24%	24%

Tabla 13. Resultados error calculado para sábados de otoño en E2_I22

1.1.4.3 Sábados de verano

Fecha	Intensidad Strava	Intensidad estimada	Error	Error absoluto
04/06/2016	139	515	10%	10%
11/06/2016	103	381	33%	33%
18/06/2016	83	307	46%	46%
25/06/2016	105	389	32%	32%
02/07/2016	106	393	31%	31%
09/07/2016	105	389	32%	32%
16/07/2016	94	348	39%	39%
23/07/2016	118	437	23%	23%
30/07/2016	98	363	36%	36%
06/08/2016	108	400	30%	30%
13/08/2016	81	300	47%	47%
20/08/2016	61	226	60%	60%
27/08/2016	115	426	25%	25%

Media	101,23	374,93	34%	34%
Desv. Tip.	19,19	71,08	12%	12%

Tabla 14. Resultados error calculado para sábados de verano en E2_I22

1.1.4.4 Sábados de primavera

Fecha	Intensidad Strava	Intensidad estimada	Error	Error absoluto
05/03/2016	132	489	14%	14%
12/03/2016	82	304	47%	47%
19/03/2016	30	111	81%	81%
26/03/2016	71	263	54%	54%
02/04/2016	166	615	-8%	8%
09/04/2016	178	659	-16%	16%
16/04/2016	183	678	-19%	19%
23/04/2016	146	541	5%	5%
30/04/2016	95	352	38%	38%
07/05/2016	102	378	34%	34%
14/05/2016	135	500	12%	12%
21/05/2016	142	526	8%	8%
28/05/2016	113	419	27%	27%

Media	121,15	448,72	21%	28%
Desv. Tip.	44,63	165,30	29%	22%

Tabla 15. Resultados error calculado para sábados de primavera en E2_I22

1.1.4.5 Resumen

	Invierno		Otoño		Verano		Primavera		Media	
	Error	Error abs.	Error	Error abs.	Error	Error abs.	Error	Error abs.	Error	Error abs.
Media	25%	30%	29%	29%	34%	34%	21%	28%	27%	30%
Desv. Tip.	25%	30%	24%	24%	12%	12%	29%	22%	23%	22%

Tabla 16. Resumen resultados error calculado para sábados en E2_I22

1.2 VALIDACIÓN DE LA INTENSIDAD CICLISTA PARA DÍAS LABORABLES

A continuación se muestra los las características de la toma datos realizada el día 28 de noviembre de 2018 utilizada para validar el modelo de predicción de la IMD ciclista obtenida mediante el coeficiente SUR

Fecha	Estación	Día	Segmento	Hora inicio	Hora fin	Duración	Demanda observada
28/11/2018	Otoño	Miércoles	S1 Creciente	7:36:44	17:57:08	10:20:24	54
			E2 Decreciente	7:36:44	17:57:08	10:20:24	138
			S2 Creciente	7:36:44	17:57:08	10:20:24	149

Tabla 17. Toma de datos realizada el día 28/11/2018 en la intersección I22

1.2.2 SEGMENTO S2

A continuación se muestra los resultados obtenidos de la estimación de la intensidad ciclista para todos los miércoles del año utilizando la intensidad ciclista diaria de Strava para el segmento S2 de la intersección I22

1.2.2.1 Miércoles de invierno

Fecha	Intensidad Strava	Intensidad estimada	Error	Error absoluto
07/12/2016	38	141	6%	6%
14/12/2016	48	178	-19%	19%
21/12/2016	43	159	-7%	7%
28/12/2016	68	252	-69%	69%
06/01/2016	61	226	-52%	52%
13/01/2016	47	174	-17%	17%
20/01/2016	31	115	23%	23%
27/01/2016	52	193	-29%	29%
03/02/2016	53	196	-32%	32%
10/02/2016	26	96	35%	35%
17/02/2016	33	122	18%	18%
24/02/2016	41	152	-2%	2%

Media	45,08	166,98	-12%	26%
Desv. Tip.	12,36	45,78	31%	20%

Tabla 18. Resultados error calculado para miércoles de invierno en S2_I22

1.2.2.2 Miércoles de otoño

Fecha	Intensidad Strava	Intensidad estimada	Error	Error absoluto
07/09/2016	48	178	-19%	19%
14/09/2016	51	189	-27%	27%
21/09/2016	45	167	-12%	12%
28/09/2016	19	70	53%	53%
05/10/2016	54	200	-34%	34%
19/10/2016	27	100	33%	33%
26/10/2016	58	215	-44%	44%
02/11/2016	34	126	15%	15%
09/11/2016	18	67	55%	55%
16/11/2016	33	122	18%	18%
23/11/2016	3	11	93%	93%
30/11/2016	7	26	83%	83%

Media	45,15	167,24	18%	40%
Desv. Tip.	47,01	174,12	46%	26%

Tabla 19. Resultados error calculado para miércoles de otoño en S2_I22

1.2.2.3 Miércoles de verano

Fecha	Intensidad Strava	Intensidad estimada	Error	Error absoluto
01/06/2016	97	359	-141%	141%
08/06/2016	83	307	-106%	106%
15/06/2016	45	167	-12%	12%
22/06/2016	69	256	-72%	72%
29/06/2016	65	241	-62%	62%
06/07/2016	65	241	-62%	62%
13/07/2016	56	207	-39%	39%
20/07/2016	47	174	-17%	17%
27/07/2016	69	256	-72%	72%
03/08/2016	52	193	-29%	29%
10/08/2016	29	107	28%	28%
17/08/2016	62	230	-54%	54%
24/08/2016	51	189	-27%	27%

Media	60,77	225,07	-51%	55%
Desv. Tip.	17,37	64,35	43%	37%

Tabla 20. Resultados error calculado para miércoles de verano en S2_I22

1.2.2.4 Miércoles de primavera

Fecha	Intensidad Strava	Intensidad estimada	Error	Error absoluto
02/03/2016	82	304	-104%	104%
09/03/2016	21	78	48%	48%
16/03/2016	53	196	-32%	32%
23/03/2016	48	178	-19%	19%
30/03/2016	54	200	-34%	34%
06/04/2016	59	219	-47%	47%
13/04/2016	49	181	-22%	22%
20/04/2016	34	126	15%	15%
27/04/2016	61	226	-52%	52%
04/05/2016	79	293	-96%	96%
11/05/2016	83	307	-106%	106%
18/05/2016	50	185	-24%	24%
25/05/2016	65	241	-62%	62%

Media	56,77	210,26	-41%	51%
Desv. Tip.	18,06	66,87	45%	32%

Tabla 21. Resultados error calculado para miércoles de primavera en S2_I22

1.2.2.5 Resumen

	Invierno		Otoño		Verano		Primavera		Media	
	Error	Error abs.	Error	Error abs.	Error	Error abs.	Error	Error abs.	Error	Error abs.
Media	-12%	26%	18%	40%	-51%	55%	-41%	51%	-22%	43%
Desv	31%	20%	46%	26%	43%	37%	45%	32%	41%	29%

Tabla 22. Resumen resultados error calculado para miércoles en S2_I22

1.2.3 SEGMENTO S1

A continuación se muestra los resultados obtenidos de la estimación de la intensidad ciclista para todos los miércoles del año utilizando la intensidad ciclista diaria de Strava para el segmento S1 de la intersección I22

1.2.3.1 Miércoles de invierno

Fecha	Intensidad Strava	Intensidad estimada	Error	Error absoluto
07/12/2016	21	78	-44%	44%
14/12/2016	26	96	-78%	78%
21/12/2016	46	170	-216%	216%
28/12/2016	39	144	-167%	167%
06/01/2016	15	56	-3%	3%
13/01/2016	24	89	-65%	65%
20/01/2016	15	56	-3%	3%
27/01/2016	21	78	-44%	44%
03/02/2016	19	70	-30%	30%
10/02/2016	20	74	-37%	37%
17/02/2016	29	107	-99%	99%
24/02/2016	23	85	-58%	58%
Media	24,83	91,98	-70%	70%
Desv. Tip.	9,30	34,45	64%	64%

Tabla 23. Resultados error calculado para miércoles de invierno en S1_I22

1.2.3.2 Miércoles de otoño

Fecha	Intensidad Strava	Intensidad estimada	Error	Error absoluto
07/09/2016	52	193	-257%	257%
14/09/2016	37	137	-154%	154%
21/09/2016	43	159	-195%	195%
28/09/2016	16	59	-10%	10%
05/10/2016	48	178	-229%	229%
19/10/2016	19	70	-30%	30%
26/10/2016	47	174	-222%	222%
02/11/2016	17	63	-17%	17%
09/11/2016	13	48	11%	11%
16/11/2016	26	96	-78%	78%
23/11/2016	5	19	66%	66%
30/11/2016	3	11	79%	79%

Media	27,17	92,88	-86%	112%
Desv. Tip.	17,49	68,00	120%	94%

Tabla 24. Resultados error calculado para miércoles de otoño en S1_I22

1.2.3.3 Miércoles de verano

Fecha	Intensidad Strava	Intensidad estimada	Error	Error absoluto
01/06/2016	40	148	-174%	174%
08/06/2016	38	141	-161%	161%
15/06/2016	25	93	-71%	71%
22/06/2016	26	96	-78%	78%
29/06/2016	22	81	-51%	51%
06/07/2016	30	111	-106%	106%
13/07/2016	27	100	-85%	85%
20/07/2016	20	74	-37%	37%
27/07/2016	25	93	-71%	71%
03/08/2016	32	119	-119%	119%
10/08/2016	16	59	-10%	10%
17/08/2016	27	100	-85%	85%
24/08/2016	24	89	-65%	65%

Media	27,08	100,28	-86%	86%
Desv. Tip.	6,69	24,77	46%	46%

Tabla 25. Resultados error calculado para miércoles de verano en S1_I22

1.2.3.4 Miércoles de primavera

Fecha	Intensidad Strava	Intensidad estimada	Error	Error absoluto
02/03/2016	20	74	-37%	37%
09/03/2016	17	63	-17%	17%
16/03/2016	32	119	-119%	119%
23/03/2016	27	100	-85%	85%
30/03/2016	27	100	-85%	85%
06/04/2016	34	126	-133%	133%
13/04/2016	28	104	-92%	92%
20/04/2016	14	52	4%	4%
27/04/2016	32	119	-119%	119%
04/05/2016	27	100	-85%	85%
11/05/2016	45	167	-209%	209%
18/05/2016	18	67	-23%	23%
25/05/2016	30	111	-106%	106%

Media	27,00	100,00	-85%	86%
Desv. Tip.	8,33	30,84	57%	56%

Tabla 26. Resultados error calculado para miércoles de primavera en S1_I22

1.2.3.5 Resumen

	Invierno		Otoño		Verano		Primavera		Media	
	Error	Error abs.	Error	Error abs.	Error	Error abs.	Error	Error abs.	Error	Error abs.
Media	-70%	70%	-86%	112%	-86%	86%	-85%	86%	-82%	89%
Desv. Tip.	64%	64%	120%	94%	46%	46%	57%	56%	72%	65%

Tabla 27. Resumen resultados error calculado para miércoles en S1_I22

1.2.4 SEGMENTO E2

A continuación se muestra los resultados obtenidos de la estimación de la intensidad ciclista para todos los miércoles del año utilizando la intensidad ciclista diaria de Strava para el segmento E2 de la intersección I22

1.2.4.1 Miércoles de invierno

Fecha	Intensidad Strava	Intensidad estimada	Error	Error absoluto
07/12/2016	36	133	3%	3%
14/12/2016	50	185	-34%	34%
21/12/2016	30	111	19%	19%
28/12/2016	54	200	-45%	45%
06/01/2016	44	163	-18%	18%
13/01/2016	37	137	1%	1%
20/01/2016	23	85	38%	38%
27/01/2016	31	115	17%	17%
03/02/2016	41	152	-10%	10%
10/02/2016	35	130	6%	6%
17/02/2016	29	107	22%	22%
24/02/2016	47	174	-26%	26%

Media	38,08	141,05	-2%	20%
Desv. Tip.	9,34	34,58	25%	14%

Tabla 28. Resultados error calculado para miércoles de invierno en E2_I22

1.2.4.2 Miércoles de otoño

Fecha	Intensidad Strava	Intensidad estimada	Error	Error absoluto
07/09/2016	52	193	-257%	257%
14/09/2016	37	137	-154%	154%
21/09/2016	43	159	-195%	195%
28/09/2016	16	59	-10%	10%
05/10/2016	48	178	-229%	229%
19/10/2016	19	70	-30%	30%
26/10/2016	47	174	-222%	222%
02/11/2016	17	63	-17%	17%
09/11/2016	13	48	11%	11%
16/11/2016	26	96	-78%	78%
23/11/2016	5	19	66%	66%
30/11/2016	3	11	79%	79%

Media	27,17	92,88	-86%	112%
Desv. Tip.	17,49	68,00	120%	94%

Tabla 29. Resultados error calculado para miércoles de otoño en E2_I22

1.2.4.3 Miércoles de verano

Fecha	Intensidad Strava	Intensidad estimada	Error	Error absoluto
01/06/2016	66	244	-77%	77%
08/06/2016	67	248	-80%	80%
15/06/2016	30	111	19%	19%
22/06/2016	56	207	-50%	50%
29/06/2016	42	156	-13%	13%
06/07/2016	40	148	-7%	7%
13/07/2016	46	170	-23%	23%
20/07/2016	32	119	14%	14%
27/07/2016	44	163	-18%	18%
03/08/2016	49	181	-32%	32%
10/08/2016	18	67	52%	52%
17/08/2016	56	207	-50%	50%
24/08/2016	34	126	9%	9%

Media	44,62	165,24	-20%	34%
Desv. Tip.	14,32	53,04	38%	25%

Tabla 30. Resultados error calculado para miércoles de verano en E2_I22

1.2.4.4 Miércoles de primavera

Fecha	Intensidad Strava	Intensidad estimada	Error	Error absoluto
02/03/2016	34	126	9%	9%
09/03/2016	23	85	38%	38%
16/03/2016	44	163	-18%	18%
23/03/2016	33	122	11%	11%
30/03/2016	40	148	-7%	7%
06/04/2016	50	185	-34%	34%
13/04/2016	33	122	11%	11%
20/04/2016	27	100	28%	28%
27/04/2016	46	170	-23%	23%
04/05/2016	67	248	-80%	80%
11/05/2016	70	259	-88%	88%
18/05/2016	33	122	11%	11%
25/05/2016	40	148	-7%	7%

Media	41,54	153,85	-11%	28%
Desv. Tip.	14,12	52,28	38%	27%

Tabla 31. Resultados error calculado para miércoles de primavera en E2_I22

1.2.4.5 Resumen

	Invierno		Otoño		Verano		Primavera		Media	
	Error	Error abs.	Error	Error abs.	Error	Error abs.	Error	Error abs.	Error	Error abs.
Media	-2%	20%	28%	34%	-20%	34%	-11%	28%	-1%	29%
Desv. Tip.	25%	14%	36%	30%	38%	25%	38%	27%	34%	24%

Tabla 32. Resumen resultados error calculado para miércoles en E2_122

2. VALIDACIÓN MODELO PREDICTIVO DE LA IMD CICLISTA MEDIANTE FACTORES DE AJUSTE

2.1 VALIDACIÓN DE LOS FACTORES DE AJUSTE HORARIOS PARA LA GLORIETA G21

A continuación se muestra las características de la toma datos realizada el día 1 de diciembre de 2018 utilizada para validar el modelo de predicción de la IMD ciclista obtenida mediante factores de ajuste.

Fecha	Estación	Día	Segmento	Hora inicio	Hora fin	Duración
01/12/2018	Invierno	Sábado	S1	7:33:40	18:10:36	10:36:56
			E5	7:33:40	18:10:36	10:36:56
			S5	7:33:40	18:10:36	10:36:56

Tabla 33. Toma de datos realizada el día 01/12/2018 en la glorieta G21

2.1.1 SEGMENTO S1

A continuación se muestra los resultados obtenidos de la estimación del factor de ajuste horario ($F_{\text{Season,D,H}}$) para un sábado de invierno en el segmento S1 de la glorieta G21.

Hora	$F_{\text{Season,Saturday,H}}$ Real	$F_{\text{Season,Saturday,H}}$ Strava	Error absoluto
0	0	0	-
1	0	0	-
2	0	0	-
3	0	0	-
4	0	0	-
5	0	0	-
6	0	0	-
7	0	0	-
8	0,02150538	0,01213419	44%
9	0,05376344	0,0592434	10%
10	0,11612903	0,1420414	22%
11	0,20860215	0,19057816	9%
12	0,40215054	0,29693076	26%
13	0,09892473	0,22055675	123%
14	0,03655914	0,03711635	2%
15	0,01290323	0,0178444	38%
16	0,02580645	0,00785153	70%
17	0,02365591	0,01356174	43%
18	0	0,00214133	-
19	0	0	-
20	0	0	-
21	0	0	-
22	0	0	-
23	0	0	-

Error absoluto medio	39%
----------------------	-----

Tabla 34. Resultados error calculado para factores de ajuste horario para un sábado de invierno en el segmento S1 de la glorieta G21

2.1.2 SEGMENTO E5

A continuación se muestra los resultados obtenidos de la estimación del factor de ajuste horario ($F_{\text{Season,D,H}}$) para un sábado de invierno en el segmento E5 de la glorieta G21.

Hour	$F_{\text{Season,Saturday,H}}$ Real	$F_{\text{Season,Saturday,H}}$ Strava	Error absoluto
0	0	0	-
1	0	0	-
2	0	0	-
3	0	0	-
4	0	0	-
5	0	0	-
6	0	0	-
7	0	0	-
8	0,03921569	0,14285714	264%
9	0,01960784	0,07142857	264%
10	0,25490196	0,07142857	72%
11	0,05882353	0,57142857	871%
12	0,17647059	0,07142857	60%
13	0,39215686	0	100%
14	0	0	-
15	0,01960784	0	-
16	0,03921569	0	-
17	0	0,07142857	-
18	0	0	-
19	0	0	-
20	0	0	-
21	0	0	-
22	0	0	-
23	0	0	-

Error absoluto medio	272%
----------------------	------

Tabla 35. Resultados error calculado para factores de ajuste horario para un sábado de invierno en el segmento E5 de la glorieta G21

2.1.3 SEGMENTO S5

A continuación se muestra los resultados obtenidos de la estimación del factor de ajuste horario ($F_{\text{Season,D,H}}$) para un sábado de invierno en el segmento S5 de la glorieta G21.

Hour	$F_{\text{Season,Saturday,H}}$ Real	$F_{\text{Season,Saturday,H}}$ Strava	Error absoluto
0	0	0	-
1	0	0	-
2	0	0	-
3	0	0	-
4	0	0	-
5	0	0	-
6	0	0	-
7	0	0	-
8	0,05405405	0,22727273	320%
9	0,08108108	0,27272727	236%
10	0,10810811	0,13636364	26%
11	0,2972973	0,18181818	39%
12	0,21621622	0	-
13	0,02702703	0,04545455	68%
14	0,13513514	0,04545455	66%
15	0	0	-
16	0,02702703	0	-
17	0,05405405	0	-
18	0	0,09090909	-
19	0	0	-
20	0	0	-
21	0	0	-
22	0	0	-
23	0	0	-

Error absoluto medio	126%
----------------------	------

Tabla 36. Resultados error calculado para factores de ajuste horario para un sábado de invierno en el segmento S5 de la glorieta G21

2.2 VALIDACIÓN DE LOS FACTORES DE AJUSTE HORARIOS PARA LA GLORIETA G26

A continuación se muestra los las características de la toma datos realizada el día 1 de diciembre de 2018 utilizada para validar el modelo de predicción de la IMD ciclista obtenida mediante factores de ajuste.

Fecha	Estación	Día	Segmento	Hora inicio	Hora fin	Duración
01/12/2018	Invierno	Sábado	E3	7:55:41	17:47:40	9:51:59
			S4	7:55:41	17:47:40	9:51:59

2.2.1 SEGMENTO E3

A continuación se muestra los resultados obtenidos de la estimación del factor de ajuste horario ($F_{\text{Season,D,H}}$) para un sábado de invierno en el segmento E3 de la glorieta G26.

Hour	$F_{\text{Season,Saturday,H}}$ Real	$F_{\text{Season,Saturday,H}}$ Strava	Error absoluto
0	0	0	-
1	0	0	-
2	0	0	-
3	0	0	-
4	0	0	-
5	0	0	-
6	0	0	-
7	0	0	-
8	0,08219178	0,02265372	72%
9	0,38356164	0,23624595	38%
10	0,1369863	0,09708738	29%
11	0,12328767	0,17152104	39%
12	0,16438356	0,4012945	144%
13	0,04109589	0,0420712	2%
14	0,04109589	0,00647249	84%
15	0,01369863	0,00323625	76%
16	0	0,01941748	-
17	0,01369863	0	100%
18	0	0	-
19	0	0	-
20	0	0	-
21	0	0	-
22	0	0	-
23	0	0	-

Error absoluto medio	65%
----------------------	-----

Tabla 37. Resultados error calculado para factores de ajuste horario para un sábado de invierno en el segmento E3 de la glorieta G26

2.2.2 SEGMENTO S1

A continuación se muestra los resultados obtenidos de la estimación del factor de ajuste horario ($F_{Season,D,H}$) para un sábado de invierno en el segmento S1 de la glorieta G26.

Hour	$F_{Season,Saturday,H}$ Real	$F_{Season,Saturday,H}$ Strava	Error absoluto
0	0	0	-
1	0	0	-
2	0	0	-
3	0	0	-
4	0	0	-
5	0	0	-
6	0	0	-
7	0	0	-
8	0,16666667	0,09588068	42%
9	0,53385417	0,55397727	4%
10	0,16666667	0,19105114	15%
11	0,04947917	0,078125	58%
12	0,03645833	0,03977273	9%
13	0,0234375	0,01065341	55%
14	0,0078125	0,00497159	36%
15	0,00260417	0,01278409	391%
16	0,01041667	0,01136364	9%
17	0,00260417	0,00142045	45%
18	0	0	-
19	0	0	-
20	0	0	-
21	0	0	-
22	0	0	-
23	0	0	-

Error absoluto medio	66%
----------------------	-----

Tabla 38. Resultados error calculado para factores de ajuste horario para un sábado de invierno en el segmento S1 de la glorieta G26

2.3 ANÁLISIS DE FACTORES DE AJUSTE HORARIOS

A continuación se muestra los resultados de factores de ajuste calculados a partir de las tomas de datos que se muestran en la Tabla 39.

Fecha	Estación	Día	P.O.	Hora inicio	Hora fin	Duración
28/11/2018	Otoño	Miércoles	G9	8:01:04	17:56:05	9:55:01
			I22	7:36:44	17:57:08	10:20:24
			I2Af	7:48:06	18:14:10	10:26:04
01/12/2018	Invierno	Sábado	G21	7:33:40	18:10:36	10:36:56
			G26	7:51:44	17:47:40	10:36:56

Tabla 39. Toma de datos realizadas de forma adicional.

No se ha podido calcular el error absoluto de estos factores horarios debido a que existe demanda registrada en Strava fuera de la franja horaria conteo realizado. Por lo que se va a analizar la distribución de la intensidad ciclista de forma gráfica.

2.3.1 GLORIETA G9

2.3.1.1 Segmento E1+C1_D

Hora	$F_{\text{Season,Wednesday,H real}}$	$F_{\text{Season,Wednesday,H Strava}}$
0	0	0
1	0	0
2	0	0
3	0	0
4	0	0
5	0	0
6	0	0
7	0	0,00401606
8	0	0,01204819
9	0,01818182	0,07228916
10	0,10909091	0,19678715
11	0,34545455	0,17670683
12	0,18181818	0,13654618
13	0,05454545	0,07228916
14	0,03636364	0,03212851
15	0,05454545	0,02409639
16	0,10909091	0,03614458
17	0,09090909	0,06024096
18	0	0,13654618
19	0	0,03212851
20	0	0,00401606
21	0	0,00401606
22	0	0
23	0	0

Tabla 40. Resultados de factores de ajuste horario para un miércoles de otoño en los segmentos E1+C1_D de la glorieta G9

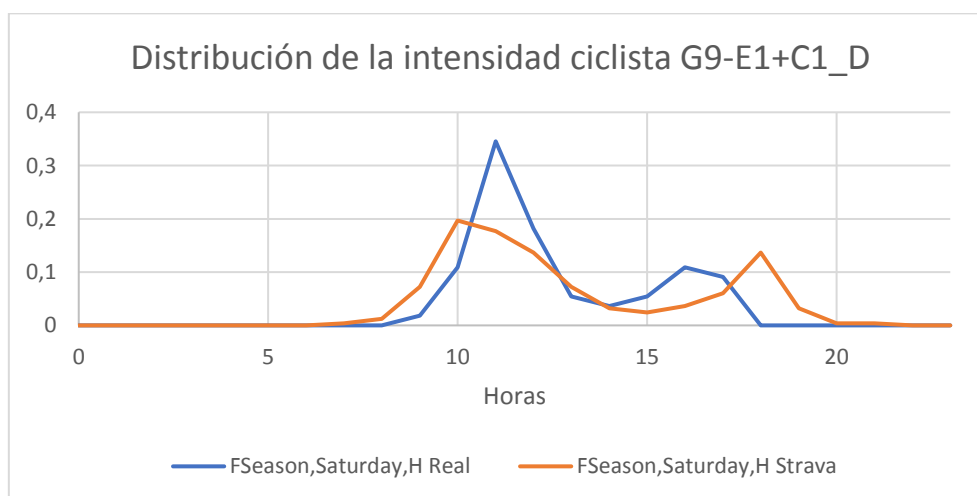


Fig. 1 Distribución horaria de la intensidad ciclista en los segmentos E1+C1_D de la glorieta G9

2.3.1.2 Segmento S1+C1_A

Hora	F _{Season,Wednesday ,H Real}	F _{Season,Wednesday ,H Strava}
0	0	0
1	0	0
2	0	0
3	0	0
4	0	0
5	0	0
6	0	0
7	0	0,00369004
8	0,02040816	0,14391144
9	0,14285714	0,38376384
10	0,32653061	0,11808118
11	0,16326531	0,05535055
12	0,08163265	0,03321033
13	0,06122449	0,02583026
14	0,04081633	0,02214022
15	0,06122449	0,02214022
16	0,06122449	0,04428044
17	0,04081633	0,0701107
18	0	0,05535055
19	0	0,01845018
20	0	0
21	0	0,00369004
22	0	0
23	0	0

Tabla 41. Resultados de factores de ajuste horario para un miércoles de otoño en los segmentos S1+C1_A de la glorieta G9

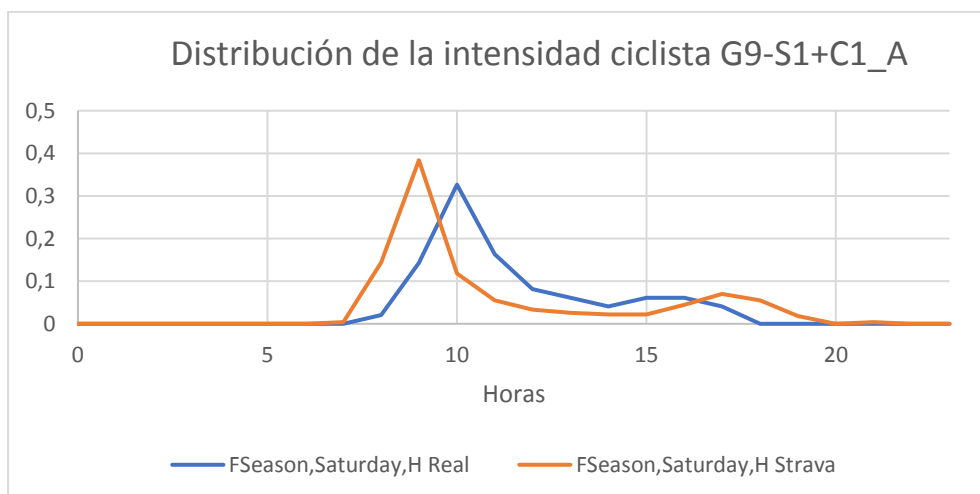


Fig. 2 Distribución horaria de la intensidad ciclista en los segmentos S1+C1_A de la glorieta G9

2.3.1.3 Segmento E3+E4

Hora	F _{Season,Wednesday ,H Real}	F _{Season,Wednesday ,H Strava}
0	0	0
1	0	0
2	0	0
3	0	0
4	0	0
5	0	0
6	0	0
7	0	0
8	0	0,17391304
9	0,10280374	0,20289855
10	0,12149533	0,13043478
11	0,23364486	0,04347826
12	0,1682243	0,08695652
13	0,04672897	0,01449275
14	0,04672897	0
15	0,10280374	0,07246377
16	0,1588785	0,04347826
17	0,01869159	0,08695652
18	0	0,05797101
19	0	0,07246377
20	0	0,01449275
21	0	0
22	0	0
23	0	0

Tabla 42. Resultados de factores de ajuste horario para un sábado de otoño en los segmentos E3+E4 de la glorieta G9

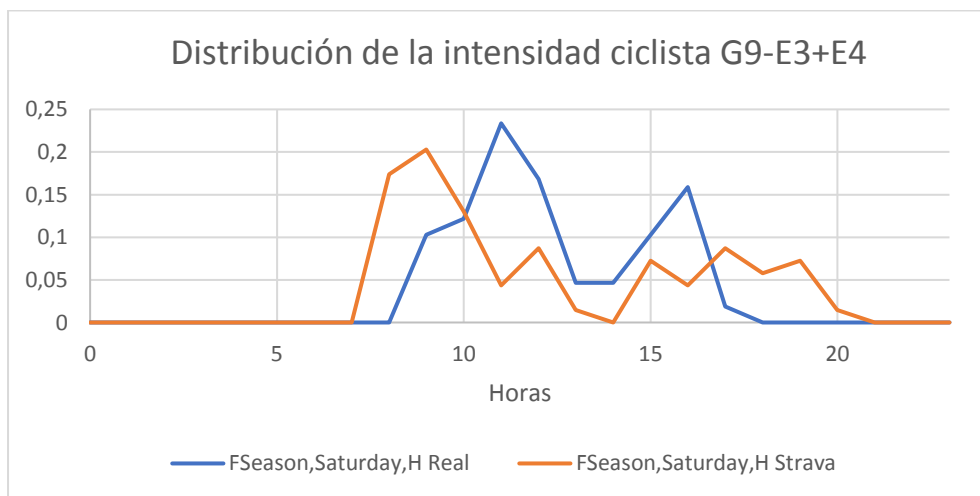


Fig. 3 Distribución horaria de la intensidad ciclista en los segmentos E3+E4 de la glorieta G9

2.3.1.4 Segmento S3+S4

Hora	F _{Season,Wednesday ,H Real}	F _{Season,Wednesday ,H Strava}
0	0	0
1	0	0
2	0	0
3	0	0
4	0	0
5	0	0
6	0	0
7	0	0
8	0,04098361	0,06315789
9	0,1147541	0,27368421
10	0,2295082	0,17368421
11	0,2295082	0,10526316
12	0,07377049	0,05789474
13	0,03278689	0,02631579
14	0,06557377	0,02105263
15	0,07377049	0,01578947
16	0,09016393	0,06315789
17	0,04918033	0,05263158
18	0	0,08947368
19	0	0,03157895
20	0	0,02105263
21	0	0,00526316
22	0	0
23	0	0

Tabla 43. Resultados de factores de ajuste horario para un miércoles de otoño en los segmentos S3+S4 de la glorieta G9

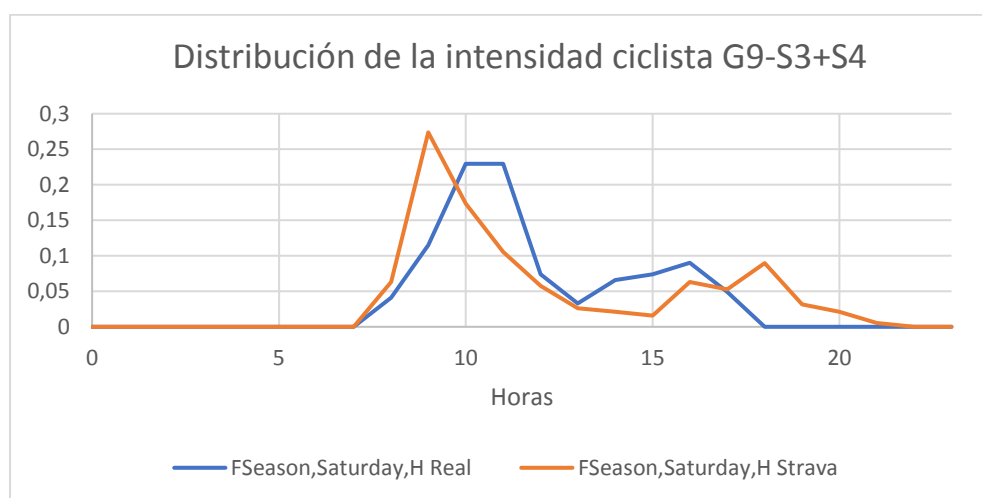


Fig. 4 Distribución horaria de la intensidad ciclista en los segmentos S3+S4 de la glorieta G9

2.3.1.5 Segmento E5+C2_A

Hora	F _{Season,Wednesday ,H Real}	F _{Season,Wednesday ,H Strava}
0	0	0
1	0	0
2	0	0
3	0	0
4	0	0
5	0	0
6	0	0
7	0	0,00166945
8	0,03797468	0,10016694
9	0,14556962	0,35058431
10	0,25316456	0,10684474
11	0,19620253	0,07679466
12	0,06962025	0,03839733
13	0,05696203	0,02671119
14	0,0443038	0,02671119
15	0,06962025	0,04006678
16	0,10126582	0,07345576
17	0,02531646	0,05676127
18	0	0,06010017
19	0	0,03171953
20	0	0,01001669
21	0	0
22	0	0
23	0	0

Tabla 44. Resultados de factores de ajuste horario para un miércoles de otoño en los segmentos E5+C2_A de la glorieta G9

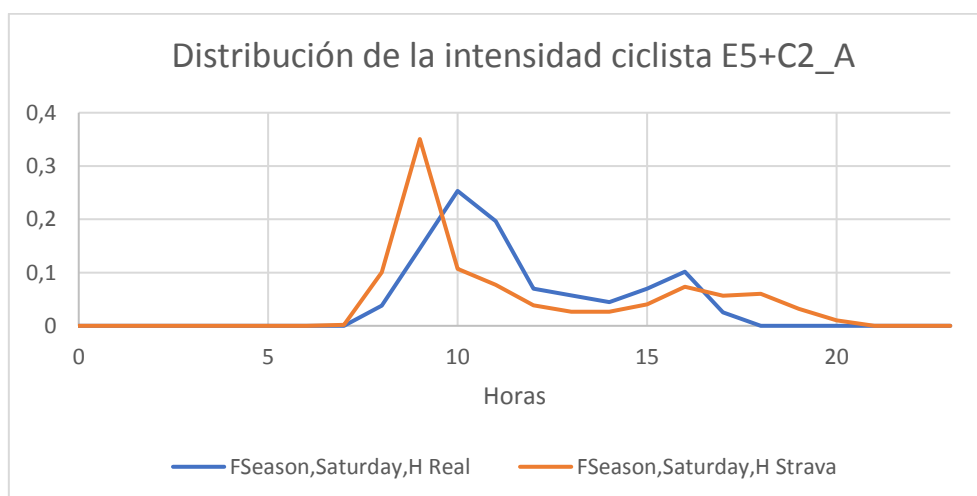


Fig. 5 Distribución horaria de la intensidad ciclista en los segmentos E5+C2_A de la glorieta G9

2.3.1.6 Segmento S5+C2_D

Hora	F _{Season,Wednesday ,H Real}	F _{Season,Wednesday ,H Strava}
0	0	0
1	0	0
2	0	0
3	0	0
4	0	0
5	0	0
6	0	0
7	0	0,00531915
8	0	0,04432624
9	0,08783784	0,08865248
10	0,10135135	0,15602837
11	0,25675676	0,23049645
12	0,18243243	0,11347518
13	0,06756757	0,04964539
14	0,03378378	0,03014184
15	0,08108108	0,04787234
16	0,16891892	0,05673759
17	0,02027027	0,06382979
18	0	0,07092199
19	0	0,03368794
20	0	0,00886525
21	0	0
22	0	0
23	0	0

Tabla 45. Resultados de factores de ajuste horario para un miércoles de otoño en los segmentos S5+C2_D de la glorieta G9

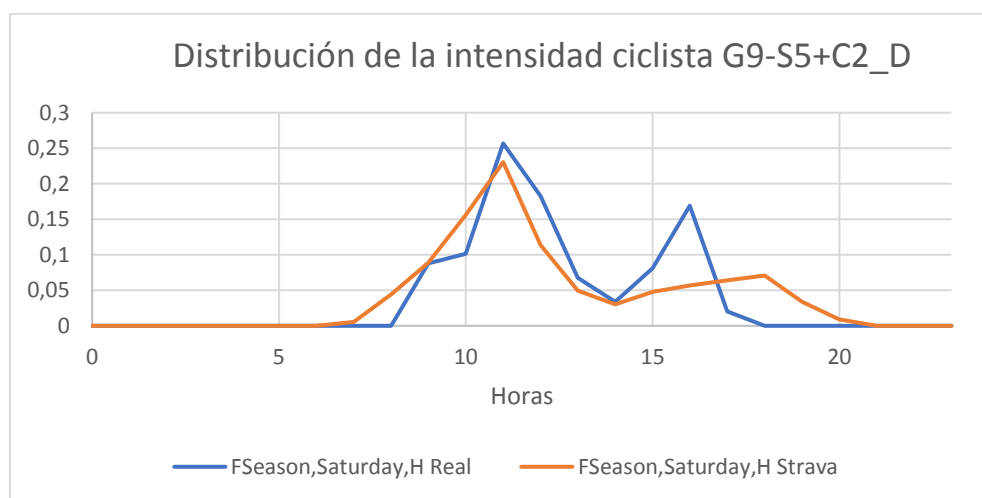


Fig. 6 Distribución horaria de la intensidad ciclista en los segmentos S5+C2_D de la glorieta G9

2.3.2 INTERSECCIÓN I22

2.3.2.1 Segmento E1

Hora	F _{Season,Wednesday ,H Real}	F _{Season,Wednesday ,H Strava}
0	0	0
1	0	0
2	0	0
3	0	0
4	0	0
5	0	0
6	0	0
7	0	0,00662252
8	0	0,03532009
9	0,05263158	0,07064018
10	0,13684211	0,13245033
11	0,15789474	0,17218543
12	0,16842105	0,1192053
13	0,01052632	0,0794702
14	0,11578947	0,04856512
15	0,15789474	0,06181015
16	0,14736842	0,04415011
17	0,05263158	0,06622517
18	0	0,06401766
19	0	0,08609272
20	0	0,01324503
21	0	0
22	0	0
23	0	0

Tabla 46 Resultados de factores de ajuste horario para un miércoles de otoño en el segmento E1 de la intersección I22

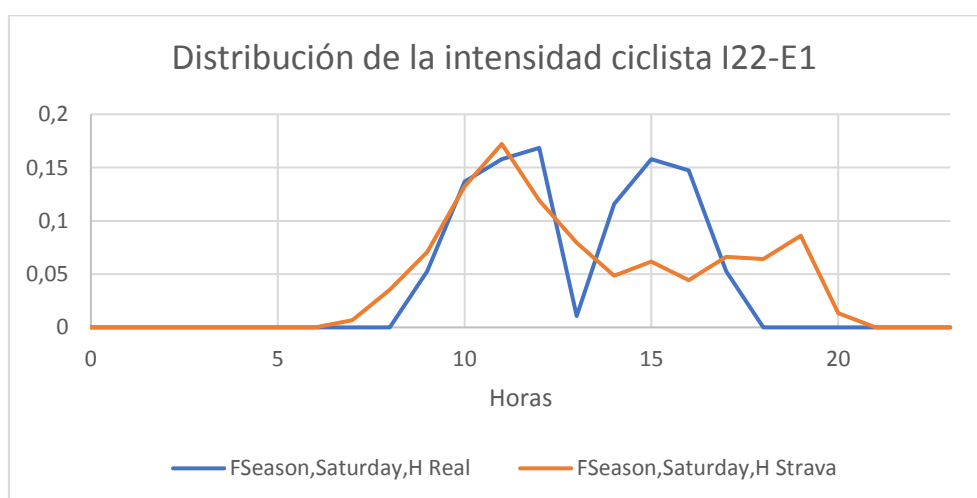


Fig. 7 Distribución horaria de la intensidad ciclista en el segmento E1 de la intersección I22

2.3.2.2 Segmento S1

Hora	F _{Season,Wednesday ,H Real}	F _{Season,Wednesday ,H Strava}
0	0	0
1	0	0
2	0	0
3	0	0
4	0	0
5	0	0
6	0	0
7	0,01851852	0
8	0,05555556	0,15492958
9	0,09259259	0,17840376
10	0,16666667	0,07511737
11	0,14814815	0,08920188
12	0,07407407	0,04694836
13	0,11111111	0,07042254
14	0,09259259	0,0657277
15	0,03703704	0,07511737
16	0,16666667	0,09859155
17	0,03703704	0,04225352
18	0	0,07042254
19	0	0,03286385
20	0	0
21	0	0
22	0	0
23	0	0

Tabla 47 Resultados de factores de ajuste horario para un miércoles de otoño en el segmento S1 de la intersección I22

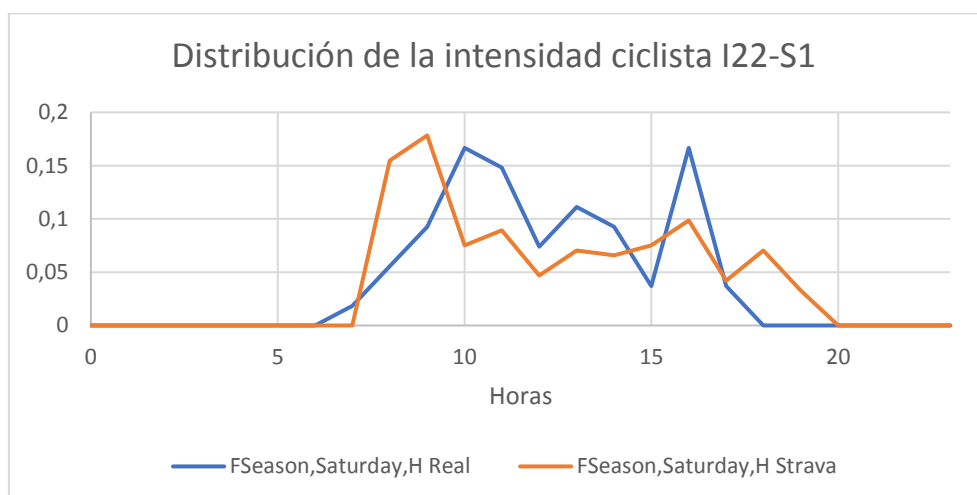


Fig. 8 Distribución horaria de la intensidad ciclista en el segmento S1 de la intersección I22

2.3.2.3 Segmento E2

Hora	F _{Season,Wednesday ,H Real}	F _{Season,Wednesday ,H Strava}
0	0	0
1	0	0
2	0	0
3	0	0
4	0	0
5	0	0
6	0	0
7	0,01449275	0,00431965
8	0,01449275	0,01295896
9	0,02173913	0,06479482
10	0,10144928	0,10367171
11	0,24637681	0,21166307
12	0,14492754	0,13606911
13	0,07246377	0,06479482
14	0,06521739	0,0475162
15	0,07971014	0,04967603
16	0,15942029	0,05399568
17	0,07971014	0,06263499
18	0	0,07991361
19	0	0,08423326
20	0	0,02159827
21	0	0,00215983
22	0	0
23	0	0

Tabla 48 Resultados de factores de ajuste horario para un miércoles de otoño en el segmento E2 de la intersección I22

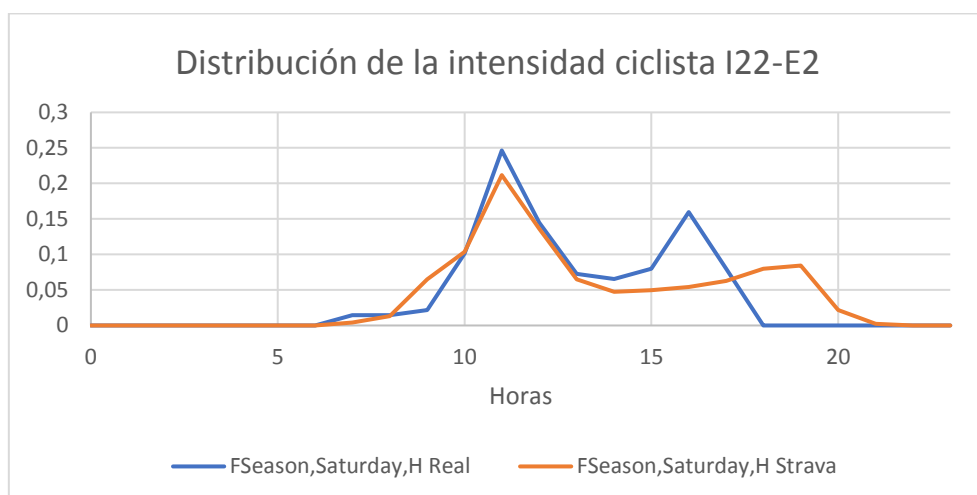


Fig. 9 Distribución horaria de la intensidad ciclista en el segmento E2 de la intersección I22

2.3.2.3 Segmento S2

Hora	F _{Season,Wednesday ,H Real}	F _{Season,Wednesday ,H Strava}
0	0	0
1	0	0
2	0	0
3	0	0
4	0	0
5	0	0
6	0	0,00170068
7	0,01342282	0,02040816
8	0,04026846	0,25170068
9	0,23489933	0,21428571
10	0,17449664	0,07312925
11	0,09395973	0,04761905
12	0,10738255	0,03401361
13	0,02684564	0,0255102
14	0,05369128	0,05442177
15	0,12751678	0,04251701
16	0,10738255	0,07823129
17	0,02013423	0,08163265
18	0	0,05272109
19	0	0,01870748
20	0	0,00340136
21	0	0
22	0	0
23	0	0

Tabla 49 Resultados de factores de ajuste horario para un miércoles de otoño en el segmento S2 de la intersección I22

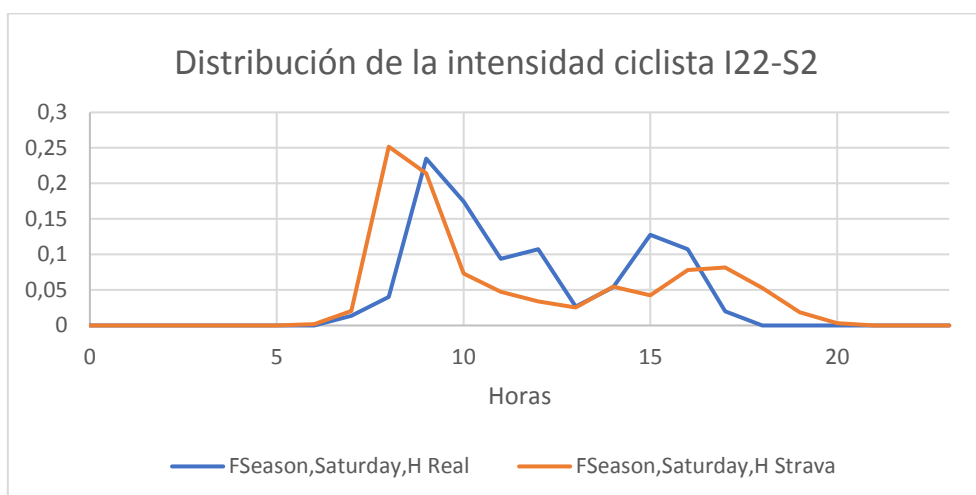


Fig. 10 Distribución horaria de la intensidad ciclista en el segmento S2 de la intersección I22

2.3.3 INTERSECCIÓN I2Af

2.3.3.1 Segmento E1

Hora	F _{Season,Wednesday ,H Real}	F _{Season,Wednesday ,H Strava}
0	0	0
1	0	0
2	0	0
3	0	0
4	0	0
5	0	0
6	0	0
7	0	0,01268116
8	0	0,10144928
9	0,13392857	0,24094203
10	0,26785714	0,11956522
11	0,08928571	0,05978261
12	0,15178571	0,03442029
13	0,08928571	0,02898551
14	0,03571429	0,04891304
15	0,07142857	0,06521739
16	0,125	0,08333333
17	0,03571429	0,07971014
18	0	0,07246377
19	0	0,05072464
20	0	0,00181159
21	0	0
22	0	0
23	0	0

Tabla 50. Resultados de factores de ajuste horario para un sábado de invierno en el segmento E1 de la intersección I2Af

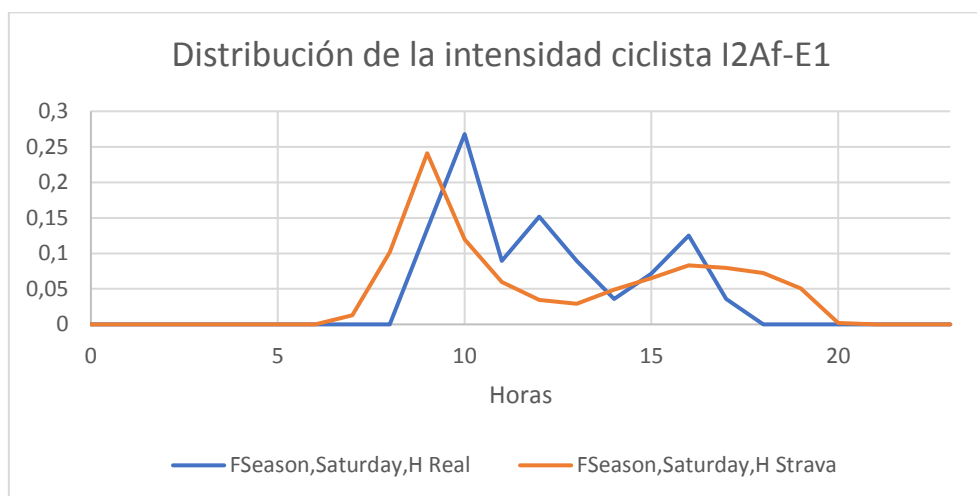


Fig. 11 Distribución horaria de la intensidad ciclista en el segmento E1 de la intersección I2Af

2.3.3.2 Segmento S1

Hora	F _{Season,Wednesday ,H Real}	F _{Season,Wednesday ,H Strava}
0	0	0
1	0	0
2	0	0
3	0	0
4	0	0
5	0	0
6	0	0
7	0	0,00344828
8	0,01298701	0,0137931
9	0,03896104	0,06896552
10	0,14285714	0,14137931
11	0,16883117	0,13448276
12	0,20779221	0,11034483
13	0,06493506	0,05172414
14	0,06493506	0,04137931
15	0,06493506	0,07931034
16	0,11688312	0,05862069
17	0,1038961	0,05517241
18	0	0,1137931
19	0	0,11724138
20	0	0,01034483
21	0	0
22	0	0
23	0	0

Tabla 51. Resultados de factores de ajuste horario para un sábado de invierno en el segmento S1 de la intersección I2Af

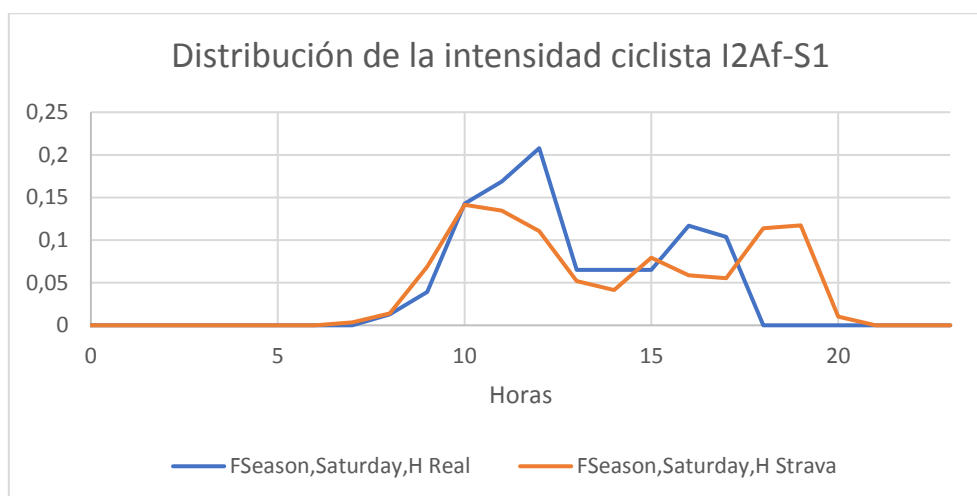


Fig. 12 Distribución horaria de la intensidad ciclista en el segmento S1 de la intersección I2Af

2.3.3.3 Segmento E2

Hora	$F_{\text{Season,Wednesday},H \text{ Real}}$	$F_{\text{Season,Wednesday},H \text{ Strava}}$
0	0	0
1	0	0
2	0	0
3	0	0
4	0	0
5	0	0
6	0	0
7	0	0,00763359
8	0,01538462	0,01145038
9	0,04615385	0,09160305
10	0,13846154	0,12977099
11	0,18461538	0,13358779
12	0,21538462	0,11832061
13	0,03076923	0,05343511
14	0,04615385	0,05725191
15	0,07692308	0,08778626
16	0,13846154	0,04580153
17	0,09230769	0,05725191
18	0	0,1221374
19	0	0,08015267
20	0	0,00381679
21	0	0
22	0	0
23	0	0

Tabla 52. Resultados de factores de ajuste horario para un sábado de invierno en el segmento E2 de la intersección I2Af

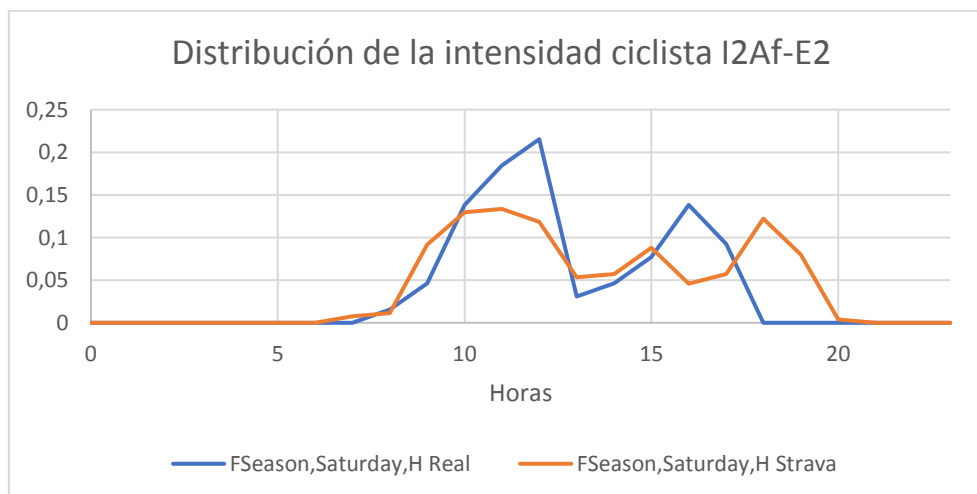


Fig. 13 Distribución horaria de la intensidad ciclista en el segmento E2 de la intersección I2Af

2.3.3.4 Segmento S2

Hora	F _{Season,Wednesday ,H Real}	F _{Season,Wednesday ,H Strava}
0	0	0
1	0	0
2	0	0
3	0	0
4	0	0
5	0	0
6	0	0
7	0	0,01229508
8	0	0,07172131
9	0,06315789	0,25614754
10	0,32631579	0,11885246
11	0,09473684	0,06352459
12	0,17894737	0,02868852
13	0,07368421	0,03688525
14	0,03157895	0,05327869
15	0,07368421	0,06352459
16	0,11578947	0,08811475
17	0,04210526	0,08401639
18	0	0,07581967
19	0	0,04508197
20	0	0,00204918
21	0	0
22	0	0
23	0	0

Tabla 53. Resultados de factores de ajuste horario para un sábado de invierno en el segmento S2 de la intersección I2Af

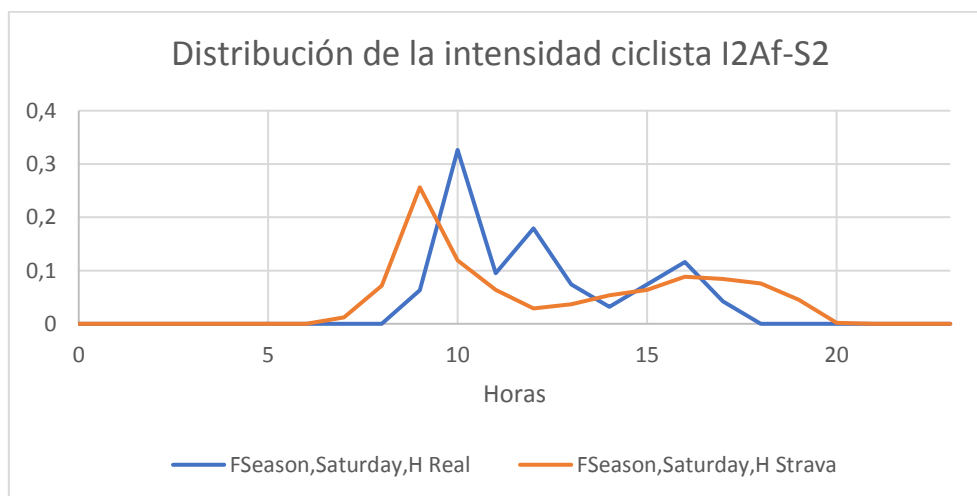


Fig. 14 Distribución horaria de la intensidad ciclista en el segmento S2 de la intersección I2Af

2.3.4 GLORIETA G21

2.3.4.1 Segmento E1

Hora	$F_{\text{Season,Saturday,H Real}}$	$F_{\text{Season,Saturday,H Strava}}$
0	0	0
1	0	0
2	0	0
3	0	0
4	0	0
5	0	0
6	0	0,00092678
7	0,0025974	0,00834106
8	0,37142857	0,3253012
9	0,29090909	0,3660797
10	0,07532468	0,13994439
11	0,11168831	0,06209453
12	0,04935065	0,03892493
13	0,03896104	0,02131603
14	0,01818182	0,01112141
15	0,01818182	0,01575533
16	0,01558442	0,0055607
17	0,00779221	0,00278035
18	0	0,00092678
19	0	0,00092678
20	0	0
21	0	0
22	0	0
23	0	0

Tabla 54. Resultados de factores de ajuste horario para un sábado de invierno en el segmento E1 de la glorieta G21

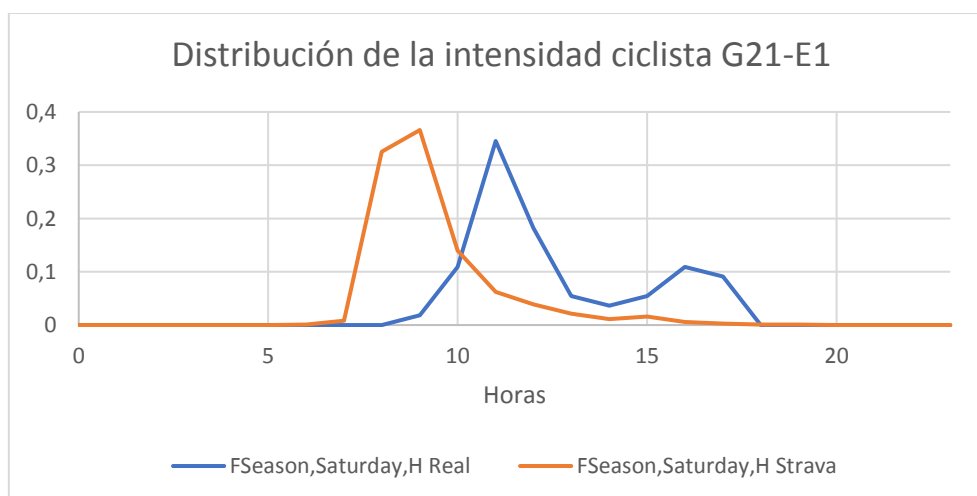


Fig. 15 Distribución horaria de la intensidad ciclista en el segmento E1 de la glorieta G21

2.3.4.2 Segmento E4

Hora	$F_{\text{Season,Saturday,H Real}}$	$F_{\text{Season,Saturday,H Strava}}$
0	0	0
1	0	0
2	0	0
3	0	0
4	0	0
5	0	0
6	0	0
7	0	0,00052854
8	0,01505017	0,00687104
9	0,0735786	0,05179704
10	0,10535117	0,14217759
11	0,21404682	0,20243129
12	0,41137124	0,33932347
13	0,10200669	0,1807611
14	0,02675585	0,03382664
15	0,01170569	0,01638478
16	0,01839465	0,01215645
17	0,02173913	0,01268499
18	0	0,00105708
19	0	0
20	0	0
21	0	0
22	0	0
23	0	0

Tabla 55. Resultados de factores de ajuste horario para un sábado de invierno en el segmento E4 de la glorieta G21.

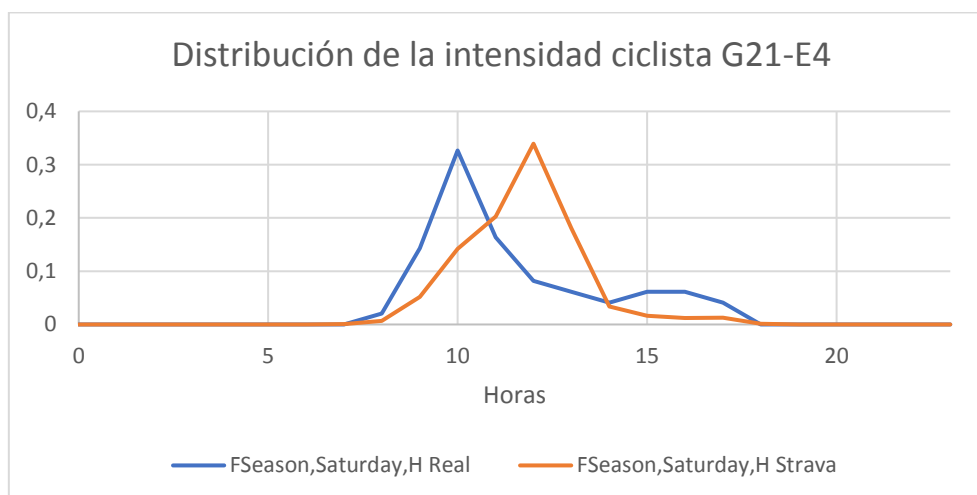


Fig. 16 Distribución horaria de la intensidad ciclista en el segmento E4 de la glorieta G21

2.3.5 GLORIETA G26

2.3.5.1 Segmento E1

Hora	$F_{\text{Season,Saturday,H Real}}$	$F_{\text{Season,Saturday,H Strava}}$
0	0	0
1	0	0
2	0	0
3	0	0
4	0	0
5	0	0
6	0	0,00068871
7	0	0
8	0,15686275	0,11019284
9	0,49264706	0,55647383
10	0,19117647	0,184573
11	0,05882353	0,07644628
12	0,04411765	0,03236915
13	0,02205882	0,01033058
14	0,01470588	0,00619835
15	0	0,0130854
16	0,0122549	0,00757576
17	0,00490196	0,00206612
18	0	0
19	0	0
20	0	0
21	0	0
22	0	0
23	0	0

Tabla 56. Resultados de factores de ajuste horario para un sábado de invierno en el segmento E1 de la glorieta G26

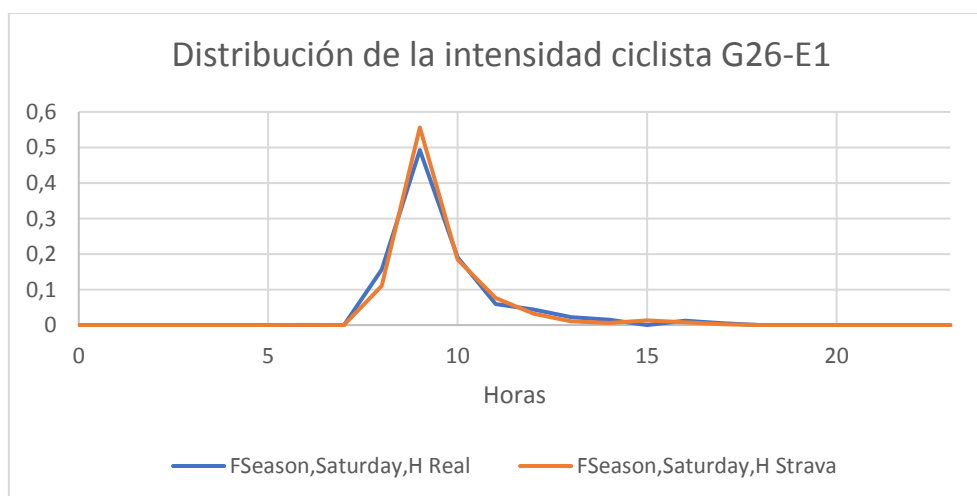


Fig. 17 Distribución horaria de la intensidad ciclista en el segmento E1 de la glorieta G26

2.3.5.2 Segmento S1

Hora	$F_{\text{Season,Saturday,H Real}}$	$F_{\text{Season,Saturday,H Strava}}$
0	0	0
1	0	0
2	0	0
3	0	0
4	0	0
5	0	0
6	0	0
7	0	0,00058997
8	0,03293413	0,00766962
9	0,11077844	0,08554572
10	0,23353293	0,1640118
11	0,16167665	0,29380531
12	0,30838323	0,32743363
13	0,10179641	0,08141593
14	0,01497006	0,01474926
15	0,00598802	0,00530973
16	0,00898204	0,01297935
17	0,01197605	0,00648968
18	0	0
19	0	0
20	0	0
21	0	0
22	0	0
23	0	0

Tabla 57. Resultados de factores de ajuste horario para un sábado de invierno en el segmento S1 de la glorieta G26

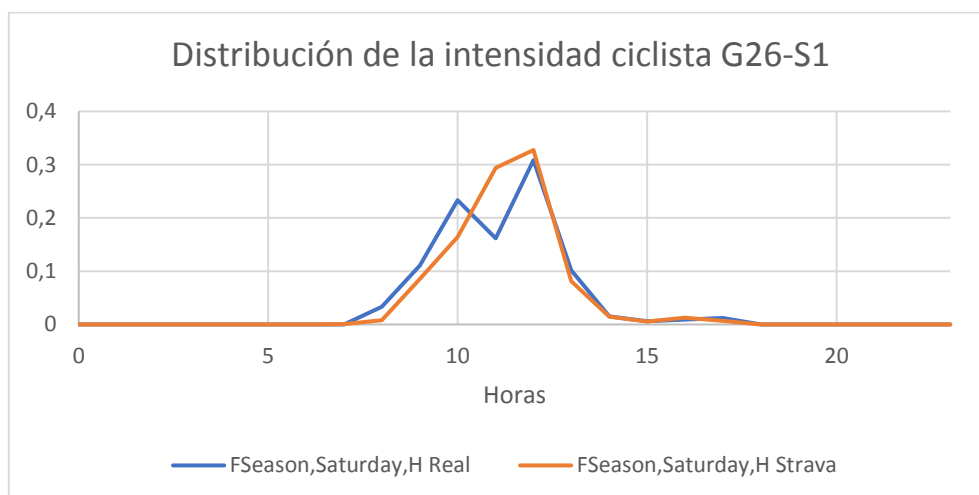


Fig. 18 Distribución horaria de la intensidad ciclista en el segmento S1 de la glorieta G26

2.3.5.3 Segmento S3

Hora	$F_{\text{Season,Saturday,H Real}}$	$F_{\text{Season,Saturday,H Strava}}$
0	0	0
1	0	0
2	0	0
3	0	0
4	0	0
5	0	0
6	0	0,00558659
7	0	0,00558659
8	0,08474576	0,12849162
9	0,30508475	0,42458101
10	0,3220339	0,10055866
11	0,05084746	0,18994413
12	0,10169492	0,11731844
13	0,06779661	0,01675978
14	0,06779661	0,00558659
15	0	0,00558659
16	0	0
17	0	0
18	0	0
19	0	0
20	0	0
21	0	0
22	0	0
23	0	0

Tabla 58. Resultados de factores de ajuste horario para un sábado de invierno en el segmento S3 de la glorieta G26

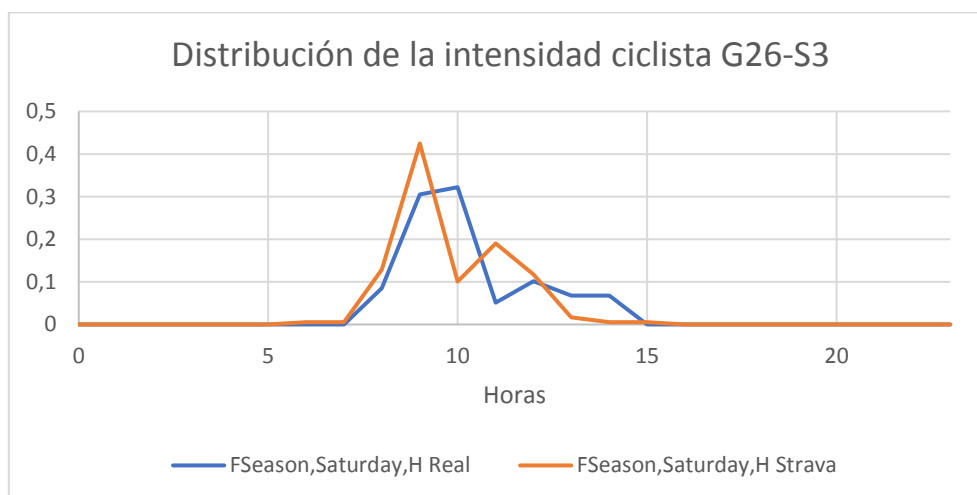


Fig. 19 Distribución horaria de la intensidad ciclista en el segmento S3 de la glorieta G26

2.3.5.4 Segmento E4

Hora	$F_{\text{Season,Saturday,H Real}}$	$F_{\text{Season,Saturday,H Strava}}$
0	0	0
1	0	0
2	0	0
3	0	0
4	0	0
5	0	0
6	0	0
7	0	0,00067159
8	0,03	0,00335796
9	0,11	0,080591
10	0,25	0,17327065
11	0,15	0,32370719
12	0,32	0,30893217
13	0,11	0,07186031
14	0,00666667	0,01276024
15	0,00333333	0,00604433
16	0,01	0,01208865
17	0,00666667	0,00671592
18	0	0
19	0	0
20	0	0
21	0	0
22	0	0
23	0	0

Tabla 59. Resultados de factores de ajuste horario para un sábado de invierno en el segmento E4 de la glorieta G26

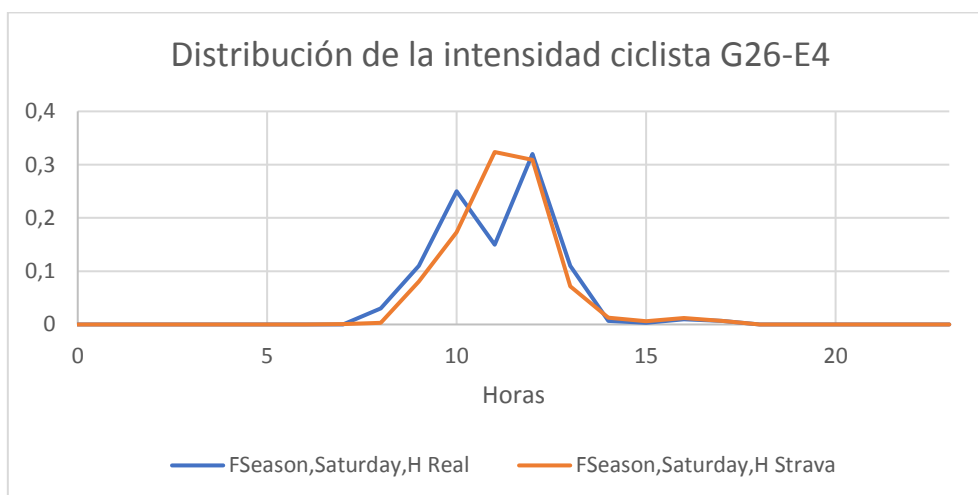


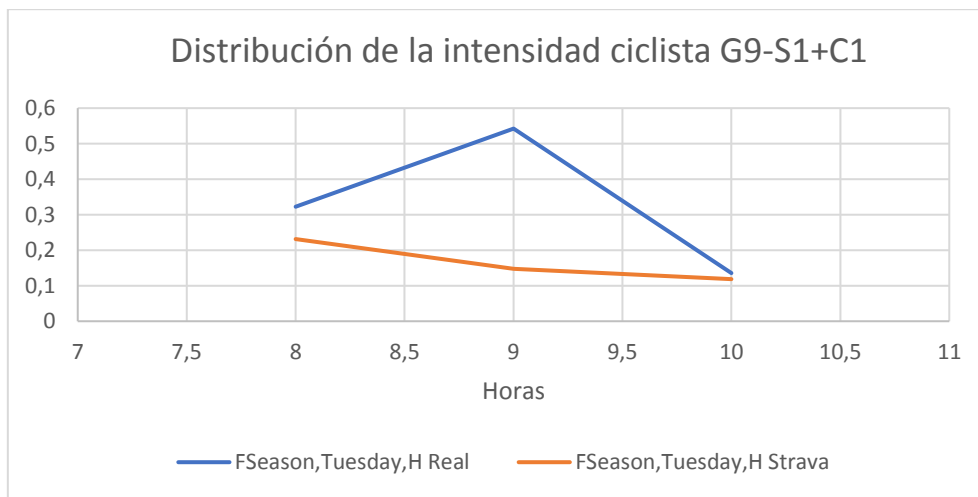
Fig. 20 Distribución horaria de la intensidad ciclista en el segmento E4 de la glorieta G26

2.4 ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN HORARIA DE LA INTENSIDAD CICLISTA DE FORMA GRÁFICA

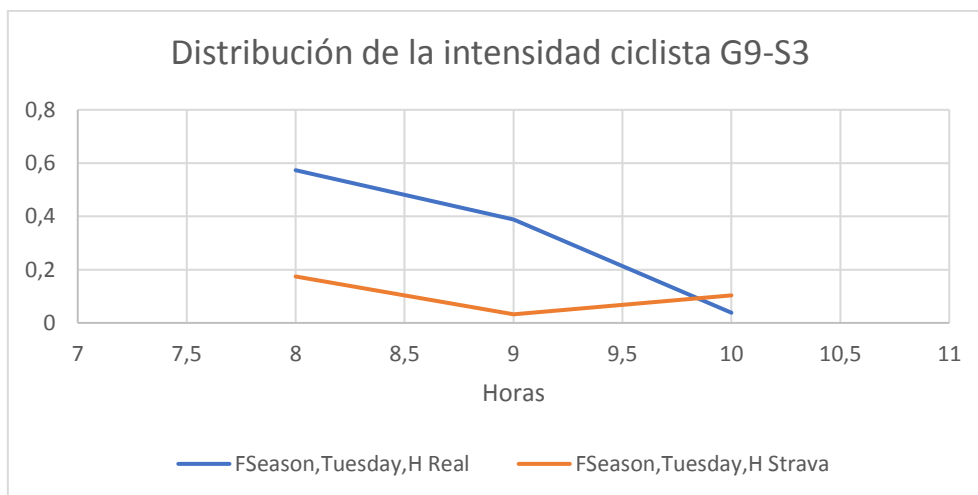
2.4.1 GLORIETA G9

A continuación se representa la distribución horaria de la intensidad ciclista para los segmentos de la glorieta G9 a partir de la toma del día martes 27 de junio de 2017, en la franja horaria de las 8:00 a 10:00 horas.

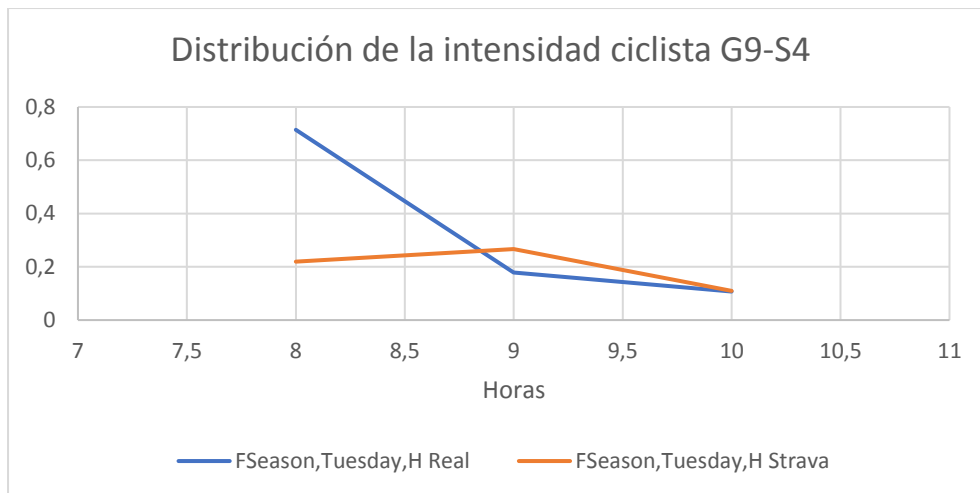
2.4.1.1 Segmento S1+C1



2.4.1.2 Segmento S3



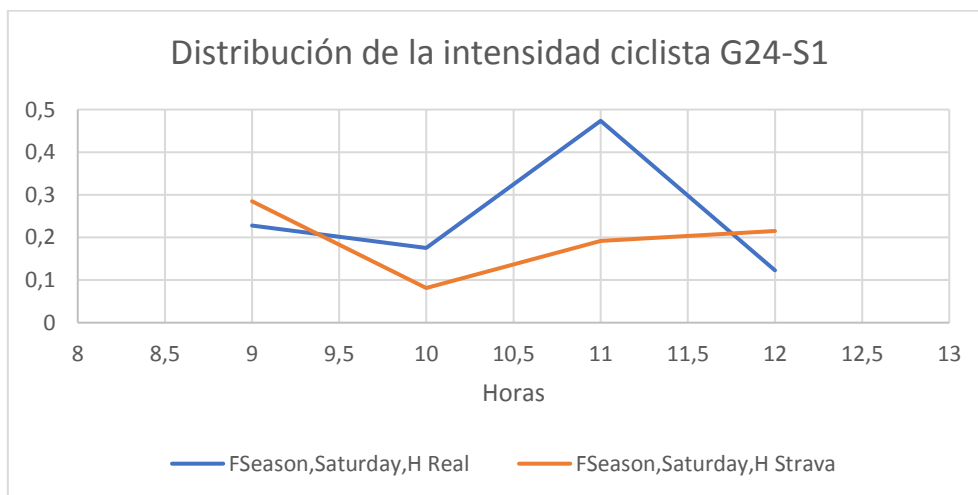
2.4.1.3 Segmento S4



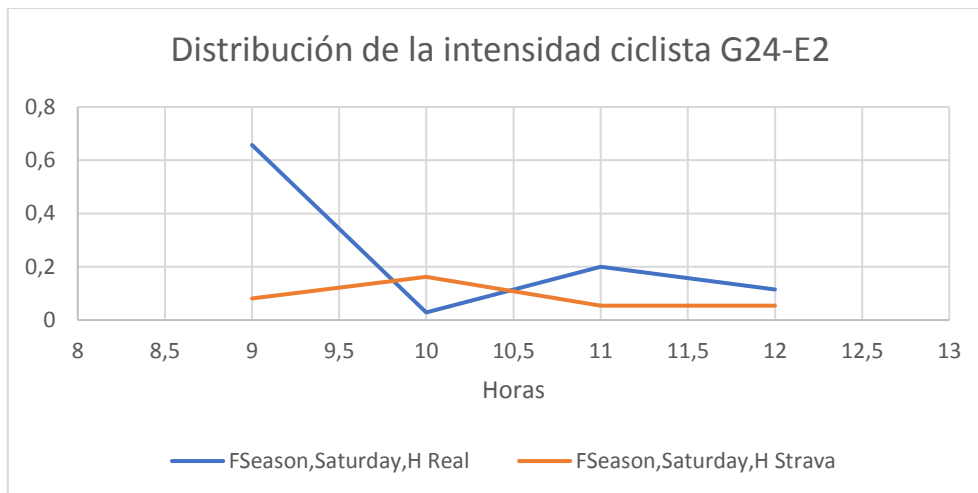
2.4.2 GLORIETA G24

A continuación se representa la distribución horaria de la intensidad ciclista para los segmentos de la glorieta G24 a partir de la toma del día sábado 8 de abril de 2017, en la franja horaria de las 9:00 a 12:00 horas.

2.4.2.1 Segmento S1



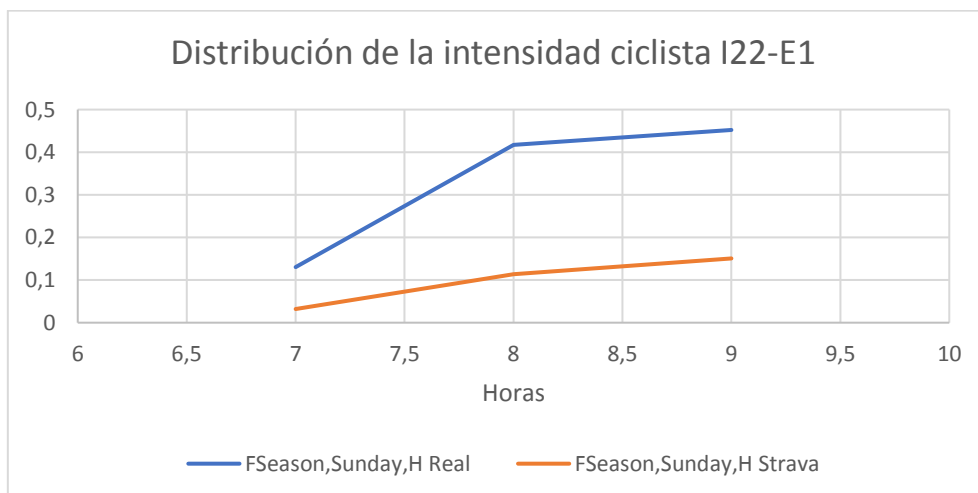
2.4.2.2 Segmento E2



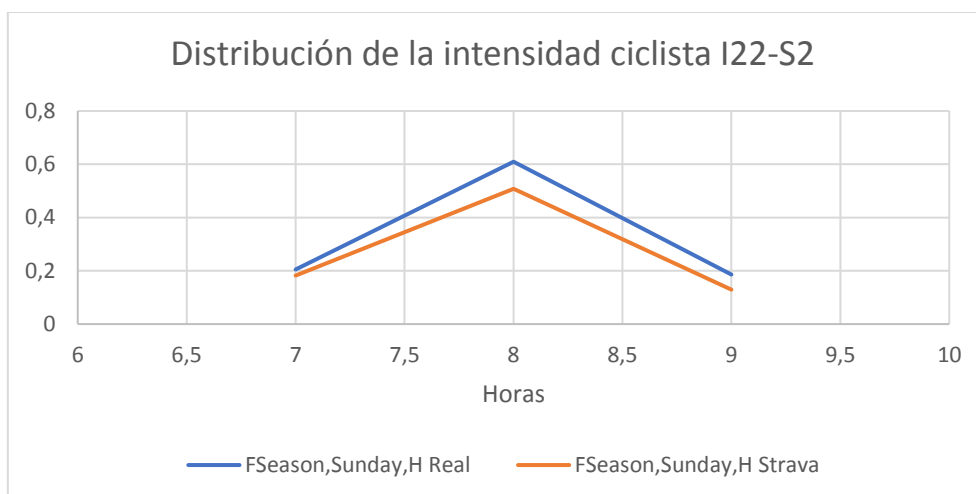
2.4.3 INTERSECCIÓN I22

A continuación se representa la distribución horaria de la intensidad ciclista para los segmentos de la intersección I22 a partir de la toma del día sábado 7 de julio de 2017, en la franja horaria de las 7:00 a 9:00 horas.

2.4.3.1 Segmento E1



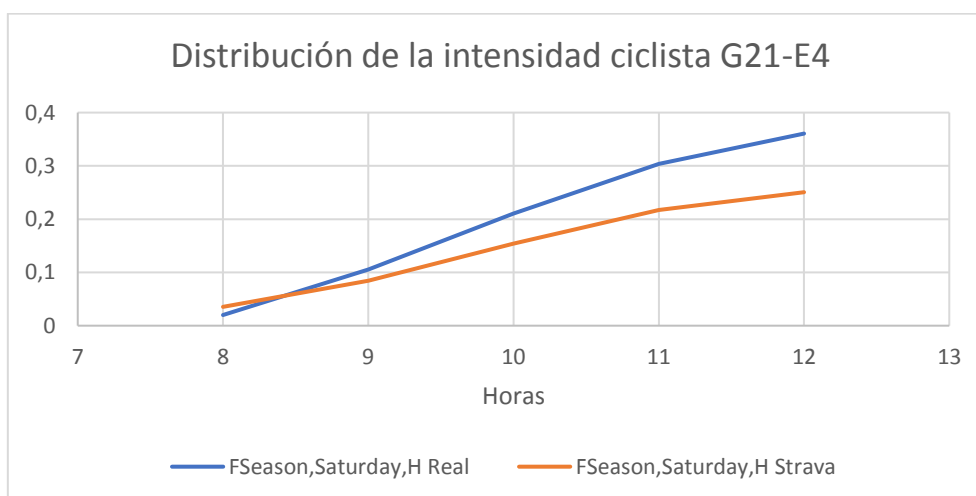
2.4.3.2 Segmento S2



2.4.4 GLORIETA G21

A continuación se representa la distribución horaria de la intensidad ciclista para los segmentos de la glorieta G21 a partir de la toma del día sábado 8 de abril de 2017, en la franja horaria de las 8:00 a 12:00 horas.

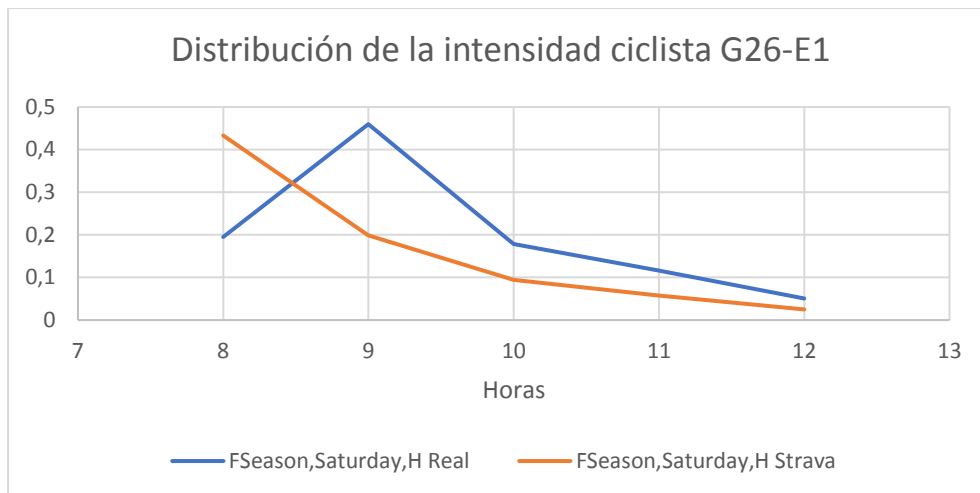
2.4.4.1 Segmento E4



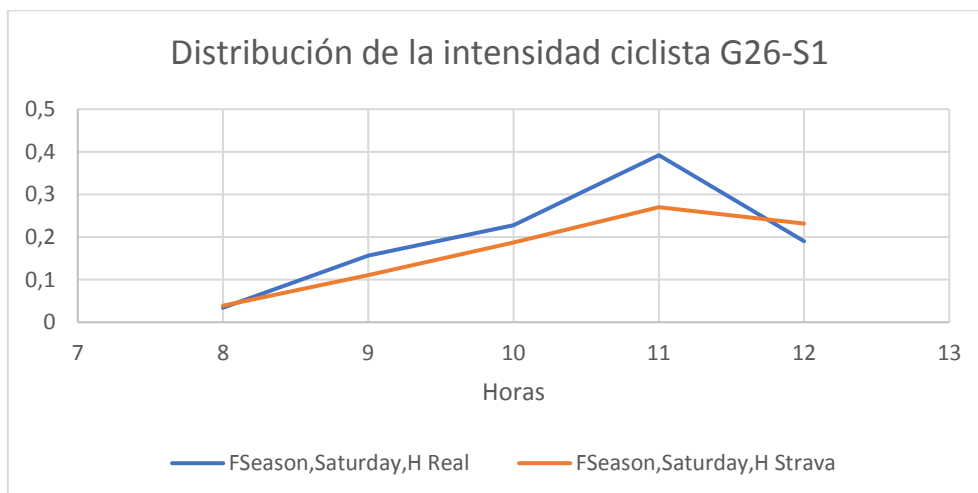
2.4.5 GLORIETA G26

A continuación se representa la distribución horaria de la intensidad ciclista para los segmentos de la glorieta G26 a partir de la toma del día sábado 8 de abril de 2017, en la franja horaria de las 8:00 a 12:00 horas.

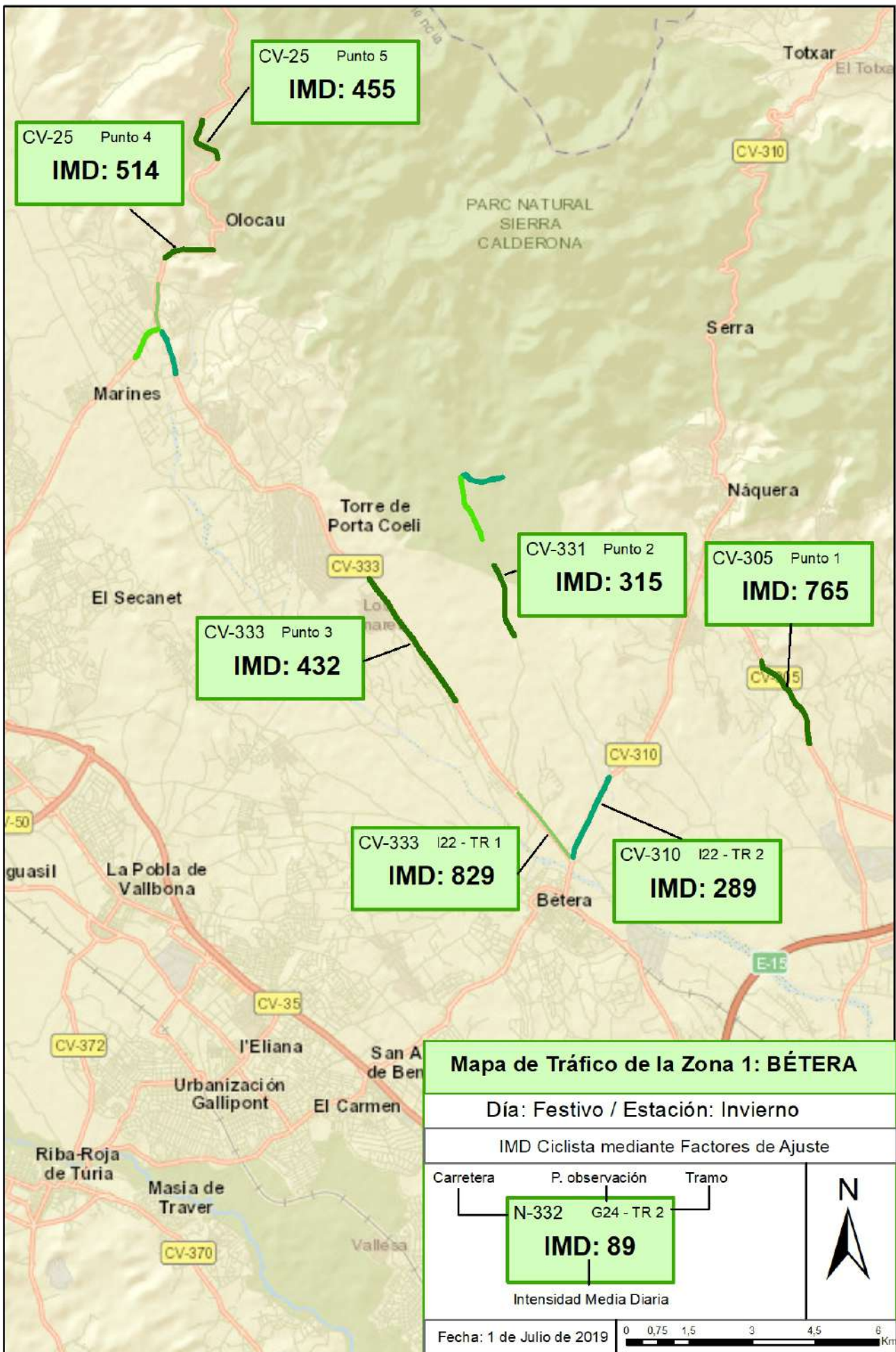
2.4.5.1 Segmento E1



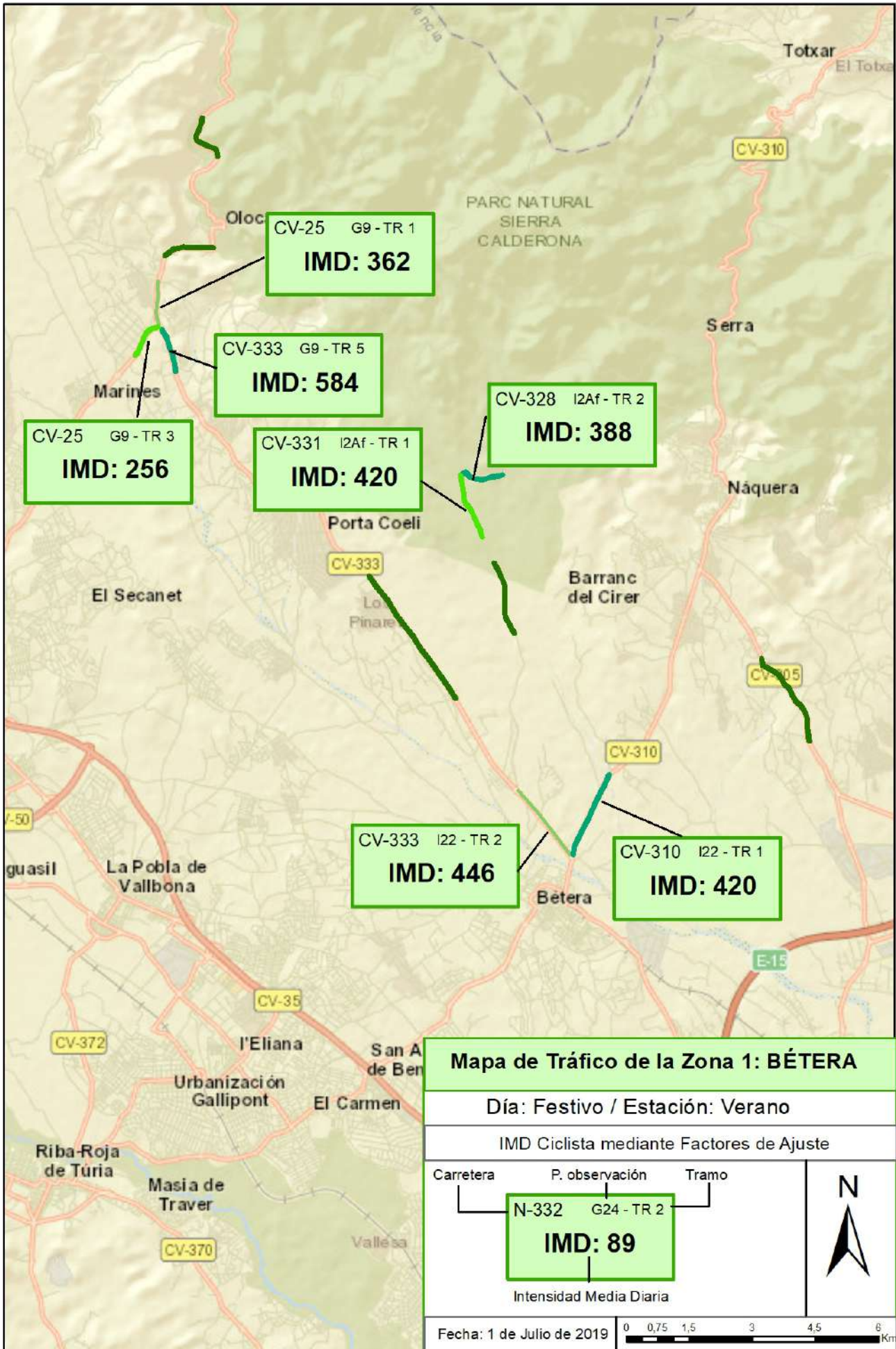
2.4.5.2 Segmento S1

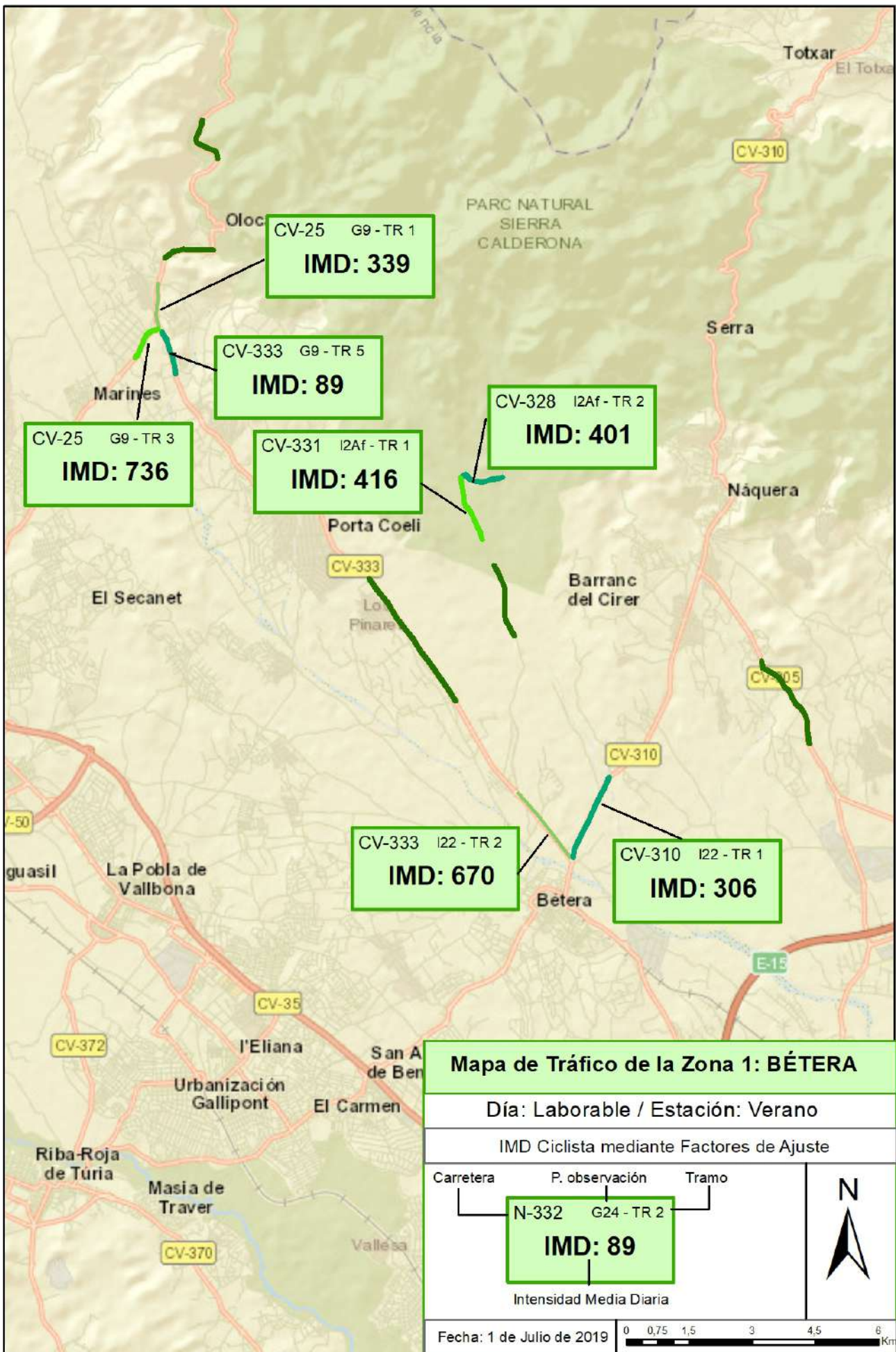


ANEJO 5: MAPAS DE TRÁFICO



Mapa de Tráfico de la Zona 1: BÉTERA		
Día: Festivo / Estación: Invierno		
IMD Ciclista mediante Factores de Ajuste		
Carretera	P. observación	Tramo
N-332	G24 - TR 2	
IMD: 89		
Intensidad Media Diaria		
Fecha: 1 de Julio de 2019		





CV-25 G9 - TR 3
IMD: 736

CV-333 G9 - TR 5
IMD: 89

CV-25 G9 - TR 1
IMD: 339

CV-331 I2Af - TR 1
IMD: 416

CV-328 I2Af - TR 2
IMD: 401

CV-333 I22 - TR 2
IMD: 670

CV-310 I22 - TR 1
IMD: 306

Mapa de Tráfico de la Zona 1: BÉTERA

Día: Laborable / Estación: Verano

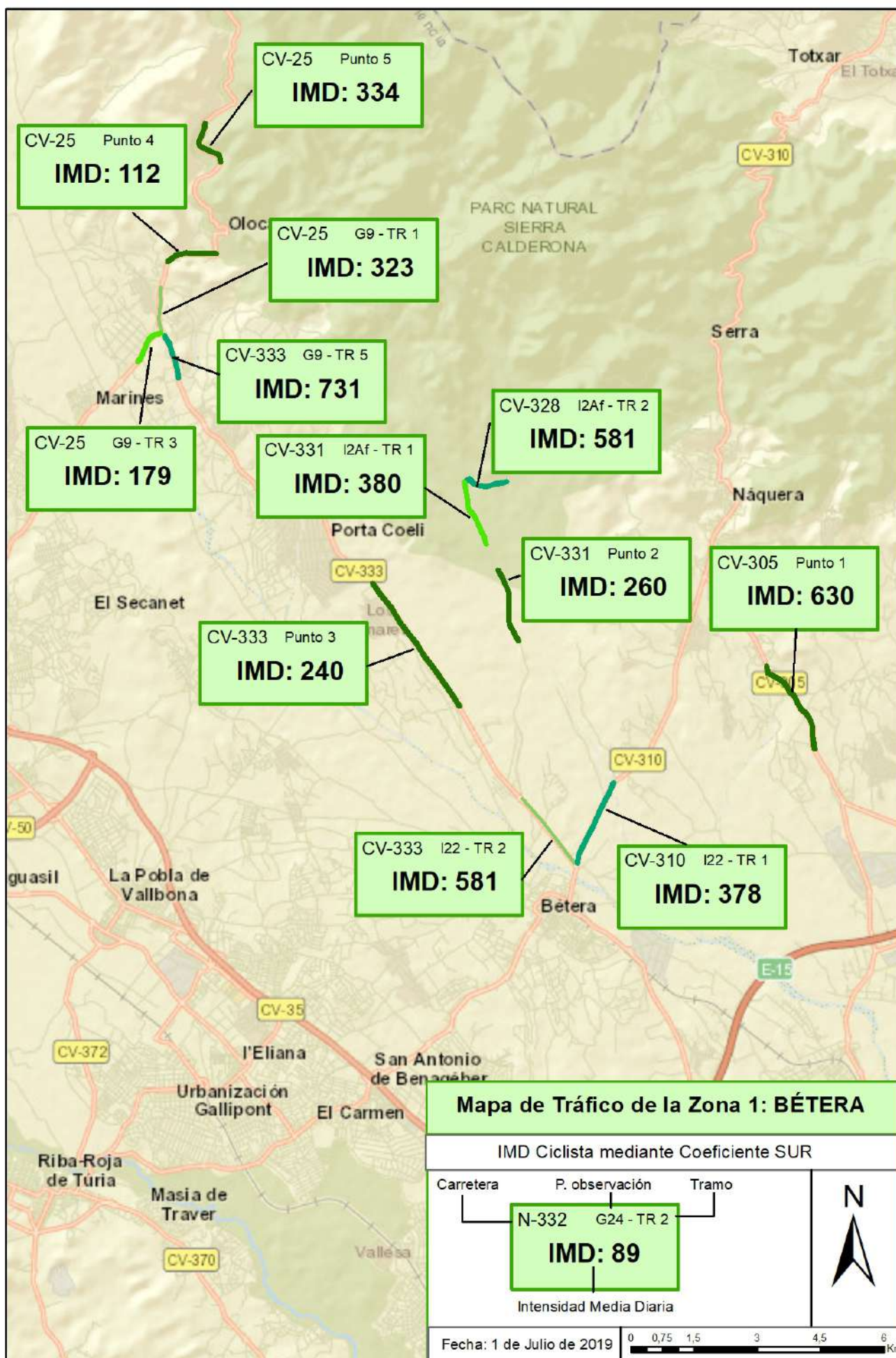
IMD Ciclista mediante Factores de Ajuste

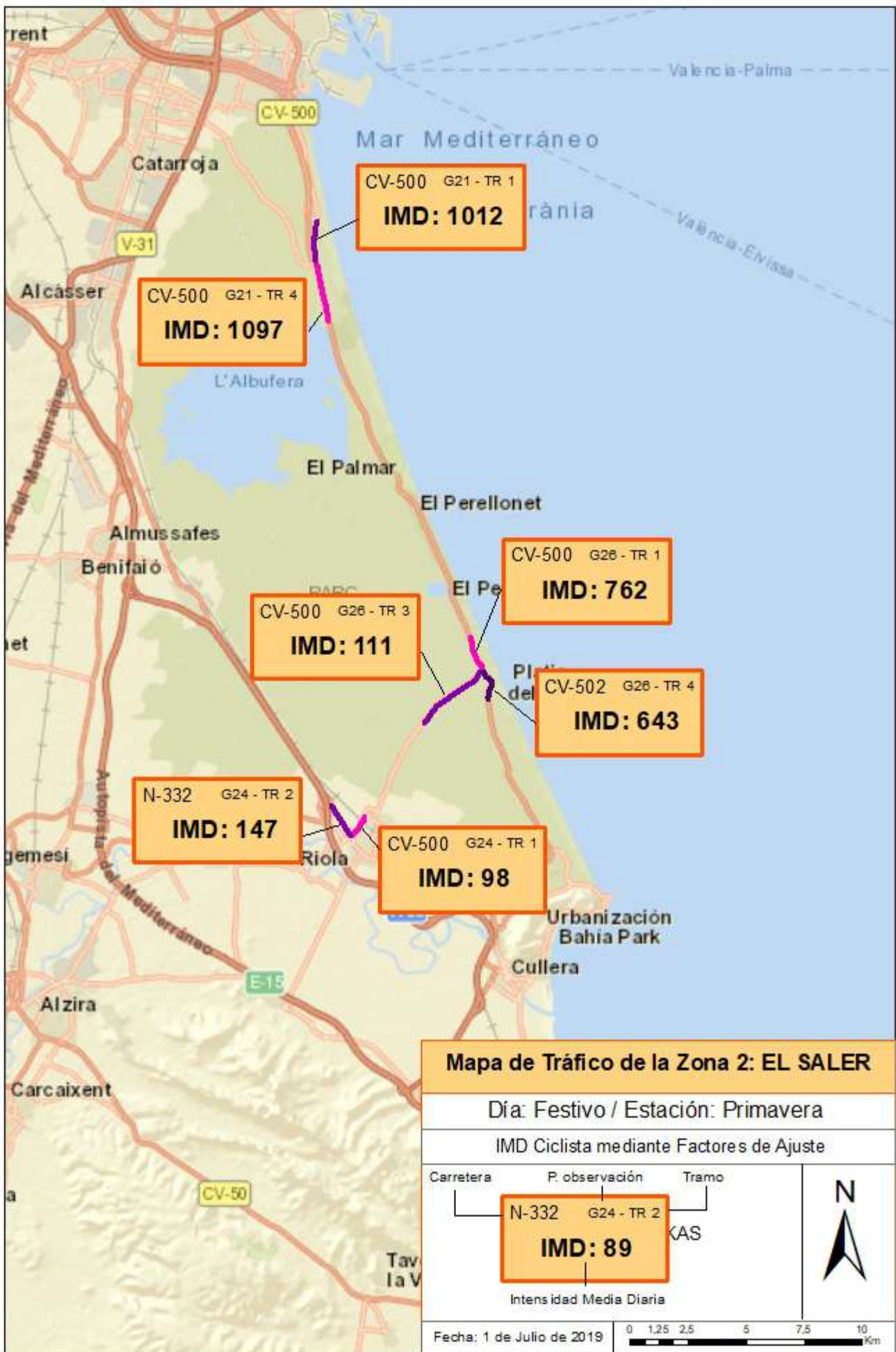
Carretera	P. observación	Tramo	IMD
N-332	G24 - TR 2		89

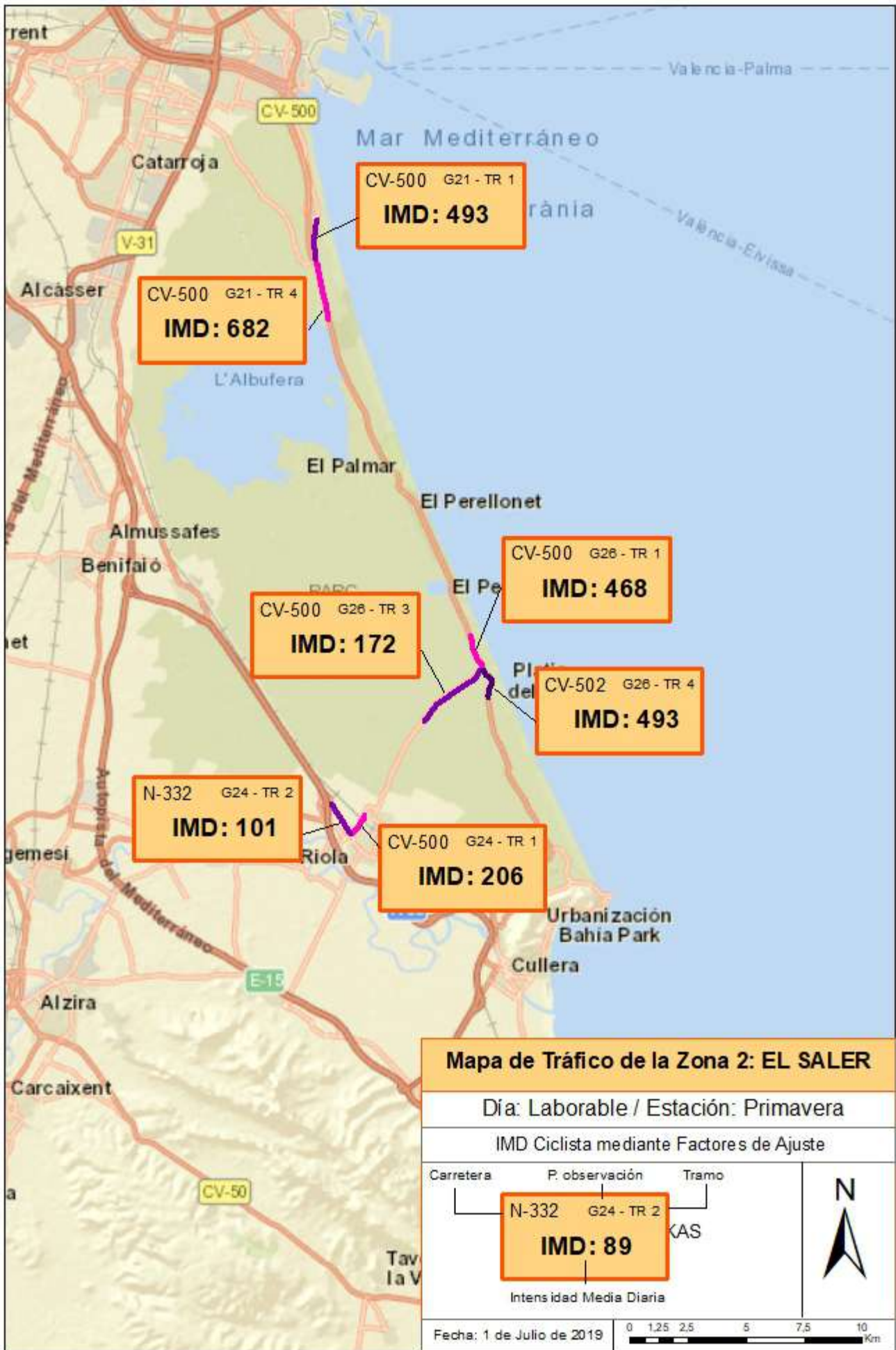
Intensidad Media Diaria

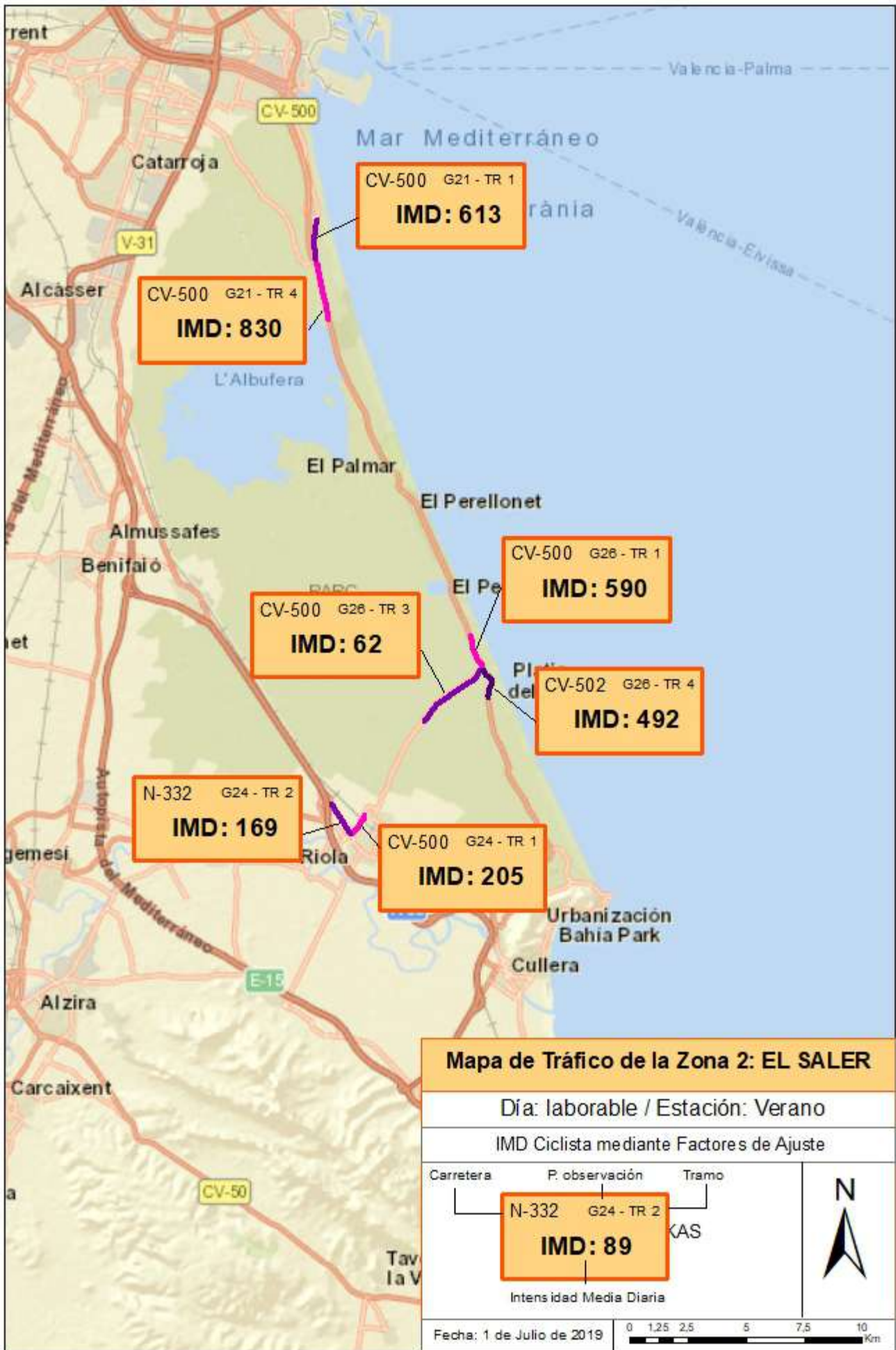
Fecha: 1 de Julio de 2019

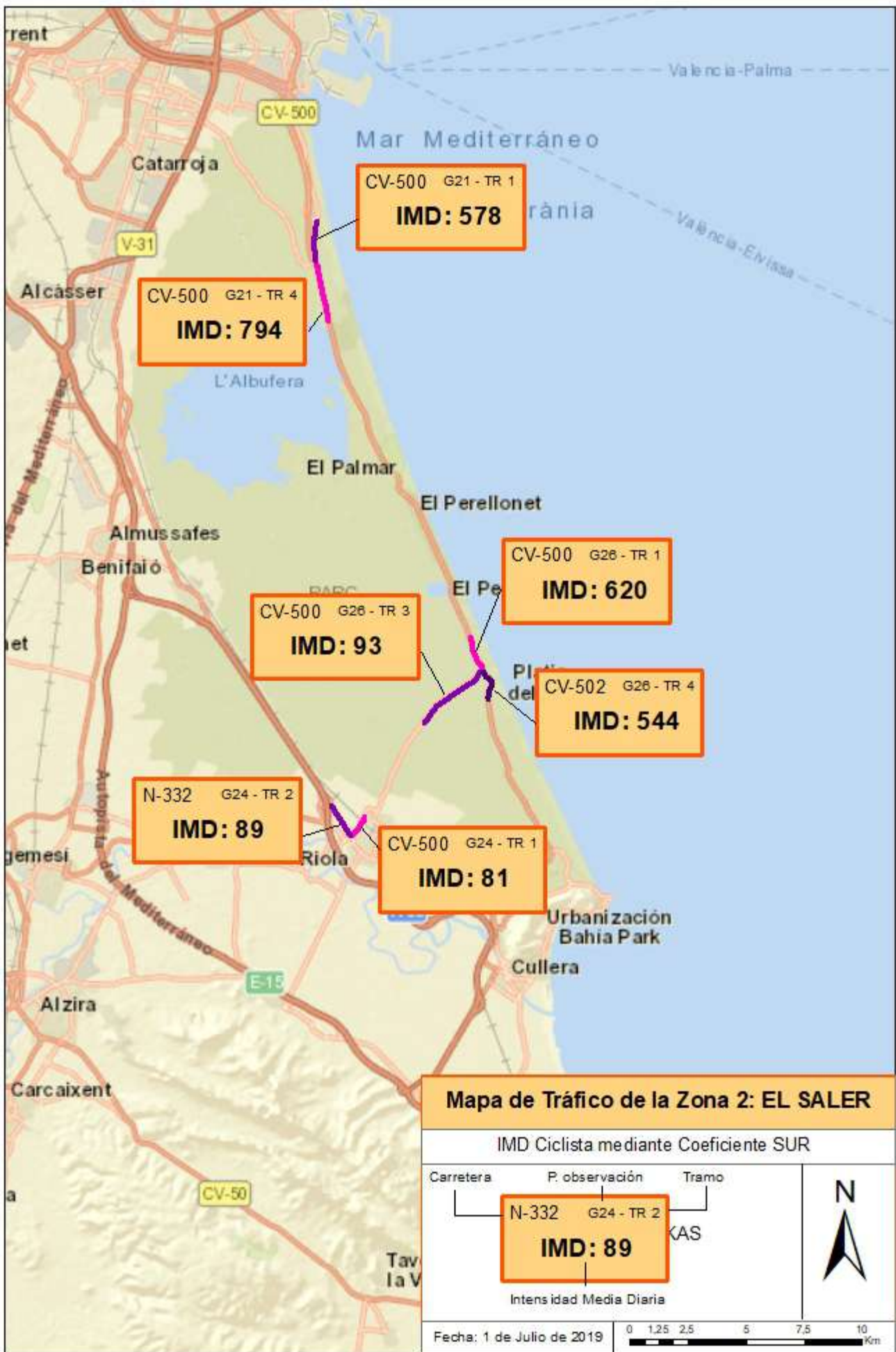
0 0,75 1,5 3 4,5 6 Km











CV-500 G21 - TR 1
IMD: 578

CV-500 G21 - TR 4
IMD: 794

CV-500 G26 - TR 1
IMD: 620

CV-500 G26 - TR 3
IMD: 93

CV-502 G26 - TR 4
IMD: 544

N-332 G24 - TR 2
IMD: 89

CV-500 G24 - TR 1
IMD: 81

