



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



VNIVERSITAT  
D VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
DE INGENIEROS DE CAMINOS,  
CANALES Y PUERTOS



# Estudio del efecto del trazado en planta y alzado en la determinación unitaria, en flujo libre, de la huella de carbono asociada a la circulación de vehículos en el tramo Casinos - Tuéjar de la Carretera CV-35 (Valencia).



Máster interuniversitario en Ingeniería Ambiental

Alumno: Ehedey González Santana

Tutor: Manuel López Porta

Septiembre 2018

## Indice

Indice de tablas .....	3
Indice de figuras .....	5
1. Introducción .....	8
2. Antecedentes .....	11
3. Objetivos y condiciones.....	12
3.1. Objetivos .....	12
3.2. Condiciones .....	12
4. Contaminación y cambio climático procedente del tráfico .....	13
4.1. Huella de carbono .....	13
4.2. Importancia de la huella de carbono .....	14
4.3. Cambio climático y el tráfico rodado .....	15
4.3.1. ¿Qué es el cambio climático?.....	16
4.3.2. Causas del cambio climático .....	18
4.3.3. Efectos del cambio climático.....	19
4.3.4. El tráfico: cómo contribuye al cambio climático .....	19
5. Metodologías para el cálculo de la huella de carbono procedente del tráfico rodado.....	22
5.1. Procedimientos existentes.....	22
5.2. Procedimiento elegido en el caso actual .....	23
6. Aplicación al caso práctico de la carretera CV-35 .....	24
6.1. Restitución del trazado, tanto en planta como en alzado .....	24
6.2. Obtención del perfil de velocidad de operación espacial y temporal en planta y en alzado 34	
6.2.1. Velocidad de operación en planta.....	42
6.2.2. Velocidad de operación en alzado .....	53
6.2.3. Velocidad de operación combinación planta-alzado .....	62
6.3. Aplicación del software y obtención de la huella de carbono .....	67
6.3.1. Huella de carbono del trazado en planta .....	70
6.3.2. Huella de carbono del trazado en alzado.....	74
6.3.3. Huella de carbono de la combinación planta-alzado .....	77
6.3.4. Combinación planta-alzado vehículo pesado.....	80
6.4. Tramificación de la carretera CV-35.....	83

6.4.1.	Vehículo ligero.....	83
6.4.2.	Vehículo pesado .....	85
7.	Análisis de los resultados de CO <sub>2</sub> obtenidos .....	86
7.1.	Producción de CO <sub>2</sub> con vehículo ligero .....	86
7.1.1.	Comparación de los tramos en el trazado en planta .....	86
7.1.2.	Comparación de los tramos en el trazado en alzado .....	90
7.1.3.	Comparación de los tramos en la combinación planta – alzado.....	94
7.1.4.	Comparación de los tramos en la combinación planta – alzado con los individuales en planta y en alzado .....	98
7.2.	Producción de CO <sub>2</sub> con vehículo pesado.....	99
7.2.1.	Comparación de los tramos en la combinación planta – alzado.....	99
7.3.	Comparación producción de CO <sub>2</sub> entre vehículo ligero y vehículo pesado .....	104
8.	Conclusión y valoración.....	105
9.	Referencias.....	106
Anexos	.....	108
Anexo 1:	Datos de planta .....	108
Anexo 2:	Planos de planta.....	118
Anexo 3:	Datos de alzado .....	135
Anexo 4:	Planos de alzado.....	142
Anexo 5:	Datos para la combinación planta-alzado.....	161
Anexo 6:	Datos de producción de CO <sub>2</sub> .....	166

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Subdivisión en tramos de la carretera CV-35 de Casinos a Túejar en planta.....	24
<b>Tabla 2.</b> Muestra de datos que arroja el Civil 3D tras hacer la alineación en planta.....	29
<b>Tabla 3.</b> Muestra de datos que arroja el Civil 3D tras hacer la alineación en alzado .....	33
<b>Tabla 4.</b> Muestra de datos introducidos en el programa Perfil V85.....	45
<b>Tabla 5.</b> Muestra de datos obtenidos con el programa Perfil V85 .....	48
<b>Tabla 6.</b> Muestra de valores obtenidos para la aceleración y el tiempo en planta.....	51
<b>Tabla 7.</b> Muestra de datos obtenidos para el tiempo en planta .....	53
<b>Tabla 8.</b> Muestra datos obtenidos para velocidad de operación en alzado.....	59
<b>Tabla 9.</b> Muestra de datos para la aceleración y el tiempo en el alzado.....	60
<b>Tabla 10.</b> Muestra de datos obtenidos para el tiempo en alzado .....	61
<b>Tabla 11.</b> Muestra de la velocidad operacional combinada de planta-alzado .....	63
<b>Tabla 12.</b> Muestra de los datos de la velocidad operacional combinada en planta-alzado .....	65
<b>Tabla 13.</b> Muestra de los datos de velocidad y aceleración en función del tiempo transcurrido segundo a segundo para combinación planta-alzado.....	66
<b>Tabla 14.</b> Muestra de los datos de CO <sub>2</sub> producido en función del tiempo transcurrido segundo a segundo para un vehículo ligero en trazado en planta .....	72
<b>Tabla 15.</b> CO <sub>2</sub> total producido, dadas las características en planta, por un vehículo ligero (LDV1) .....	74
<b>Tabla 16.</b> Muestra de los datos de CO <sub>2</sub> producido en función del tiempo transcurrido segundo a segundo para un vehículo ligero en trazado en alzado.....	75
<b>Tabla 17.</b> CO <sub>2</sub> total producido, dadas las características en alzado, por un vehículo ligero (LDV1).....	77
<b>Tabla 18.</b> Muestra de los datos de CO <sub>2</sub> producido en función del tiempo transcurrido segundo a segundo para un vehículo ligero en combinación del trazado en planta y en alzado .....	78
<b>Tabla 19.</b> CO <sub>2</sub> total producido, dadas las características de la combinación de trazado en planta y en alzado, por un vehículo ligero (LDV1).....	80
<b>Tabla 20.</b> Muestra de los datos de CO <sub>2</sub> producido en función del tiempo transcurrido segundo a segundo para un vehículo pesado en combinación del trazado en planta y en alzado.....	81
<b>Tabla 21.</b> CO <sub>2</sub> total producido, dadas las características de la combinación de trazado en planta y en alzado, por un vehículo pesado (HEV1).....	83
<b>Tabla 22.</b> División de tramos según trazado en planta.....	84
<b>Tabla 23.</b> División de los tramos según el trazado en alzado .....	85
<b>Tabla 24.</b> División de los tramos según la combinación planta-alzado para vehículos ligeros ..	85
<b>Tabla 25.</b> División de los tramos según la combinación planta-alzado para vehículos pesados	86

<b>Tabla 26.</b> Muestra de la producción de CO <sub>2</sub> con el P.K. asociado en planta .....	87
<b>Tabla 27.</b> CO <sub>2</sub> producido por vehículo ligero en cada tramo en planta.....	87
<b>Tabla 28.</b> Muestra de la producción de CO <sub>2</sub> con el P.K. asociado en alzado .....	90
<b>Tabla 29.</b> CO <sub>2</sub> producido por vehículo ligero en cada tramo en alzado.....	91
<b>Tabla 30.</b> Muestra de la producción de CO <sub>2</sub> con el P.K. asociado en la combinación de planta- alzado .....	94
<b>Tabla 31.</b> CO <sub>2</sub> producido por vehículo ligero en cada tramo en la combinación planta-alzado.	95
<b>Tabla 32.</b> CO <sub>2</sub> producido en combinación planta-alzado, en planta y en alzado .....	98
<b>Tabla 33.</b> Porcentajes de comparativa de CO <sub>2</sub> producido por tramos entre la combinación planta-alzado con la planta y el alzado .....	99
<b>Tabla 34.</b> Muestra de la producción de CO <sub>2</sub> con el P.K. asociado en la combinación de planta- alzado para vehículo pesado.....	100
<b>Tabla 35.</b> CO <sub>2</sub> producido por vehículo ligero en cada tramo en la combinación planta-alzado .....	101
<b>Tabla 36.</b> CO <sub>2</sub> producido en combinación planta-alzado, en planta y en alzado .....	104
<b>Tabla 37.</b> Porcentajes de comparativa de CO <sub>2</sub> producido por tramos entre la combinación planta-alzado para vehículo ligero y la combinación planta-alzado para vehículo pesado.....	105
<b>Tabla 38.</b> Datos que arroja el Civil 3D tras hacer la alineación en planta.....	108
<b>Tabla 39.</b> Datos introducidos en el programa Perfil V85. Geometría trazado en planta .....	110
<b>Tabla 40.</b> Datos obtenidos para la velocidad de operación, aceleración y el tiempo en planta .....	113
<b>Tabla 41.</b> Datos geometría trazado en alzado .....	135
<b>Tabla 42.</b> Datos obtenidos para la velocidad de operación, aceleración y el tiempo en alzado .....	137
<b>Tabla 43.</b> Datos obtenidos para la velocidad de operación, aceleración y el tiempo en combinación planta-alzado .....	161
<b>Tabla 44.</b> Datos de producción de CO <sub>2</sub> por un vehículo ligero en el trazado en planta, en alzado y en la combinación de ambos.....	166
<b>Tabla 45.</b> Datos de producción de CO <sub>2</sub> por un vehículo pesado en la combinación del trazado en planta y el alzado.....	169

## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> Ortofotos de la carretera CV-35 desde Casino hasta Túejar.....	27
<b>Figura 2.</b> Muestra trazado en planta de la carretera CV-35.....	28
<b>Figura 3.</b> Perfil longitudinal del terreno.....	31
<b>Figura 4.</b> Trazado en alzado de la carretera CV-35 .....	32
<b>Figura 5.</b> Velocidad espacial para el trazado en planta .....	52
<b>Figura 6.</b> Velocidad temporal para el trazado en planta .....	52
<b>Figura 7.</b> Velocidad espacial para el trazado en alzado .....	61
<b>Figura 8.</b> Velocidad temporal para el trazado en alzado .....	62
<b>Figura 9.</b> Velocidad espacial combinación planta-alzado .....	64
<b>Figura 10.</b> Velocidad temporal combinación planta-alzado .....	67
<b>Figura 11.</b> Interfaz del programa VT-micro.....	69
<b>Figura 12.</b> Interfaz del programa Matlab - MOE.....	70
<b>Figura 13.</b> Interfaz del programa Matlab – CO <sub>2</sub> .....	70
<b>Figura 14.</b> Interfaz del programa VT-micro, gráfica velocidad Vs. tiempo para trazado en planta y un vehículo ligero (LDV1).....	71
<b>Figura 15.</b> Interfaz del programa VT-micro, gráfica CO <sub>2</sub> Vs. tiempo para trazado en planta y un vehículo ligero (LDV1) .....	71
<b>Figura 16.</b> Gráfica CO <sub>2</sub> Vs. tiempo para trazado en planta y un vehículo ligero (LDV1) .....	73
<b>Figura 17.</b> Gráfica CO <sub>2</sub> Vs. PK para trazado en planta y un vehículo ligero (LDV1).....	73
<b>Figura 18.</b> Interfaz del programa VT-micro, gráfica velocidad Vs. tiempo para trazado en alzado y un vehículo ligero (LDV1).....	74
<b>Figura 19.</b> Interfaz del programa VT-micro, gráfica CO <sub>2</sub> Vs. tiempo para trazado en alzado y un vehículo ligero (LDV1) .....	75
<b>Figura 20.</b> Gráfica CO <sub>2</sub> Vs. tiempo para trazado en alzado y un vehículo ligero (LDV1) .....	76
<b>Figura 21.</b> Gráfica CO <sub>2</sub> Vs. PK para trazado en alzado y un vehículo ligero (LDV1).....	76
<b>Figura 22.</b> Interfaz del programa VT-micro, gráfica velocidad Vs. tiempo para combinación planta-alzado y un vehículo ligero (LDV1).....	77
<b>Figura 23.</b> Interfaz del programa VT-micro, gráfica CO <sub>2</sub> Vs. tiempo para combinación planta-alzado y un vehículo ligero (LDV1) .....	78
<b>Figura 24.</b> Gráfica CO <sub>2</sub> Vs. tiempo para combinación planta-alzado y un vehículo ligero (LDV1) .....	79
<b>Figura 25.</b> Gráfica CO <sub>2</sub> Vs. tiempo para combinación planta-alzado y un vehículo ligero (LDV1) .....	79

<b>Figura 26.</b> Interfaz del programa VT-micro, gráfica velocidad Vs. tiempo para combinación planta-alzado y un vehículo pesado (HEV1).....	80
<b>Figura 27.</b> Gráfica CO2 Vs. tiempo para combinación planta-alzado y un vehículo pesado (HEV1).....	82
<b>Figura 28.</b> Gráfica CO2 Vs. PK para combinación planta-alzado y un vehículo pesado (HEV1)..	82
<b>Figura 29.</b> Gráfica CO2 Vs. PK para planta y un vehículo ligero (LDV1) en el tramo 1.....	88
<b>Figura 30.</b> Gráfica CO2 Vs. PK para planta y un vehículo ligero (LDV1) en el tramo 2.....	89
<b>Figura 31.</b> Gráfica CO2 Vs. PK para planta y un vehículo ligero (LDV1) en el tramo 3.....	89
<b>Figura 32.</b> Gráfica CO2 Vs. PK para planta y un vehículo ligero (LDV1) en el tramo 4.....	90
<b>Figura 33.</b> Gráfica CO2 Vs. PK para alzado y un vehículo ligero (LDV1) en el tramo 1 .....	92
<b>Figura 34.</b> Gráfica CO2 Vs. PK para alzado y un vehículo ligero (LDV1) en el tramo 2 .....	92
<b>Figura 35.</b> Gráfica CO2 Vs. PK para alzado y un vehículo ligero (LDV1) en el tramo 3 .....	93
<b>Figura 36.</b> Gráfica CO2 Vs. PK para alzado y un vehículo ligero (LDV1) en el tramo 4 .....	93
<b>Figura 37.</b> Gráfica CO2 Vs. PK para combinación planta-alzado y un vehículo ligero (LDV1) en el tramo 1.....	96
<b>Figura 38.</b> Gráfica CO2 Vs. PK para combinación planta-alzado y un vehículo ligero (LDV1) en el tramo 2.....	97
<b>Figura 39.</b> Gráfica CO2 Vs. PK para combinación planta-alzado y un vehículo ligero (LDV1) en el tramo 3.....	97
<b>Figura 40.</b> Gráfica CO2 Vs. PK para combinación planta-alzado y un vehículo ligero (LDV1) en el tramo 4.....	98
<b>Figura 41.</b> Gráfica CO2 Vs. PK para combinación planta-alzado y un vehículo pesado (HEV1) en el tramo 1.....	102
<b>Figura 42.</b> Gráfica CO2 Vs. PK para combinación planta-alzado y un vehículo pesado (HEV1) en el tramo 2.....	102
<b>Figura 43.</b> Gráfica CO2 Vs. PK para combinación planta-alzado y un vehículo pesado (HEV1) en el tramo 3.....	103
<b>Figura 44.</b> Gráfica CO2 Vs. PK para combinación planta-alzado y un vehículo pesado (HEV1) en el tramo 4.....	103
<b>Figura 45.</b> Velocidad espacial para el trazado en planta .....	116
<b>Figura 46.</b> Velocidad temporal para el trazado en planta .....	117
<b>Figura 47.</b> Velocidad espacial para el trazado en alzado .....	140
<b>Figura 48.</b> Velocidad temporal para el trazado en alzado .....	141
<b>Figura 49.</b> Velocidad espacial para combinación del trazado en planta y alzado.....	164
<b>Figura 50.</b> Velocidad temporal para combinación del trazado en planta y alzado.....	165
<b>Figura 51.</b> Gráfica CO2 Vs. PK para planta y un vehículo ligero (LDV1) en el tramo 1.....	172

<b>Figura 52.</b> Gráfica CO2 Vs. PK para planta y un vehículo ligero (LDV1) en el tramo 2.....	173
<b>Figura 53.</b> Gráfica CO2 Vs. PK para planta y un vehículo ligero (LDV1) en el tramo 3.....	174
<b>Figura 54.</b> Gráfica CO2 Vs. PK para planta y un vehículo ligero (LDV1) en el tramo 4.....	175
<b>Figura 55.</b> Gráfica CO2 Vs. PK para alzado y un vehículo ligero (LDV1) en el tramo 1 .....	176
<b>Figura 56.</b> Gráfica CO2 Vs. PK para alzado y un vehículo ligero (LDV1) en el tramo 2 .....	177
<b>Figura 57.</b> Gráfica CO2 Vs. PK para alzado y un vehículo ligero (LDV1) en el tramo 3 .....	178
<b>Figura 58.</b> Gráfica CO2 Vs. PK para alzado y un vehículo ligero (LDV1) en el tramo 4 .....	179
<b>Figura 59.</b> Gráfica CO2 Vs. PK para combinación planta-alzado y un vehículo ligero (LDV1) en el tramo 1.....	180
<b>Figura 60.</b> Gráfica CO2 Vs. PK para combinación planta-alzado y un vehículo ligero (LDV1) en el tramo 2.....	181
<b>Figura 61.</b> Gráfica CO2 Vs. PK para combinación planta-alzado y un vehículo ligero (LDV1) en el tramo 3.....	182
<b>Figura 62.</b> Gráfica CO2 Vs. PK para combinación planta-alzado y un vehículo ligero (LDV1) en el tramo 4.....	183
<b>Figura 63.</b> Gráfica CO2 Vs. PK para combinación planta-alzado y un vehículo pesado (HEV1) en el tramo 1 .....	184
<b>Figura 64.</b> Gráfica CO2 Vs. PK para combinación planta-alzado y un vehículo pesado (HEV1) en el tramo 2 .....	185
<b>Figura 65.</b> Gráfica CO2 Vs. PK para combinación planta-alzado y un vehículo pesado (HEV1) en el tramo 3 .....	186
<b>Figura 66.</b> Gráfica CO2 Vs. PK para combinación planta-alzado y un vehículo pesado (HEV1) en el tramo 4 .....	187

## 1. Introducción

En la actualidad, el cambio climático se puede considerar uno de los principales problemas ambientales, ya que afecta a todos los habitantes del mundo, contribuyendo a aumentar el efecto muchas de las desmesuradas acciones humanas, como la producción de residuos sólidos, generar gases de efecto invernadero (GEI) en los procesos de fabricación de productos, motores, etc.

Los GEI siempre han formado parte de la naturaleza, ya que son parte del ciclo del carbono, pero la actividad humana ha potenciado su desequilibrio. “Un siglo y medio de industrialización, incluida la deforestación por tala rasa y ciertos métodos agrícolas ha hecho que aumente la cantidad de gases de efecto invernadero que hay en la atmósfera. A medida que crecen las poblaciones y economías y aumentan los niveles de vida, también lo hace el nivel acumulado de emisiones de gases de efecto invernadero”. (SEMARNAT 2012).

El Protocolo de Kioto entró en vigor en el año 2005, desde entonces muchas organizaciones han tenido que proporcionar un informe inventariando las emisiones de GEI anuales, siendo este hecho el que causó la aparición de la huella de carbono como concepto.

Muchas entidades gubernamentales están aplicando numerosas medidas para la reducción de las emisiones de GEI mediante políticas nacionales que incluyen programas de comercio de emisiones, impuestos sobre la energía o el carbono, además de normas regulatorias en referencia a la eficiencia energética y las emisiones. En este sentido, la Unión Europea está comprometida con la causa aplicando las acciones legislativas necesarias para reducir la emisión de los GEI en un 20% para el año 2020, tomando como base las emisiones de 1990. Particularmente, España debe reducir sus emisiones en un 10% para el 2020 tomando como referencia las emitidas en el año 2005, siendo necesarias unas transformaciones tecnológicas y reformas radicales en nuestros modelos energéticos y productivos para conseguir obtener los objetivos que se han fijado.

El cambio climático representa la mayor amenaza ambiental, social y económica del planeta. La temperatura media de la Tierra ha aumentado en 0,76°C desde el año 1850 hasta la actualidad, teniendo lugar prácticamente en los últimos 50 años debido a la intensificación de las actividades humanas, entre las que están la combustión de fósiles, la agricultura, la deforestación y los cambios de la ocupación del suelo. De seguir con estas tendencias, en el año 2050 la temperatura media de la Tierra aumentará en 2°C.

Se debe incentivar la implantación de energías renovables, políticas de transporte de personas y mercancías, tecnología más eficiente, reducción en el consumo de recursos, menor

producción de residuos, políticas de reducción de emisiones de GEI en las actividades productivas, servicios, transporte, etc.

En el cumplimiento de estos objetivos, dentro del sector transporte “se incluyen las emisiones de gases de efecto invernadero, sobre todo CO<sub>2</sub>, derivadas del transporte por carretera y otros modos de transporte como la tracción diésel del ferrocarril, el marítimo nacional y el transporte por tubería. Es importante tener en cuenta que las emisiones asociadas al transporte por ferrocarril en tracción eléctrica y casi la totalidad transporte aéreo nacional se incluyen dentro del régimen comunitario de derechos de emisión de gases de efecto invernadero” (MAPAMA).

“El transporte por carretera es sin duda el modo mayoritario de transporte, tanto en pasajeros como en mercancías. Así, tanto en pasajeros como en mercancías representa más del 80% de la movilidad total a nivel nacional. Existen circunstancias propiamente nacionales que han supuesto un incremento de la cuota modal de la carretera, como el modelo de crecimiento urbanístico disperso en el caso de la movilidad de pasajeros y el hecho de ser un país periférico en el caso de la movilidad de mercancías. Además, se caracteriza por el uso preferente de combustibles derivados del petróleo que representan más de 90% del total de energía consumido en el sector transporte en España” (MAPAMA).

“Las emisiones del transporte en España en el año 2014 fueron de 77,2 Mt CO<sub>2</sub>-eq, habiéndose incrementado casi en un 50% desde 1990 como consecuencia del incremento en la demanda de movilidad de pasajeros y mercancías. No obstante, desde 2007 se ha registrado una disminución de las emisiones como consecuencia de la crisis económica y de las medidas de mitigación que se han puesto en marcha en este sector” (MAPAMA).

“El sector transporte representa el 25% de las emisiones totales de gases de efecto invernadero en España y casi el 40% de las emisiones de los sectores difusos. Por modos de transporte, la carretera representa casi el 95% de las emisiones, mientras que la contribución de otros modos de transporte es bastante más minoritaria” (MAPAMA).

Tras conocer la importancia del sector transporte en la contribución de la contaminación atmosférica mediante la emisión de los GEI, desde la Comunidad Europea se han planteado numerosos objetivos y restricciones para obtener resultados positivos y ventajosos en medidas ambientales reduciendo dichas emisiones con la implantación de normativas para los estados miembros, que deben realizar la trasposición de las mismas a su propia legislación.

Las normas europeas sobre las emisiones de CO<sub>2</sub> son un conjunto de requisitos que establecen unas regulaciones con respecto a los límites que se consideran aceptables para las emisiones de gases de combustión procedentes de los vehículos nuevos vendidos en los estados

miembros de la UE. Estas normas que regulan las emisiones, se definen en una serie de directivas de la UE, implantadas de forma progresiva, que son cada vez más restrictivas. Las directivas se conocen como:

- ✓ Euro 1: En el año 1.993 para turismos (91/441/CEE) y para turismos y para camiones ligeros (93/59/CEE).
- ✓ Euro 2: En el año 1.996 para turismos (94/12/CE y 96/69/CE)
- ✓ Euro 3: En el año 2.000 para cualquier vehículo (98/69/CE).
- ✓ Euro 4: En el año 2.005 para cualquier vehículo (98/69/CE y 2002/80/CE).
- ✓ Euro 5: En el año 2.008/9 para cualquier vehículo.
- ✓ Euro 6: En el año 2015 reducir drásticamente las emisiones de óxido de nitrógeno (NOX) y de partículas en suspensión (PM) en turismos como en vehículos comerciales.

En cuanto a la legislación europea que regula el sector del transporte desde el punto de vista del cambio climático, se puede mencionar las siguientes:

- ✓ Reglamento (CE), Nº 443/2009, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de abril de 2009, por el que se establecen normas de comportamiento en materia de emisiones de los turismos nuevos.
- ✓ Reglamento (CE), Nº 510/2011, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de abril de 2009, por el que se establecen normas de comportamiento en materia de emisiones de los vehículos comerciales ligeros nuevos.
- ✓ Directiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de abril de 2009, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables.
- ✓ Directiva 98/7/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de octubre de 1998, modificada por la Directiva 2009/30/CE.
- ✓ Directiva (UE) 2015/1513 del Parlamento Europeo y del Consejo de 9 de septiembre de 2015 por la que se modifican la Directiva 98/70/CE, relativa a la calidad de la gasolina y el gasóleo, y la Directiva 2009/28/CE, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables (Directiva ILUC).
- ✓ Directiva 2014/94/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 22 de octubre de 2014, relativa a la implantación de una infraestructura para los combustibles alternativos.

En relación a la legislación que regula el sector del transporte en España, se pueden nombrar las siguientes normativas:

- ✓ Real Decreto 1078/2015, de 27 de noviembre, por el que se regula la concesión directa de ayudas para la adquisición de vehículos de energías alternativas, y para la implantación de puntos de recarga de vehículos eléctricos en 2016, MOVEA.

- ✓ Real Decreto 1597/2011, de 4 de noviembre, por el que se regulan los criterios de sostenibilidad de los biocarburantes y biolíquidos, el Sistema Nacional de Verificación de la Sostenibilidad.
- ✓ Real Decreto 1085/2015, de 4 de diciembre, de fomento de biocarburantes.
- ✓ Ley 2/2011, de 4 de marzo, de Economía Sostenible.
- ✓ Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera.

La normativa en medidas de transporte, tanto la europea como la española, toma la dirección de regular las emisiones de GEI asociadas a los motores que se usan en los vehículos, siendo de mayor importancia la producción de CO<sub>2</sub>, pero no en relación al trazado de las vías que recorren y en parámetros de diseño que mejoraría la eficiencia y la reducción de la producción de GEI.

## 2. Antecedentes

Según lo establecido en las normas vigentes relativas al Plan de Estudio del curso 2017/2018 para el Máster en Ingeniería Ambiental, es condición necesaria la realización de un Trabajo Fin de Máster (TFM), para aquellos alumnos que habiendo cursado y aprobado todas las asignaturas básicas y optativas repartidas en dos cursos, obtengan el título de Máster.

El trabajo a realizar tiene, por tanto, la categoría de "TFM".

Tras seguir los cauces pertinentes, la Comisión de TFM procede a la aceptación del trabajo solicitado, con nombre "Estudio del efecto del trazado en planta y alzado en la determinación unitaria, en flujo libre, de la huella de carbono asociada a la circulación de vehículos en el tramo Casinos - Tuéjar de la Carretera CV-35 (Valencia)" y a la asignación de Manuel López Porta como tutor del mismo.

En la actualidad, es importante conocer en qué medida interviene el trazado, en planta y en alzado, de una carretera en la producción de dióxido de carbono y posterior emisión a la atmósfera y contaminación de la misma. Se propone la carretera CV-35, desde el pueblo de Casinos hasta el término municipal de Tuéjar, dado que el departamento de Ingeniería e Infraestructura de los Transportes, perteneciente a la Unidad de Caminos, dispone de archivos de restitución de esa carretera y aunque tendría que restituir algunos tramos que no se han realizado, el tiempo inicial que debería dedicarse a ello se vería algo reducido.

### 3. Objetivos y condiciones

#### 3.1. Objetivos

Se plantea como objetivo global, en este Trabajo Fin de Máster (TFM), el estudio de la influencia que tiene el trazado de la carretera CV-35, desde el pueblo de Casinos hasta Túejar, en la producción de CO<sub>2</sub> por un vehículo. Este estudio se va a centrar en el análisis de la producción de CO<sub>2</sub> generado por un sólo vehículo que circula en flujo libre, a lo largo del tramo ya descrito, según la influencia del trazado en planta, en alzado y con la combinación de ambos. Se realiza este análisis en los tres casos para conocer la verdadera influencia que tienen las diferentes características geométricas de las que dispone la vía en todas las alternativas y realizar una comparativa entre los tramos propios de cada caso, para finalmente poder determinar en cuál se genera una mayor producción de CO<sub>2</sub>.

Este tipo de estudios pueden servir para tomarlos como futuras referencias para el diseño de una carretera y así intervenir en la reducción de la producción de CO<sub>2</sub> debido al trazado de la misma.

Los objetivos específicos que se plantean, son los siguientes:

- Realizar tareas de restitución de una carretera mediante el uso de ortofotos de la zona y con la ayuda del programa Autocad Civil 3D.
- Conocer las distintas herramientas que existen para el cálculo de la Huella de Carbono.
- Comparar la emisión de CO<sub>2</sub> en cada tramo, identificar en cuáles hay una mayor producción.

#### 3.2. Condiciones

Para realizar el estudio sobre el efecto que tiene el trazado en planta, en alzado y la combinación de ambos en la producción de CO<sub>2</sub>, generado por un solo vehículo que circula por la carretera CV-35, desde el pueblo de Casinos hasta el pueblo de Túejar, se tienen que tener en cuenta las diferentes condiciones que se nombran a continuación:

- El cálculo de la generación de CO<sub>2</sub> se realizará para un vehículo que circula en flujo libre, es decir, no se tendrán en cuenta los efectos del tráfico, como pueden ser: los atascos, la reducción de la velocidad debido a tener delante un usuario que vaya a una velocidad inferior a la permitida, la prohibición de adelantamientos, etc.
- El estudio se hace completo en los tres casos para un vehículo ligero.
- Se analiza la circulación de un vehículo pesado sólo para el caso de la combinación del trazado en la planta y en alzado.
- Los datos obtenidos se aportan en tablas muestra por la extensión de los mismos.

## 4. Contaminación y cambio climático procedente del tráfico

### 4.1. Huella de carbono

El término huella de carbono, se lleva usando mucho antes de que se estableciera una interpretación más generalizado del mismo, por lo que llevó a Thomas Wiedmann y JannMinx realizar una investigación exhaustiva sobre sus usos, sus principios y los métodos de modelización, y en el año 2007, sugirieron una definición científica que se ha aceptado comúnmente. Aunque hoy en día, se sigue conociendo a la huella de carbono como un concepto huérfano porque no hay una definición establecida oficial para ello, ni una metodología bien clara para su cálculo, es por esto que propicia la libertad de interpretaciones.

La huella de carbono mide la totalidad de GEI que contribuyen al calentamiento global. Y por lo explicado anteriormente, se van a destacar algunas definiciones de la huella de carbono.

“La huella de carbono es una de las formas más simples que existen de medir el impacto o la marca que deja una persona sobre el planeta en su vida cotidiana. Es un recuento de las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), que son liberadas a la atmósfera debido a nuestras actividades cotidianas o a la comercialización de un producto. Por lo tanto la huella de carbono es la medida del impacto que provocan las actividades del ser humano en el medio ambiente y se determina según la cantidad de emisiones de GEI producidos, medidos en unidades de dióxido de carbono equivalente” (Facultad de Ciencias Forestales UACH).

“La huella de carbono permite cuantificar las emisiones de gases de efecto invernadero que son liberados a la atmósfera como consecuencia de una actividad determinada, bien sea la actividad necesaria para la fabricación de un producto, para la prestación de un servicio, o para el funcionamiento de una organización” (MAPAMA).

“La huella de carbono es la cantidad de dióxido de carbono liberado a la atmósfera como resultado de las actividades llevadas a cabo por un individuo, organización o comunidad” (Poole, 2015).

“La Huella de Carbono, es una medida de la cantidad total exclusiva de las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) que es directa o indirectamente causados por una actividad o es acumulado a lo largo de las etapas de vida de un producto.” (Núñez Monroy & Núñez Palacios)

Cabe destacar la definición aportada por una entidad privada, independiente y sin ánimo de lucro denominado International Organization for Standardization (ISO), que en España viene

a estar representada por la AENOR, del concepto: “La huella de carbono es un parámetro utilizado para describir la cantidad de GEI asociados a una empresa, evento, actividad o al ciclo de vida de un producto, servicio en orden a determinar su contribución al cambio climático. Se expresa en toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente” (AENOR, 2012).

## 4.2. Importancia de la huella de carbono

En el año 1990, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OECD) inicia un programa de indicadores ambientales y de sostenibilidad, a raíz de la solicitud que se hizo en la cumbre del G-7, en el año 1989. El concepto de indicador de sostenibilidad nace de la necesidad de poder conseguir información para tomar decisiones a partir de las medidas y comparaciones de los parámetros cuantificables. Todo ello se persigue para la obtención final de modelos de desarrollo sostenible que trasmitan la información que se extrae de los problemas medioambientales. Con esto se termina relacionando el concepto de sostenibilidad con el impacto ocasionado en el cambio climático

Con el transcurso del tiempo, el concepto de huella de carbono es uno de los indicadores de sostenibilidad que ha ganado una mayor relevancia entre las empresas y la sociedad en general.

Como ya se ha dicho en el punto anterior, se considera la huella de carbono como la cantidad de dióxido de carbono que se libera a la atmósfera como resultado de las actividades llevadas a cabo por un individuo, organización o comunidad. Sin embargo, hoy en día, la idea de Huella de Carbono está mucho más desarrollada y abarca más factores que con el tiempo se han considerado que tienen una cierta trascendencia en este campo. Todo ello es debido a que constituye un indicador de sostenibilidad que cuantifica las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero producto del desarrollo de una actividad, ya sea de manera directa o indirecta. Es por ello que se pueden diferenciar dos tipos de huellas de carbono:

1. Huella de carbono de una organización: valora la cantidad total de GEI emitidos por la actividad de una organización, sea de manera directa o indirecta.
2. Huella de carbono de un producto: valora la cantidad de GEI emitidos durante el ciclo de vida de un determinado producto. Este proceso abarca la extracción de las materias primas, el procesado, la fabricación y distribución, el uso y el final de la vida útil.

Es importante poder identificar las fuentes de emisiones de GEI de un producto durante todo el proceso productivo, ya que esto permite definir mejor los objetivos, las estrategias

de reducción de emisiones más efectivas y ahorrar costes, debido al mejor conocimiento de los puntos críticos de la producción de emisiones.

La cuantificación de estos gases invernadero permitirá al ser humano ser consciente del impacto que genera una actividad en el calentamiento global, convirtiendo así la huella de carbono en una herramienta elemental para la sensibilización de la población. Hoy en día, ya se considera como un elemento diferenciador con el cual las organizaciones deciden comprometerse con el cuidado del medio ambiente y apuestan por emprender una actividad más sostenible.

Por otro lado, es vital entender que la huella de carbono no es sólo un mero elemento de cálculo, sino también es un primer paso para la mejora y adquirir un compromiso de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Con ello se contribuye a la lucha contra el cambio climático que tanto está afectando a nivel mundial.

En la actualidad no hay ninguna normativa que obligue al cálculo de la huella de carbono, pero cada día aumenta el número de empresas que introducen planes para reducir la huella. Este concepto no se está implementando solamente en empresas, sino que también se está haciendo presente en instituciones educativas, como escuelas, institutos de secundaria y universidades, siendo estas las que promueven el cálculo de la huella de carbono y poder evitar la sobreproducción de gases de efecto invernadero.

Para poder medir en una misma unidad todas las emisiones de GEI y poder compararlas, se han de hacer bajos los términos equivalencia con respecto al dióxido de carbono. “Como el componente que tiene una presencia en la atmósfera en mayor cantidad es el CO<sub>2</sub>, las emisiones de GEI se toman en referencia a este gas. Por lo tanto, la tonelada de CO<sub>2</sub>eq es la unidad universal de medida que indica el potencial de calentamiento atmosférico o potencial de calentamiento global (PCG)” (López, 2016).

Finalmente, con todo lo descrito anteriormente, se contribuye a que el consumidor cada vez esté más concienciado en que la fabricación de los productos que consume debe ser más respetuosa con el medio ambiente. “El problema del cambio climático junto con la emisión de GEI a la atmósfera, y en especial el dióxido de carbono, está convenciendo cada vez más a una sociedad sensibilizada con los problemas ambientales” (López, 2016).

### **4.3. Cambio climático y el tráfico rodado**

El estudio del clima es un campo de investigación complejo y en rápida evolución, debido a la gran cantidad de factores que intervienen. El clima de la Tierra nunca ha sido estático. Como consecuencia de alteraciones en el balance energético, está sometido a variaciones

en todas las escalas temporales, desde decenios a miles y millones de años. Entre las variaciones climáticas más destacables que se han producido a lo largo de la historia de la Tierra, figura el ciclo de unos 100.000 años, de períodos glaciares, seguido de períodos interglaciares.

#### 4.3.1. ¿Qué es el cambio climático?

El cambio climático se define, según el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC), como cualquier cambio que se produzca en el clima causado por fuentes naturales o por la acción directa del ser humano, alterando la composición original de la atmósfera.

Desde la Unión Europea se entiende que el cambio climático es una realidad que se puede observar desde las variaciones en la temperatura (aumento) en la atmósfera y en los océanos, lo cual está en mayor medida a la acción del hombre al desarrollar sus actividades.

Por parte del Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino (denominado así en el año 2010) del Gobierno de España se entiende el cambio climático como la variación global del clima en la Tierra debido a causas naturales y por la acción del hombre, produciéndose en varias escalas en el tiempo y actuando ampliamente en todos los parámetros que componen el clima (temperatura, precipitación, nubosidad, etc.).

En cuanto al cambio climático y el modo de producción y consumo energético del ser humano, no hay un consenso en cómo afecta al planeta hoy día y en el futuro. Por un lado se piensa que se “está generando una alteración en el clima que provocará serios impactos en la tierra y en los sistemas socioeconómicos” (Colegio de Ingenieros de Caminos, 2010) y por otro lado, “otras entidades y profesionales de prestigio consideran que la alarma sobre las consecuencias del cambio climático es exagerada y que, si bien es preciso preservar el medio ambiente y reducir los impactos en nuestra actividad cotidiana produce en él,, se están destinando excesivos recursos a este problema” (Colegio de Ingenieros de Caminos, 2010).

Es ampliamente conocido que la actividad humana repercute al medio ambiente, es por ello que no debe eludirse la realidad del impacto que genera y se debería “dimensionarlo adecuadamente y proponer mecanismos de respuesta adecuados, coherentes y eficientes” (Colegio de Ingenieros de Caminos, 2010).

En la actualidad hay numerosas investigaciones en marcha para determinar las previsiones de evolución de la temperatura terrestre, el nivel del mar y el deshielo, un proceso que hace que el nivel del mar aumente.

Es evidente, dadas las observaciones físicas y biológicas, que hay cambios regionales en el clima, como bien se indica en el año 2001 en el Tercer Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC). Estos cambios se manifiestan más concretamente en el aumento de la temperatura, ya que afecta a los diferentes sistemas bióticos en todas las partes del planeta Tierra. Este informe indica que cada vez hay una mayor convicción de que existe el cambio climático y de los impactos derivados del mismo, que son más notorios con el paso del tiempo. Algunas de las evidencias más importantes en las que se puede notar el cambio en el clima, se podría resumir en “promedio, la temperatura ha aumentado aproximadamente 0,6 en el siglo XX. El nivel del mar ha crecido de 10 a 12 centímetros y los investigadores consideran que esto se debe a la expansión de océanos, cada vez más calientes” (MAPAMA).

Tras algunos de estos fenómenos que se están viviendo debido al cambio climático, nace el término efecto invernadero. La radiación solar, tras atravesar los primeros filtros en la atmósfera y dejar los contaminantes más peligrosos en ella, comienza su etapa en la Tierra, siendo una parte absorbida y otra reflejada de nuevo hacia el exterior.

La radiación que se refleja tiene diferente esencia que la original, teniendo una longitud de onda más larga y por lo tanto dispone de menor energía, si no fuera por esto y porque en la atmósfera existen unas moléculas que las atrapan, la radiación podría escapar al espacio sin problema. Las moléculas a las que se hace mención, son los gases a los que se les denomina gases invernadero.

Como se ha dicho en párrafos anteriores, los causantes del cambio climático pueden ser de origen natural, derivados de nuestras actividades, aunque también de ambas clases, porque en muchas ocasiones las emisiones de los gases invernadero producidas por el ser humano incrementan las concentraciones de los componentes naturales, como ocurre concretamente con el dióxido de carbono o con el vapor de agua.

El efecto invernadero puede tener un comportamiento diferente según las estaciones, siendo más intenso el efecto en invierno, debido a las calefacciones (suponen una quema mayor de combustibles fósiles, lo que conlleva una mayor producción de CO<sub>2</sub>) y menor en verano (siendo mayor la actividad fotosintética). “El efecto invernadero es también el que hace que las noches nubladas sean más templadas que las de cielo despejado, al actuar el vapor de agua de forma parecida a como lo hace el dióxido de carbono, absorbiendo la radiación infrarroja. En este sentido, todo recalentamiento de la atmósfera tiene como efecto inmediato una humidificación adicional del aire, que induce a un buen efecto invernadero y refuerza, por tanto, el calentamiento inicial” (Castro, 2005).

El efecto invernadero puede tener consideraciones favorables o desfavorables dependiendo del rango en el que se sitúe, tanto si se sobrepasa el límite como si no existiera, las consecuencias sobre el clima pueden llegar a ser muy desastrosas. “Toda desviación de las concentraciones normales que proporciona el efecto invernadero natural ocasionará anomalías en el clima por la acumulación de calor que supondría diversas consecuencias en función de la intensidad de dicha desviación” (Castro, 2005).

Existen incertidumbres a la hora de poder cuantificar con suficiente exactitud todos los cambios que se puedan producir en el clima, pero con la información de la que se dispone hasta ahora es apta como para empezar a tomar medidas de manera inmediata, teniendo muy presente lo que se conoce como principio de precaución, siendo este parte del artículo 3 de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático, que entró en vigor en 1994 ratificada por 195 países. En esta convención se hace eco del cambio climático y se reconoce su existencia, estableciendo un importante objetivo colectivo: “logar la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera con el fin de impedir interferencias antropogénicas (causadas por el ser humano) peligrosas en el sistema climático” (MAPAMA).

“La inercia, los retrasos y la irreversibilidad del sistema climático son factores muy importantes a tener en cuenta y, cuanto más se tarde en tomar esas medidas, los efectos del incremento de las concentraciones de los gases de efecto invernadero serán menos reversibles” (MAPAMA).

#### 4.3.2. Causas del cambio climático

El clima del planeta, en sí, depende de muchos factores, entre los cuales se podrían mencionar algunos, tales como: la latitud, la altitud, la continentalidad, las corrientes marinas, la vegetación, el viento. A pesar de que el clima lo conforman muchos factores, la cantidad de energía procedente del Sol es el más importante de todos, aunque también tienen un papel importante otros factores como: el albedo (relación de la radiación de cualquier superficie refleja sobre la radiación que incide sobre la misma), los océanos, y la concentración de gases de efecto invernadero y aerosoles en la atmósfera o las propiedades de la superficie terrestre. Estos últimos factores son los imprescindibles para poder determinar o estimar la proporción de energía solar que se absorbe o se devuelve reflejada al espacio.

La concentración atmosférica de gases de efecto invernadero como el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el metano (CH<sub>4</sub>) o el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) ha aumentado notablemente desde el comienzo de la revolución industrial. Esto se debe principalmente a actividades humanas como la quema de combustibles fósiles, el cambio en los usos de la tierra y la agricultura.

Cómo se ha dicho hojas atrás, que el clima varíe es algo normal y es debido a que los diferentes factores que lo condicionan (corrientes oceánicas, procesos bióticos, la actividad volcánica, variaciones en la radiación solar) también varían. Es por ello que se puede afirmar que el ser humano no es el único responsable del cambio climático, pero si el que incide con mayor importancia actualmente.

El ser humano ha ayudado a aumentar los cambios que está sufriendo el clima debido a los gases de efecto invernadero que produce y emite a la atmósfera. La mayoría de estos gases son generados por la quema de combustibles fósiles producida en los coches, en fábricas y en la generación de electricidad.

El principal gas generado por esa quema de combustibles fósiles que ha aumentado su concentración y que podría ser el principal causante del calentamiento global es el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), aunque hay otros gases que contribuyen a ello, como lo son: el metano ( $\text{CH}_4$ ), el óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), clorofluorocarbonos (CFC), el Hexafluoruro de azufre ( $\text{SF}_6$ ) y el Ozono ( $\text{O}_3$ ).

#### 4.3.3. Efectos del cambio climático

Según la IPCC, en el año 2001, los efectos que han ido ocurriendo debido al cambio climático son numerosos. Entre ellos cabe destacar:

- ✓ El aumento de la temperatura: afecta a los sistemas de diferentes partes de la Tierra, sufriendo un aumento de  $0,6^\circ\text{C}$  a lo largo del siglo XX.
- ✓ Nivel del mar: aumenta como consecuencia directa del aumento de la temperatura, lo cual conlleva a que los glaciares se derritan.
- ✓ Falta de agua potable: puede disminuir la disponibilidad de agua debido a las sequías.
- ✓ Fenómenos meteorológicos: se producirán con mayor intensidad y regularidad las tormentas, huracanes, olas de calor, etc.
- ✓ Especies: se extinguirán muchas especies vegetales y animales por no poder adaptarse a las nuevas condiciones ambientales en sus hábitats y aumentarán las enfermedades en los seres humanos (desnutrición, malaria, etc.).

#### 4.3.4. El tráfico: cómo contribuye al cambio climático

La contaminación en la atmósfera que producen los vehículos de motor se produce por el monóxido de carbono, siendo este el gas contaminante que más abunda en el ambiente de las ciudades.

No se debe eludir la capacidad de contaminación que tienen los vehículos a motor, sobre todo porque cada vez el parque de vehículos va en aumento en España, habiendo un coche por cada dos habitantes. Además en el territorio nacional hay un alto índice de vehículos con más de diez años de antigüedad, por lo que no son ya máquinas eficientes energéticamente y producen mayor contaminación.

El tráfico rodado representa importantes afecciones sobre el medio; algunas de ellas pueden ser positivas, como la mejora de la accesibilidad, la generación de riqueza, ofrecer mayores oportunidades a la población, etc.; pero también hay otras que son negativas, como las que se derivan de la congestión y la contaminación. Desde hace unos años, la calidad del aire ha sido un tema importante del que preocuparse debido a las emisiones del transporte por carretera, aunque las significativas mejoras en la tecnología aplicada en este ámbito han paliado muchos de estos riesgos.

Desde que en el año 1970 entrara en vigor varias directivas sobre el control de las emisiones de los vehículos de motor, ya sean vehículos ligeros (automóviles, vehículos industriales ligeros) o pesados (camiones, autobuses), ha favorecido la reducción progresiva de las emisiones de gases, de partículas y también, en cierta medida, del ruido de esos vehículos. Las normas Euro, desde la I a la VI, regulan las emisiones atmosféricas, en mayor medida, de cuatro contaminantes principales: monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NOx), partículas e hidrocarburos.

En la actualidad, la principal preocupación son los gases de efecto invernadero (GEI) y el consumo de energía de los vehículos para garantizar la sostenibilidad del transporte por carretera.

El sistema de transportes es uno de los sectores fundamentales para el desarrollo económico y la cohesión social, además de que participa en todos los demás sectores. Es considerado de carácter horizontal y por ello es bastante complicado aplicar las consideraciones ambientales necesarias para su desarrollo sin comprometer el medio ambiente.

La UE apuesta por la implantación de transportes más eficientes, que respeten el medio ambiente y que sean funcionales, garantizando una alta movilidad de las personas y las mercancías. Aunque esto se está integrando en la mentalidad europea. A pesar de que se han realizado mejoras en la eficiencia energética en cuanto a los transportes y se ha introducido el consumo de combustibles no fósiles, la demanda del transporte supera es ampliamente superior a los beneficios que aportan estas mejoras, por ello se ha

comprobado que las emisiones de gases GEI en el sector transporte han ido creciendo de forma continua.

En Europa el transporte aporta, aproximadamente, la cuarta parte del total de los GEI que se emiten a la atmósfera. Ante tal hecho, el Consejo de la Unión Europea ha propuesto que los países desarrollados reduzcan sus emisiones un 30% para el año 2020, en comparación con 1990. Con la previsión de que no se pueda conseguir, la UE está dispuesta a llegar a acuerdos de compromiso de reducir las emisiones en al menos un 20%.

Dentro del sector transporte, el que se hace por carretera representa la mayor fuente de emisiones de GEI, aportando el 93% del total de las emisiones por transporte. “Los sectores del transporte de mercancías y de pasajeros eligen la carretera con mayor frecuencia que otros modos de transporte; en la Unión Europea, la carretera asumió el 44% de del total de transporte de mercancías y el 85% de pasajeros en 2006” (Borrajo Sebastián, Sampedro Rodríguez, Miralles Olivar, de la Peña González, del Real Suárez, & Aizpurúa Giráldez).

Según los datos recabados en el año 2006, la emisión de GEI producidos por el transporte, se reparte de la siguiente manera; el tráfico rodado aporta el 89,2%, la aviación nacional el 6,6%, el cabotaje marítimo el 3,9%, el ferrocarril el 0,3%.

La distribución de la emisión de GEI por tipo de vehículo, sería de la siguiente forma; turismos y motocicletas emite el 53,2%, los vehículos pesados (autobuses y camiones) el 33,5%, los vehículos de transporte ligeros el 13,5%.

Si las emisiones del transporte por carretera se quieren estudiar basándose en las pautas de conducción según el tipo de carretera por la que se circula, se puede afirmar que el 49,6% de los GEI se produjeron en vías de alta velocidad (mayoritariamente en trayectos interurbanos), mientras que el 36,6% corresponde a vías urbanas y el 13,8% restante a las vías intermedias.

El principal indicador que se tiene en cuenta para valorar la eficacia de las medidas de reducción de las emisiones del transporte, y en mayor medida del vehículo privado, son aquellas que corresponden a la emisión de dióxido de carbono por los turismos nuevos.

## 5. Metodologías para el cálculo de la huella de carbono procedente del tráfico rodado

### 5.1. Procedimientos existentes

Existen varios modelos para el cálculo de la huella de carbono, pero los dos tipos más importantes son:

#### 1. Modelo macroscópico

Utilizan parámetros agregados medios de la red para estimar el consumo de energía en toda la red y las tasas de emisión. Los modelos macroscópicos clave incluyen:

- ✓ MOBILE (US EPA)
- ✓ EMFAC
- ✓ CORFLO
- ✓ Modelo de Watson
- ✓ COPERT (EEA)

#### 2. Modelo microscópico

Estima el consumo instantáneo de combustible del vehículo y las tasas de emisión que luego se agregan para estimar las medidas de efectividad de la red o de la instalación.

Los modelos instantáneos se derivan de una relación entre las tasas de consumo de combustible y la potencia instantánea del vehículo:

- ✓ Se requieren características del vehículo segundo por segundo y las condiciones de la carretera

Debido a las características desagregadas de los datos de consumo de combustible, estos modelos se utilizan generalmente para evaluar proyectos de transporte individuales.

Los modelos de consumo instantáneo de combustible se pueden usar en paquetes microscópicos de simulación de tráfico para estimar el consumo de combustible y las emisiones en función de las velocidades y aceleraciones instantáneas de los vehículos individuales. Los modelos microscópicos clave, incluyen:

- ✓ Modelo de emisión modal integral (CMEM)
- ✓ VT-MICRO
- ✓ Software de simulación de emisiones transitorias de vehículos (VeSTes)
- ✓ Emisiones de vehículos internacionales – IVE

- ✓ NetSim
- ✓ VERSIT
- ✓ Modelo de emisiones de vehículos pesados y de turismos (PHEM)
- ✓ EMIT
- ✓ MOVES
- ✓ Modelos de dinámica de vehículos

### 3. Modelo mesoscópico

Las variables de entrada al modelo mesoscópico son más disgregadas que el modelo macroscópico y más agregadas que modelo microscópico. En general, utilizan algunas variables explicativas para estimar el consumo de combustible del vehículo y las emisiones. Los modelos mesoscópicos clave, incluyen:

- ✓ Modelo elemental
- ✓ CONTRAM
- ✓ sistema móvil de evaluación de emisiones para modelo de evaluación regional (Medida)

## 5.2. Procedimiento elegido en el caso actual

El modelo de estimación del consumo de carburante y emisiones utilizado para la realización del análisis de impacto energético y ambiental fue el modelo microscópico VT-Micro, desarrollado por el Centro de Movilidad Sostenible del Instituto Tecnológico de Transportes de Virginia.

El modelo VT-MICRO se desarrolló utilizando técnicas de regresión a partir de la experimentación con numerosas combinaciones de los niveles de velocidad y aceleración para construir un modelo de doble régimen por Ahn y Rakha en los años 2008 y 2009.

El modelo de emisión microscópica Virginia Tech (VT-Micro) se desarrolló originalmente utilizando datos de dinamómetro de chasis en nueve vehículos ligeros. En el presente estudio, el modelo VT-Micro se amplía al incluir datos de 60 vehículos y camionetas de servicio liviano, con el objetivo de desarrollar un marco para estimar las emisiones de los vehículos utilizando datos de emisión no estacionarios. Este modelo se usará para evaluar los impactos ambientales de los proyectos de transporte. Las técnicas de agrupamiento estadístico se aplican a los vehículos de grupo en categorías homogéneas. Específicamente, los algoritmos de clasificación y árbol de regresión se utilizan para clasificar los 60 vehículos en 5 categorías de vehículos ligeros y 2 camiones ligeros. Además, el marco da cuenta de los rezagos temporales entre las variables operacionales del vehículo y las emisiones

medidas del vehículo. El modelo VT-Micro se validó comparándolo con las mediciones de laboratorio con errores de predicción dentro del 17%. Este modelo se puede usar dentro de un software de simulación de tráfico microscópico para evaluar los impactos ambientales de los comportamientos microscópicos de los vehículos y para estimar las emisiones de los vehículos mediante mediciones instantáneas de la velocidad del sistema de posicionamiento global.

## 6. Aplicación al caso práctico de la carretera CV-35

En cualquier tipo de proyecto de carreteras se debe obtener la información inicial y todos los condicionantes que lo abarcan, para poder ser gestionados y editados mediante programas informáticos y conseguir los resultados finales, en este caso conocer la producción de CO<sub>2</sub> por un solo vehículo en la carretera descrita anteriormente. A continuación se describe todo el proceso.

### 6.1. Restitución del trazado, tanto en planta como en alzado

La totalidad de la carretera no ha sido restituida por parte del alumno, algunos tramos han sido cedidos por el departamento de Ingeniería e Infraestructura de los Transportes, perteneciente a la Unidad de Caminos. El trazado se ha dividido en 6 tramos, de los cuales 3 han sido cedidos. A continuación se muestra una tabla donde se indican los PKs de inicio y fin de los tramos y cuales han sido cedidos y cuales han sido de creación propia.

**Tabla 1. Subdivisión en tramos de la carretera CV-35 de Casinos a Túejar en planta**

Tramos	P.K. inicio	P.K. final	Creado por	
			Departamento	Alumno
1	0	11806	X	
2	11806	15458		X
3	15458	23228	X	
4	23228	30035		X
5	30035	32791	X	
6	32791	33576		X

Para comenzar, hay que obtener los datos de partida, los cuales son:

### 1. Cartografía

La cartografía es una ciencia que forma parte de la geografía, la cual se encarga de configurar espacios terrestres en mapas. Esta ciencia se ocupa de estructurar y analizar medidas y datos de regiones de la tierra, para posteriormente poder representarlas gráficamente a distintas dimensiones lineales.

La cartografía digital, utiliza los sistemas informáticos para la representación gráfica de los mapas. Para realizar dicha tarea, utiliza un sistema de información geográfica, la cual codifica y dirige muchas variables y datos geoespaciales, por medio de los recursos a su alcance, como lo son las bases de datos, programas de diseño desde el ordenador de cartografía automatizada y de teledetección y además de aplicaciones estadísticas.

Se necesitan unos puntos topográficos para apoyar nuestro trabajo, estos pueden obtenerse a través de un levantamiento en campo o de un vuelo LIDAR. En este caso, se va a utilizar el sistema LIDAR que se puede encontrar de forma gratuita en la página web del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA).

En la página se pueden encontrar varios tipos de archivos obtenidos mediante vuelos LIDAR, por lo que se especifica que se va a utilizar los datos con precisión de paso de malla de 5 m. Estos son elaborados por el PNOA a partir de los datos brutos (datos sin tratar) obtenidos por los vuelos LIDAR, son de precisión máxima, dado que toman 1 punto cada 2 m<sup>2</sup>, a continuación se trabajan y se filtran para que puedan representar la superficie del terreno con una gran precisión obteniendo así un modelo digital del terreno óptimo.

Estos se pueden obtener desde el centro de descargas de la web mencionada, además cabe especificar que se ha optado por la elección por la división por hojas del territorio nacional y la carretera seleccionada abarca el espacio ocupado por las hojas 0666 y 0667.

### 2. Ortofotografía

La ortografía es una representación cónica de la realidad, lo cual está afectada por unas limitaciones debidas a la perspectiva de la foto, las deformaciones del relieve del terreno, las distorsiones del objetivo de la cámara usada y además de la falta de verticalidad de la tomo de la fotografía.

La ortofotografía aérea es un producto final que transforma la representación cónica a una perspectiva ortogonal, corrigiendo así las afecciones anteriores mencionadas que afectan a las fotografías. Este proceso de transformación se le conoce como Ortoproyección, que aplicado a imágenes o fotografías aéreas permite la obtención de la ortofotografía digital. El resultado mantiene toda la información inicial de la fotografía, siendo posible la medición a escala en la misma, tanto en distancias como en superficies, garantizando al 100% el ajuste con mapas existentes.

Para este proyecto se ha decidido obtener los archivos de ortofotos desde el centro de descargas de la misma página web del PNOA. Por no descargar todo el contenido referente a la Comunidad de Valencia, se ha optado por la elección según la división de España por hojas, siendo las necesarias las 0666 y la 0667 para este proceso.

Una vez teniendo claro que los archivos (ortofotos, y cartografía) son los que se necesitan para realizar el trabajo, se procede a realizar la restitución de la carretera CV-35, desde Casinos hasta Túejar.

En primer lugar, se ha instalado el programa Autocad Civil 3D (autodesk) y antes de hacer nada en el espacio de dibujo, se deben realizar unos ajustes de configuración para trabajar en coordenadas generales, esto es en el sistema de coordenadas UTM. Para trabajos de proyección desarrollados en la mayor parte de del territorio de la Comunidad Valenciana, se debe proyectar en el Huso 30 del sistema de referencia ETRS89.

A continuación, se debe adicionar los dos archivos .ECW, siendo estos los dos ortofotos que se descargaron al principio. Esto se realiza mediante la opción de Datos, desde el panel de Tareas de Mapa, dando la posibilidad de conectar múltiples orígenes de datos (como puedan ser capas ráster, ficheros SHP, etc). Tras realizar la conexión de la imagen ráster, el programa pide que se introduzca la información de georreferenciación y se le debe introducir el mismo huso que se le configuró al archivo de Civil 3D antes de comenzar a trabajar con él (EUET-30 en este caso). Realizar el mismo proceso para los dos ortofotos de las que se dispone y finalmente se tendrá representado el recorrido de la carretera CV-35 en el tramo que nos interesa, en fotografías.

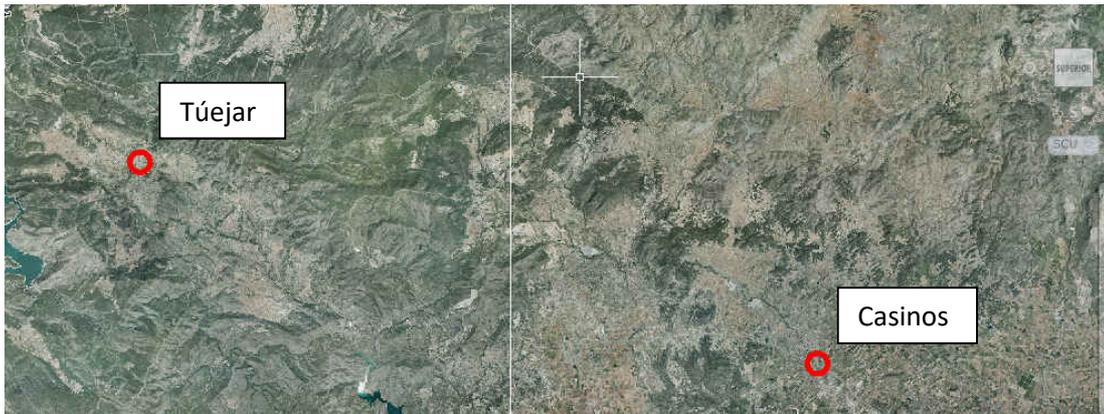


Figura 1. Ortofotos de la carretera CV-35 desde Casino hasta Túejar.

Tras la colocación de las ortofotos necesarias, el siguiente paso es definir el diseño geométrico de la carretera en planta. Esta estará compuesta de rectas, curvas circulares y curvas de transición (clotoides).

El modo básico para crear un trazado consiste en definir líneas quebradas que se ajusten a las restricciones, en este caso que se asemejen lo más posible a las alineaciones rectas que se ven perfectamente definidas en las ortofotos. Cada uno de los vértices que se han originado debe haber una curva o conjunto de clotoide-curva-clotoide que haga las funciones de transición entre línea y línea, permitiendo una conducción apropiada y sin cortes bruscos. Cada vértice recibe el nombre de Punto de Intersección.

Antes de realizar la restitución por tramos de la carretera, se deben definir algunos aspectos importantes, a través de “Herramientas de creación de alineaciones”, en el que habrá que definir lo siguiente:

- Nombre: Introducir un nombre razonable que haga referencia al trabajo que se está realizando.
- Tipo: Se debe identificar como eje.
- Pk inicial: Normalmente en los proyectos se empieza por el 0+000, independientemente del PK de la carretera desde la que se parta
- Estilo de alineación: Se trata del estilo visual. En este caso se escoge la Alineación-Diseño y Análisis 1. Este estilo hace que se vean las rectas, curvas y clotoides de colores diferentes, ayudando a la visualización del diseño.
- Conjunto de etiquetas de alineación: La alineación será etiquetada por defecto, por lo que se deja como está, etiquetas de PK cada 100 m y marcas y puntos singulares cada 20 m.

- Velocidad de proyecto inicial: Se indica la velocidad de proyecto inicial, aunque inicialmente no tiene tanta importancia ponerle valor a este campo, ya que los comprobadores de diseño estarán desactivados.

Una vez y se hayan introducido todos los campos anteriores, se puede comenzar a dibujar sobre las ortofotos a través de la barra de herramientas de creación de alineaciones. El proceso que se recomienda utilizar para realizar el diseño en planta, consiste en comenzar desde una línea quebrada que represente de forma aproximada el eje original de la carretera. Es muy importante crear la alineación recta en sentido creciente de PK de la obra, es decir, el punto kilométrico 0+000 estará en las proximidades del pueblo de Casinos y los PKs de la carretera irán aumentando en dirección al pueblo de Túejar. Además, se ha trabajado con la escala 1:2000, para facilitar la creación de planos al final de la obtención de los perfiles en planta y en alzado.

El próximo paso a seguir consiste en agregar las curvas en cada uno de los vértices que se han creado en la unión de las alineaciones rectas. Se trata de un trazado muy sencillo, ya que la mayoría se conforman con secuencias recta-curva-recta, donde la curva está compuesta por dos clotoides simétricas y un tramo circular en la parte intermedia. Las curvas se han ido modificando en relación a los radios que se han ido introduciendo, hasta que finalmente el trazado sea lo más próximo al que se ve reflejado en las ortofotos.

Tras seguir todos los pasos anteriormente descritos de forma general, se obtiene un trazado en planta lo más parecido al real, siendo este importante para poder continuar con los siguientes pasos con los datos que se obtienen en tablas desde el Civil 3D. En la figura 1 se puede ver como ha quedado finalmente el trazado en planta, la imagen deja ver algo muy basto de lo que sería parte de la restitución completa, que se podría analizar en el Anejo 2 “planos de planta”.



**Figura 2.**Muestra trazado en planta de la carretera CV-35

Indistintamente de que sean tramos de creación propia o cedidos por el departamento, se han tenido que obtener los datos correspondientes a la geometría del trazado, radios, PKs de inicio y fin, longitudes, etc, de cada uno de los componentes que la constituyen. A continuación se adjunta una tabla con una pequeña muestra de los datos que se han obtenido desde el Civil 3D una vez restituído el trazado en planta de la carretera. Para más información se pueden ver las tablas al completo en el Anejo 1 “Datos en planta”.

**Tabla 2. Muestra de datos que arroja el Civil 3D tras hacer la alineación en planta**

Nº	A	P	K	Tipo	Longitud (m)	P.K. inicial	P.K. final	Radio (m)
1,0				Línea	5,5	0,0	5,5	
2,0	1289,3	0,1	78,7	Espiral	157,5	5,5	163,0	
3,0				Curva	5,2	163,0	168,2	10553,5
4,0	779,2	0,0	28,8	Espiral	57,5	168,2	225,7	
5,0				Línea	1567,7	225,7	1793,4	
6,0	340,6	0,1	35,9	Espiral	56,4	1793,4	1849,8	
7,1				Línea	6,7	1849,8	1856,4	
7,2				Línea	6,7	1856,4	1863,1	
7,3				Línea	6,7	1863,1	1869,8	
8,0				Curva	160,5	1869,8	2030,2	1516,5
9,1				Línea	6,7	2030,2	2036,9	
9,2				Línea	6,7	2036,9	2043,5	
9,3				Línea	6,7	2043,5	2050,2	
10,0	355,5	0,3	24,1	Espiral	63,3	2050,2	2113,5	
11,0				Línea	22,5	2113,5	2135,9	
12,0	227,9	0,3	36,9	Espiral	74,1	2135,9	2210,0	
13,0				Curva	337,8	2210,0	2547,9	700,5
14,0	118,4	0,0	9,9	Espiral	20,0	2547,9	2567,9	
15,0				Línea	38,3	2567,9	2606,2	
16	244,30	0,33	40,35	Espiral	65,26	2606,18	2671,44	

Una vez y se haya realizado un esbozo del trazado en planta, se procede a diseñar el alzado de la carretera. Los pasos siguientes serán trabajar conjuntamente con ambos trazados, de forma que se consiga el menor impacto de coste económico, tratando de disminuir el movimiento de tierras.

Para realizar el trazado en alzado se deben tener en cuenta lo siguiente:

- La cartografía que representa la superficie del terreno sobre el que se va a tratar.
- La alineación en planta realizada anteriormente.

Lo que se ha realizado, en conceptos generales, es:

- Realizar un corte del terreno utilizando como directriz la alineación en planta obtenida anteriormente. Esto se colocará después en un visor de perfiles para trabajar con ello.
- En el visor, que se ha mencionado, se realiza un nuevo alineamiento que representará la rasante de la carretera, siendo esto lo que se conoce como perfil longitudinal.

Si se produjese cualquier cambio en la planta, esto implicaría un cambio en la directriz utilizada para el perfil longitudinal, modificando la superficie atravesada y también la longitud de la misma.

Antes de realizar el trazado en alzado, hay que abrir las dos hojas de cartografía .ASC que se han descargado al principio y se deben unir en un mismo archivo. Se debe realizar mediante la opción de Datos, desde el panel de Tareas de Mapa, dando la posibilidad de conectar múltiples orígenes de datos (como puedan ser capas ráster, ficheros SHP, etc). Tras realizar la conexión de la cartografía, el programa pide que se introduzca la información de georreferenciación y se le debe introducir el mismo huso que se le configuró al archivo de Civil 3D antes de comenzar a trabajar con él (EUET-30 en este caso). Realizar el mismo proceso para ambos archivos cartográficos de los que se dispone y finalmente se tendrá representado el recorrido de la carretera CV-35 en el tramo que nos interesa, en modelo digital del terreno.

Se comienza con la creación de la vista en perfil de la superficie, que se realiza en dos fases diferenciadas:

1. Se ha creado una rejilla, la cual servirá de contenedor donde se dibujará el terreno y luego se le añadirá la rasante.
2. Posteriormente se le añade a la rejilla anterior, la superficie que se ha cortado por la alineación.

En referencia al primer paso, se selecciona la alineación en planta y se pulsa en “crear visualización del perfil”, abriéndose un cuadro en el que se deben definir todas las propiedades de visualización que se necesitan. A estas alturas, no conviene representar el perfil longitudinal de forma apilada, ya que dificultaría el diseño de la rasante.

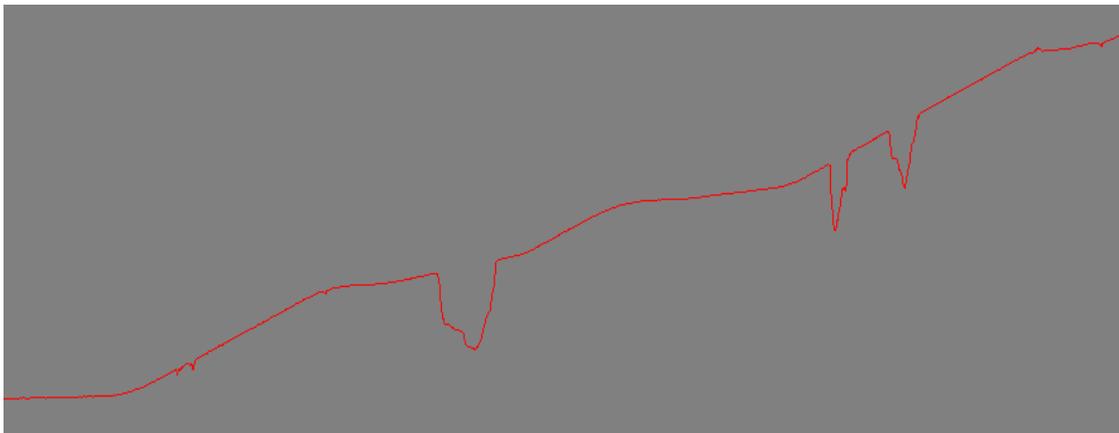
Los parámetros a destacar, que se deben introducir en el cuadro de diálogo que se ha mencionado, son:

- Intervalo de PK: Es conveniente ponerlo en modo automático, así se ajustará el visualizador a la longitud deseada de la alineación, evitando que, al poner valores fijos, la longitud de la alineación aumente y sobresalga de la rejilla que lo contiene.

- Altura de visualización del perfil: Es conveniente ponerlo en modo automático también.
- Guitarra: El programa ofrece varios tipos preconfigurados, pero no es necesario poner ninguna, ya que se pueden añadir a la hora de generar los planos que se necesiten.
- Desmonte y terraplén: No se puede asignar esta propiedad aún.

Una vez y se hayan introducido todos los datos, se procede a dibujar la visualización del perfil (clicando en el botón que lo permite) y se clic en cualquier punto en el espacio dibujo del Civil 3D y se creará la rejilla que contendrá el perfil longitudinal del terreno y la rasante.

A continuación, para crear la vista del perfil longitudinal del terreno, se debe seleccionar la alineación en planta y clicar en el botón donde pone “perfil de superficie”. Se debe indicar la alineación sobre la que se quiere crear el perfil, los PKs entre los que se quiere crear la visualización, seleccionar las superficies que se quiere que aparezcan en el perfil, en este caso se deben seleccionar las dos superficies referidas a la cartografía que se cargó el inicio, y además hay que asegurarse de que está en modo dinámico, para que cualquier cambio que se produzca en la planta se cambie automáticamente en el perfil de superficie que se está creando. Tras clicar en aceptar, se ve como se dibujado el perfil del terreno en la rejilla creada anteriormente.



**Figura 3. Perfil longitudinal del terreno**

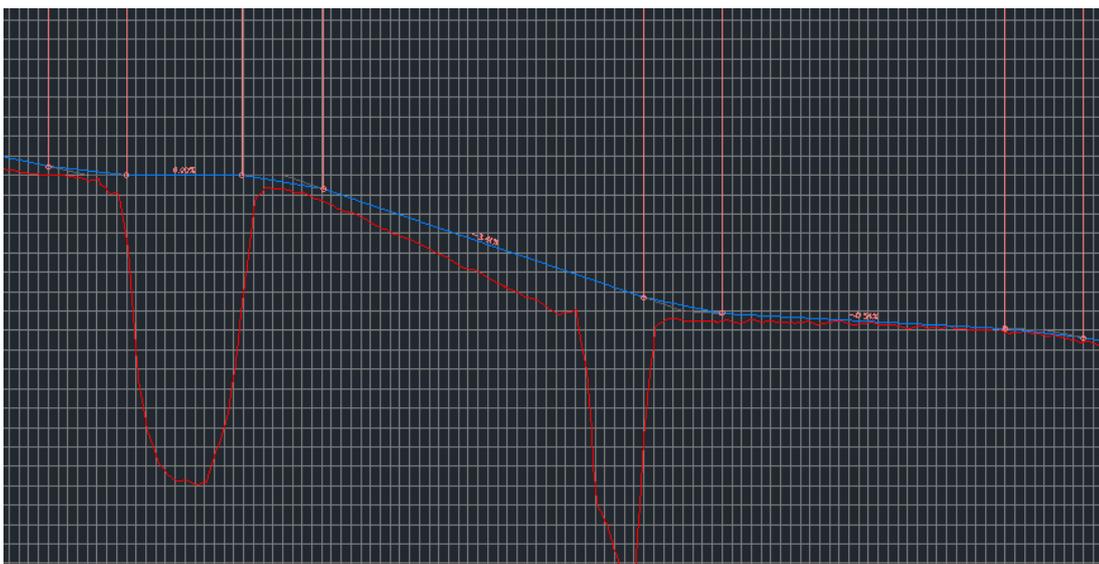
Cuando ya se ha obtenido el perfil longitudinal correspondiente al terreno por el que transcurre el eje de la carretera, se procede al siguiente paso, que consiste en la creación de una línea que representaría la rasante de la carretera. Para ello se debe ir a “herramientas de creación de perfiles” y después a “crear diseño: perfil” y aparecerá un cuadro de diálogo, en el que se debe introducir un nombre y además seleccionar el estilo

de perfil de diseño que aparece por defecto y al clicar en aceptar, aparecerá el cuadro de herramientas para el editor y dibujo de la rasante.

Como se hizo en el caso de la geometría horizontal, el primer paso consiste en establecer el tipo de acuerdos que se va a disponer, que en este caso son de tipo parabólico, y se deben definir en el apartado de “configuración de curvas”, indicando que serán acuerdos parabólicos y además indicando los parámetros mínimos de los acuerdos. Tras haber realizado los ajustes anteriores, se pasa a trazar la rasante de la carretera. Como en el caso de la planta, se debe comenzar con un conjunto de líneas quebradas que vayan adaptándose al perfil longitudinal del terreno, ya que así es como se ha diseñado la carretera ya existente, y una vez se haya definido la rasante mediante alineaciones rectas, se añaden los acuerdos verticales uno a uno, e irán apareciendo en la rejilla todos los aspectos importantes referentes a los acuerdos, como lo son:

- Tangente de entrada
- Tangente de salida
- Kv
- Longitud del acuerdo

Tras seguir todos los pasos anteriormente descritos de forma general, se obtiene un trazado en alzado lo más parecido al real, siendo este importante para poder continuar con los siguientes pasos con los datos que se obtienen en tablas desde el Civil 3D. En la figura 3 se puede ver como ha quedado finalmente el trazado en alzado, la imagen deja ver algo muy basto de lo que sería la restitución completa, que se podría analizar en el Anejo 4 “planos de alzado”.



**Figura 4. Trazado en alzado de la carretera CV-35**

Como mismo se comentaba para el trazado en planta, el departamento de Ingeniería e Infraestructura de los Transportes, perteneciente a la Unidad de Caminos, ha cedido los datos del trazado en alzado para los tramos 1, 3 y 5, pero no se han utilizado finalmente. En un principio si que si usaron los perfiles que se hallaban en los archivos cedidos, pero al unirlos con los perfiles de creación por el alumno, se producía un error en los puntos de unión, las cotas de inicio y fin de los perfiles contiguos no coincidía con los antecesores, por lo tanto no eran válidos. Para corregir estos inconvenientes, se unió el eje de los distintos tramos en planta y se volvió a repetir el procesos descrito anteriormente para el trazado en planta, obteniendo así un perfil longitudinal del terreno de la carretera VC-35 desde el pueblo de Casinos hasta el pueblo de Túejar (la totalidad del tramo estudiado), creando posteriormente la rasante y añadiendo los acuerdos verticales necesarios para conseguir un alzado lo más próximo a la realidad. Finalmente se han tenido que obtener los datos correspondientes a la geometría del trazado, Kvs, PKs de inicio y fin, longitudes, etc, de cada uno de los componentes que la constituyen. A continuación se adjunta una tabla con una pequeña muestra de los datos que se han obtenido desde el Civil 3D una vez restituido el trazado en alzado de la carretera. Para más información se pueden ver las tablas al completo en el Anejo 3 “Datos en alzado”.

**Tabla 3. Muestra de datos que arroja el Civil 3D tras hacer la alineación en alzado**

Nº	P.K. de VAV	Elevación de VAV (m)	Inclinación de rasante T.E. (%)	Inclinación de rasante T.S. (%)	Tipo de curva	Valor de Kv	Radio de curva (m)
1	0	272,04		3,86			
2	973	309,57	3,86	2,61	Convexo	28.1	2808,73
3	1910	334,00	2,61	1,20	Convexo	35.6	3561,08
4	2325	339,00	1,20	3,77	Cóncavo	19.5	1951,60
5	3440	381,00	3,77	1,58	Convexo	18.3	1832,63
6	3945	389,00	1,58	3,65	Cóncavo	24.2	2422,90
7	4740	418,00	3,65	0,97	Convexo	18.7	1867,01
8	5621	426,60	0,97	2,30	Cóncavo	30.1	3007,85
9	6685	451,00	2,30	-0,21	Convexo	19.9	1991,95
10	7160	450,00	-0,21	-3,38	Convexo	15.8	1578,36
11	7900	425,00	-3,38	-2,92	Cóncavo	12.0	1200,08
12	8550	406,00	-2,92	-0,29	Cóncavo	15.2	1519,54
13	10270	401,00	-0,29	1,33	Cóncavo	30.8	3078,76
14	11020	411,00	1,33	-2,11	Convexo	14.5	1454,08
15	11495	401,00	-2,11	-4,14	Convexo	19.699	1969,86
16	11880	385,10	-4,14	-0,92	Cóncavo	15.568	1556,81
17	13295	372,00	-0,92	1,1	Cóncavo	19.738	1973,82
18	13930	379,00	1,10	4,63	Cóncavo	17.018	1701,77

Nº	P.K. de VAV	Elevación de VAV (m)	Inclinación de rasante T.E. (%)	Inclinación de rasante T.S. (%)	Tipo de curva	Valor de Kv	Radio de curva (m)
20	15075	394,00	-2,41	3,23	Cóncavo	14.201	1420,15
21	15540	409,00	3,23	-1,96	Convexo	13.503	1350,35
22	16255	395,00	-1,96	4,30	Cóncavo	14.376	1437,62
23	17115	432,00	4,30	-4,07	Convexo	12.000	1199,99
24	17410	420,00	-4,07	-2,94	Cóncavo	35.504	3550,44
25	17750	410,00	-2,94	-5,06	Convexo	18.876	1887,63
26	18165	389,00	-5,06	-1,33	Cóncavo	13.416	1341,60
27	18390	386,00	-1,33	-4,62	Convexo	15.234	1523,44
28	18520	380,00	-4,62	-1,97	Cóncavo	15.131	1513,12
29	18875	373,00	-1,97	-2,90	Convexo	42.946	4294,63
30	19185	364,00	-2,90	1,07	Cóncavo	12.580	1257,97
31	19465	367,00	1,07	0,71	Convexo	112.000	11200,00
32	19745	369,00	0,71	-3,79	Convexo	13.322	1332,22
33	20220	351,00	-3,79	3,38	Cóncavo	13.947	1394,75
34	20575	363,00	3,38	-4,52	Convexo	12.652	1265,17
35	20995	344,00	-4,52	-0,71	Cóncavo	13.125	1312,50
36	21275	342,00	-0,71	0,80	Cóncavo	26.415	2641,51
37	21400	343,00	0,80	3,89	Cóncavo	12.950	1294,96
38	21580	350,00	3,89	0,00	Convexo	12.857	1285,71

## 6.2. Obtención del perfil de velocidad de operación espacial y temporal en planta y en alzado

Antes de plasmar la explicación de cómo se obtuvieron las velocidades de operación espacial y temporal, tanto para la planta como para el alzado, se va a comenzar con una breve descripción de lo que significan los conceptos de los que se está haciendo mención y factores que les afecta.

Según la AASHTO, la definición de la velocidad de operación es “la máxima velocidad media a la que un conductor puede circular en una sección dada de vía bajo condiciones favorables de meteorología, condiciones predominantes de tráfico y sin exceder la velocidad segura en ningún momento, determinada esta mediante la velocidad de diseño basada en un análisis por tramos de la vía”.

Dado que la definición aportada por la AASHTO no da la posibilidad de aplicarla de forma práctica en el diseño de carreteras, se suele recurrir al percentil 85 de la distribución de velocidades a la que operan los conductores de vehículos ligeros en condiciones de circulación libre y sin restricciones ambientales de ningún tipo para su aplicación práctica.

Se considera que el percentil 85 es el más utilizado porque es el que representa, con más fiabilidad, la velocidad que se considera segura a la que operan los usuarios de la vía.

El percentil 85 es el más estudiado para obtener la velocidad de operación, ya que existen muchas relaciones y modelos sobre ello, siendo muy frecuente el uso de relaciones y/o métodos que hagan referencia a este parámetro cuando se va a diseñar únicamente en función de la operación de los vehículo.

Para corregir un diseño infraestimado, es muy común hacer uso de velocidades de diseño obtenidas a partir de la velocidad del percentil 85 sumándole entre 10 y 20 km/h para obtener finalmente una velocidad de operación de mayor percentil y validar el diseño con mejores resultados.

Hay ocasiones en las que se utiliza el percentil 95, ya que este está considerado como el representativo de la velocidad máxima admisible a la que podrían circular los vehículos de forma segura. Es por ello que también se recurre a este percentil, para completar el diseño de un elemento geométrico (por ejemplo, acuerdos verticales convexos).

Hoy en día, se han realizado numerosos estudios que han permitido desarrollar fórmulas empíricas de la totalidad de los percentiles que componen la velocidad de operación, con el único objetivo de encontrar un modelo que prediga el perfil completo de la velocidad de operación.

Se han realizado muchos estudios para poder identificar las variables que condicionan la velocidad de operación. Se podrían clasificar las variables más representativas en dos categorías:

1. Factores internos de la vía

Pueden influir en la velocidad de operación y están íntimamente ligados con la vía, estas son:

- La clase funcional de la vía

Es fundamental para diseñar un tramo de carretera. Va en función de la finalidad de la carretera, obteniendo una clasificación según al tipo de tráfico al que va a ser destinado. Siendo así, se podría clasificar las vías en función de si están hechas para desplazamientos medios/largos o para zonas residenciales.

Las mayores velocidades de operación, sin duda, se dan en las vías de mayor capacidad, como lo son las consideradas para desplazamientos de largas distancias.

- La densidad de señalización

Una gran cantidad de estudios determina que cuanto mayor sea la densidad de señalización en las carreteras menor será la velocidad de operación en las mismas, ya que se requiere una mayor atención por parte de los usuarios.
- La densidad de accesos

Muchos estudios han empleado este factor en los modelos para estimar las velocidades de operación porque controla el número de accesos en la vía por unidad de longitud, siendo esto importante porque “una mayor densidad de accesos conduce a una velocidad de operación menor” (Fitzpatrick, 2000)
- La sección transversal

El ancho de los carriles y de los arcenes se han considerado como importantes para la determinación de la velocidad de operación y es por ello que se han llegado a incluir en algunos modelos para su cálculo estimado. Es fundamental tener en cuenta las siguientes cuestiones:

  - ✓ Un mayor ancho de los carriles aumenta la velocidad de operación debido a que los conductores se sienten más seguros.
  - ✓ La existencia de marcas viales horizontales que delimiten los carriles y los arcenes que los conductores aumenten la velocidad de operación.
  - ✓ Un aumento en el ancho de los arcenes induce al aumento de la velocidad de operación.
  - ✓ Los arcenes pavimentados aportan mayor seguridad a los usuarios y por ello aumentan la velocidad de operación.
- Visibilidad frontal

Es un factor tremendamente importante que influye directamente en la velocidad de operación, debido a que “tramos con gran distancia de visibilidad presentarán mayores velocidades de operación que tramos similares con menor visibilidad, donde los conductores tienden a reducir la velocidad con el fin de disminuir también la distancia de frenado frente a cualquier obstáculo presente en la carretera”. (Zuriaga, 2012)
- Visibilidad lateral

Es un factor que ha sido poco estudiado debido a que es complicado de definirlo como parámetro con posibilidad de introducirse en los modelos y

aunque tiene una menor influencia que la visibilidad frontal, se considera que afecta a la velocidad de operación. Con los estudios realizados se determina que una reducción en la visibilidad lateral implica con ello una reducción en la velocidad de operación.

- Características geométricas de las curvas

Es uno de los elementos que componen el trazado de una vía que se consideran más importantes para el control de la velocidad de operación, ya que influyen en las propias secciones curvas y en las rectas próximas a las mismas.

Las características que tienen una mayor importancia y que actúan directamente sobre la velocidad de operación son:

- ✓ El radio: es el que más influye en la velocidad de operación ya que esta es directamente proporcional a las variaciones del radio, por ejemplo, si el radio aumenta la velocidad también.
- ✓ El grado de curvatura: se entiende como el ángulo que abarca un arco de 100 metros de longitud. Es una variable que se considera que tiene una relación directa con el radio.
- ✓ El ángulo de deflexión: es el encargado de medir el grado de abertura en una transición curva, ya sea formada por una única curva o por la combinación de una curva central y una clotoide al inicio y otra al final.
- ✓ La longitud de la curva: normalmente en los estudios de estimación se utiliza solo la longitud de la curva, pero esta se puede dividir en longitud total de la curva, longitud de la curva circular y longitud de las curvas de transición.
- ✓ La pendiente longitudinal de la curva: no es una variable a la que se le presta demasiada atención ya que la mayor parte de los estudios se centran en las características del trazado en planta.

- Características geométricas de las rectas

Está menos estudiado que las características geométricas de las curvas. Las únicas características de las rectas que tienen importancia sería la longitud y la pendiente.

- Características geométricas de los acuerdos verticales

Los acuerdos verticales se pueden clasificar en dos tipos; cóncavos y convexos. La mayoría de los estudios y modelos desarrollados para estimar

la velocidad de operación hacen referencia a los acuerdos convexos, debido a que afectan más a la reducción de la velocidad por motivos de falta de visibilidad.

Se diferencian dos tipos de acuerdos convexos:

- ✓ De visibilidad limitada: la velocidad de operación es más reducida
- ✓ De visibilidad no limitada: la velocidad de operación se asemeja a la un terreno llano.

Otras variables a tener en cuenta, sin contar con el tipo de acuerdo del que se trata, son:

- ✓ El parámetro del acuerdo Kv
- ✓ La longitud del mismo
- ✓ La pendiente de entrada: tiene una alta influencia en la velocidad en el caso de que haya visibilidad reducida.

- Índices de trazado

Estos se pueden definir como “indicadores de alineación que tratan de resumir en unas pocas variables el comportamiento general de la vía” (ESCRIVÀ, 2013). Los índices de trazado más empleados para la estimación de la velocidad de operación son:

- ✓ CCR (Curvature Change Ratio): indica el ángulo de deflexión total de la vía por unidad de longitud
- ✓ DC: grado de curvatura por unidad de longitud en km.
- ✓ CL/RL: relación entre la longitud de las curvas en un tramo y la longitud total de la sección.
- ✓ AVG R (Average Radius): relación entre la suma de los radios de un tramo y el número total de estos.
- ✓ AVG T (Average Tangent): promedio de las longitudes del conjunto de rectas que conforman un tramo y el número total de rectas para ese tramo.
- ✓ CRR: relación entre un radio y el promedio de todos los radios del trazado estudiado.

## 2. Factores externos a la vía.

- Condicionantes meteorológicos

La lluvia y la nieve pueden dificultar la visibilidad del conductor, más aún si estas se producen de forma intensa. Además, ambas pueden alterar las

condiciones normales del pavimento, esta no es tan dependiente de la intensidad del fenómeno pero si tiene efectos más perceptibles.

Hay numerosos estudios sobre la afección de la meteorología en la velocidad de operación. El más completo de ellos fue desarrollado por Ibrahim y Hall en 1994, el cual evaluó la influencia que tiene la lluvia y la nieve, son diferentes intensidades, sobre la velocidad de operación, obteniendo los siguientes resultados:

- ✓ Lluvia ligera: la velocidad de operación desciende en 2 km/h aproximadamente.
- ✓ Lluvia fuerte: desciende entre 5 y 10 km/h.
- ✓ Nieve ligera: desciende alrededor de 3 km/h.
- ✓ Nieve fuerte: desciende entre 38 y 50 km/h.

A pesar de que se observa que la intensidad de estos fenómenos meteorológicos representa un factor fundamental, no se considera como una variable importante que influencia estadísticamente a la velocidad de operación, es por ello que los modelos no suelen considerarla normalmente.

- Condicionantes lumínicas

Hay diversos estudios para determinar si la luminosidad tiene alguna influencia en la conducción de los usuarios, pero la mayoría llegan a la misma conclusión, hay una disminución en la velocidad de operación en condiciones de baja luminosidad pero no es lo suficientemente importante como para tenerla en cuenta en los modelos.

- Condicionantes orográficos

Es una variable que presenta mayor dificultad a la hora de evaluarla y su introducción en los modelos para estimar la velocidad de operación, por ello su estudio se hace de una forma más variable que para los factores meteorológicos y lumínicos.

Este es un factor que se conoce desde la fase de diseño de una carretera, por lo cual no puede variarse sus condiciones, incidiendo en los usuarios de la vía de tal forma que si la orografía la identifican como accidentada, disminuirían la velocidad de operación y si por el contrario, los conductores notaran que se trata de una más estable, aumentarían la velocidad porque se sentirían más seguros para hacerlo.

- El entorno

Este factor concierne a todo lo que el conductor puede percibir a lo largo de todo el recorrido de la vía por la que transita.

Todo el entorno de la vía no influye de la misma manera sobre el usuario de la carretera, tiene una mayor influencia aquello que está situado lo más próximo de la misma. Es por ello que se realizan actuaciones sobre los arcenes y las bermas para aumentar, de forma positiva, la influencia sobre el conductor.

Como resulta un factor que presenta una alta dificultad para su medición, en la actualidad, no hay datos relevantes sobre la influencia que ejerce sobre la velocidad de operación.

- El factor humano

Hace referencia a las variables que se asocian a la psicología y a las condiciones particulares de cada usuario de la vía, como pueden ser:

- ✓ Edad.
- ✓ Sexo.
- ✓ Experiencia en la conducción.
- ✓ Conocimiento de la vía.

Estas son variables altamente complicadas para identificar, cuantificar e introducir en los modelos.

- El vehículo

Es uno de los factores que más influyen en la accidentabilidad y en la elección de la velocidad en la que operan los usuarios. Este factor estaría afectado por algunas variables, tales como:

- ✓ El tipo de vehículo, si es ligero, medio o pesado.
- ✓ La relación peso/potencia del vehículo.
- ✓ El modelo del vehículo.
- ✓ La antigüedad del vehículo.
- ✓ La edad del conductor

- La velocidad deseada

Este factor “es una variable auxiliar y no directamente medible empleada por algunos modelos para la predicción de velocidades de operación locales” (ESCRIVÀ, 2013). Este tipo de velocidad se podría definir como “la

velocidad que el conductor desea mantener cuando la geometría y otras variables, como podría ser la visibilidad no le coarta” (ESCRIVÀ, 2013). Según su definición, hay que tener en cuenta que “suele estimarse como la velocidad que presenta el vehículo en rectas largas, siendo éstas como rectas durante las cuales el conductor alcanza y posteriormente mantiene la velocidad”. (ESCRIVÀ, 2013)

En la actualidad existen varias definiciones sobre el concepto de velocidad deseada, entre ellas, una de las primeras que se propuso fue “la velocidad a la que los conductores eligen viajar en condiciones de flujo libre, cuando no están coartados por las características del trazado”. (McLean, 1979)

Para la evaluación de un diseño geométrico de una carretera se han desarrollado numerosos modelos que consiguen estimar la velocidad de operación teniendo en cuenta las características geométricas de la propia carretera.

Existen modelos que se usan para estimar la velocidad de operación en curvas y en rectas para configurar posteriormente una representación gráfica de perfiles de velocidad de operación a lo largo de todo el recorrido de una carretera, teniendo en cuenta unas tasas de aceleración y deceleración constantes.

Como existen muchos modelos para estimar la velocidad de operación, se destaca que la principal clasificación puede ser en discretos o continuos.

Los modelos discretos son aquellos que son aplicables a una alineación en particular y son capaces de proporcionar un valor concreto de la velocidad de operación para la alineación que se requiere. Normalmente el resultado que se obtiene es un valor discreto, pero en ocasiones, algunos modelos discretos pueden arrojar resultados valores no uniformes.

Los modelos continuos, no son aplicados en una alineación en particular, sino para un trazado de carretera compuesto por alineaciones bien diferenciadas. Para realizar el estudio suele hacer uso de modelos discretos para unir las alineaciones basándose en diferentes normas, configurando un perfil de velocidades continuo a lo largo de todo el recorrido de la carretera

Cuando ya se han obtenido los datos sobre la formación geométrica de la carretera, explicados en el punto 6.1., se deben tratar los números obtenidos para posteriormente utilizar el programa informático llamado “Perfil V85”, en el caso de los datos obtenidos para la planta de la carretera y para los datos obtenidos en alzado se usará el software IHSDM.

### 6.2.1. Velocidad de operación en planta

El trazado en planta de una carretera se referirá a un eje, el cual fija un punto en cada sección transversal, y estará compuesta por una correcta combinación de los siguientes elementos:

1. Alineación recta

“La alineación recta es un elemento de trazado que está indicado en carreteras convencionales para obtener suficientes oportunidades de adelantamiento y en cualquier tipo de carretera para adaptarse a condicionamientos externos obligados (infraestructuras existentes, condiciones urbanísticas, terrenos llanos, etc.)”. (Carreteras, 2012)

2. Alineación circular

Las curvas circulares son los arcos de círculo que forman la proyección horizontal de las curvas empleadas para unir dos tangentes consecutivas. Las curvas circulares pueden ser de dos tipos, simples o compuestas, según se trate de un solo arco de círculo o de dos o más sucesivos uniendo dos tangentes.

3. Curva de acuerdo o transición

“Las curvas de acuerdo (o curvas de transición) tienen por objeto evitar discontinuidades en la curvatura del trazado, por lo que, en su diseño deberán proporcionar las mismas condiciones de comodidad y seguridad en que el resto de los elementos del trazado”. (Carreteras, 2012)

Para obtener la velocidad de operación partiendo de los datos obtenidos en planta hay que usar un programa llamado “Perfil V85”. Esta aplicación informática creada por el GIIC (departamento perteneciente a la UPV), trabaja partiendo de la geometría de la carretera y desarrolla perfiles de velocidad de operación en los dos sentidos de circulación.

La construcción del perfil de velocidad de operación para este proceso, se empleará el modelo calibrado por el GIIC diseñado para carreteras convencionales de la Comunidad Valenciana. Los modelos a los que se hace referencia, son fundamentalmente de cuatro tipos:

- Modelo de estimación para curvas:

$$v_{85} = 152.676 - \frac{384.896}{\ln(R + 7.739)}$$

Donde  $R$  es el radio de la curva en planta (m).

- Modelo de estimación para rectas: se trata de un modelo construido por tres ecuaciones.

- ✓ En caso de que la longitud de la recta sea mayor o igual a 700 m:

$$v_{85} = \sqrt{-1464.72 + 351.288 \cdot \sqrt{L}}$$

Donde  $L$  es la longitud de la recta, en metros.

- ✓ En caso de que la longitud de la recta sea menor de 700 m y el radio de la curva anterior sea menor o igual a 600 m:

$$v_{85} = 0.362739 \cdot v_{85C} + \frac{59.6982}{e^{-0.0000472302 \cdot GM}}$$

Donde  $v_{85C}$  es la velocidad (en km/h) de la curva anterior en el sentido de circulación, calculada según la expresión correspondiente, y  $GM$  se calcula del siguiente modo:

$$GM = \frac{L \cdot \sqrt{R_1 \cdot R_2}}{100}$$

Donde  $L$  es la longitud en metros de la recta, y  $R_1$  y  $R_2$  son los radios de las curvas anterior y siguiente, respectivamente, en metros.

- ✓ En caso de que la longitud de la recta sea menor de 700 m y el radio de la curva anterior sea mayor de 600 m:

$$v_{85} = \sqrt{7399.27 + 3.03956 \cdot L}$$

Donde  $L$  es la longitud de la recta, en metros.

- Modelo de deceleraciones:

$$d = 0.313 + \frac{114.436}{R}$$

Donde  $R$  es el radio de la curva en planta, en metros.

- Reglas de aceleraciones:

$$a = 0.41706 + \frac{65.9359}{R}$$

Donde  $R$  es el radio de la curva en planta, en metros.

Además de las formulaciones descritas en las líneas anteriores, se debe complementar con las llamadas “reglas de la construcción”, siendo fundamentalmente las instrucciones a seguir para combinar los modelos especificados en un perfil continuo de velocidad de operación.

La aplicación informática (perfil V85) genera una hoja de Excel, que es donde el programa da uso a toda la formulación mencionada en párrafos anteriores. En él es donde el usuario debe introducir el estado de alineaciones válido en la hoja correspondiente. Como los datos que se van a introducir se hace de forma manual, se debe cumplir con las siguientes restricciones:

- Elemento: se introduce un número característico por cada tipo de elemento que compone el trazado, siguiendo la que se muestra a continuación:
  - ✓ 1 – para rectas
  - ✓ 2 – para curvas
  - ✓ 3 – para clotoides
- P.K. inicial: el P.K. inicial del elemento debe estar en unidades métricas y ser un número entero.
- P.K. final: el P.K. final del elemento debe estar en unidades métricas y ser un número entero.
- Longitud: será la diferencia entre los dos puntos anteriores.
- Radio: es el radio del elemento geométrico en caso de ser una curva circular expresado en metros. Cuando las curvas sean hacia la izquierda, debe introducirse un número negativo.
- Parámetro: es el parámetro del elemento geométrico en caso de ser una clotoide expresado en metros. Cuando las clotoides sean hacia la izquierda, debe introducirse un número negativo (valor A de la columna que se refleja en la tabla 2).

Hay unas restricciones adicionales, aunque son lógicas, es recomendable recordarlo. Estas son:

- El P.K. final de un elemento siempre debe coincidir con el P.K. inicial del siguiente.
- No pueden alinearse dos rectas consecutivas

- No se pueden alinear dos clotoides consecutivas. Si fuera el caso, se debe poner una recta en medio de longitud nula.

Es muy importante que al introducir los datos, esté adecuado el estado de alineaciones, ya que es la base para estimar el perfil de velocidad de operación.

Una vez y se hayan introducido los datos requeridos de la geometría, siguiendo las instrucciones dadas anteriormente, se necesita que el software realice una comprobación del estado de alineaciones. Para realizar esa comprobación hay que clicar en el botón “Procesar estado de alineaciones” y usando las fórmulas descritas en párrafos previos, realizará dos acciones diferenciadas:

- Analiza la validez del estado de alineaciones aportado, pero sólo comprueba errores lógicos, sucesión de elementos, continuidad de P.K.s, etc, por lo que no verifica la normativa o instrucción de carreteras. El programa, después del análisis, devuelve el resultado indicando si es correcto o mostrando que error se encuentra. En este caso ha sido todo correcto.
- Calcula los ángulos de giro para cada elemento en valor absoluto y además aporta también los acumulados para el posterior análisis de CCR.

A continuación se aporta en la tabla 4 una muestra de algunos valores que se han introducido inicialmente en el programa Perfil V85 para obtener la velocidad de operación finalmente. Para más información mirar en el Anejo 1 “Datos en planta”.

**Tabla 4. Muestra de datos introducidos en el programa Perfil V85**

Elemento	PK inicial	PK final	Longitud (m)	Radio (m)	Parámetro (m)
1	0	6	6		
3	6	163	157		1289
2	163	168	5	10553	
3	168	226	58		779
1	226	1793	1567		
3	1793	1850	57		341
1	1850	1870	20		
2	1870	2030	160	1517	
1	2030	2050	20		
3	2050	2113	63		-356
1	2113	2136	23		
3	2136	2210	74		-228
2	2210	2548	338	-701	
3	2548	2568	20		-118
1	2568	2606	38		

Elemento	PK inicial	PK final	Longitud (m)	Radio (m)	Parámetro (m)
1	2671	2691	20		
2	2691	2893	202	699	
1	2893	2913	20		
3	2913	2983	70		250
1	2983	3132	149		
3	3132	3256	124		-384
2	3256	3513	257	-1192	
3	3513	3736	223		-515
1	3736	5012	1276		
3	5012	5197	185		-533
2	5197	5372	175	-1531	
3	5372	5450	78		-345
1	5450	6421	971		
3	6421	6539	118		-986
2	6539	6656	117	-8248	
3	6656	6776	120		-995
1	6776	6838	62		
3	6838	6888	50		743
1	6888	6908	20		
2	6908	7370	462	7900	
1	7370	7427	57		
3	7427	7545	118		-1014
2	7545	7785	240	-8751	
3	7785	7802	17		-387
1	7802	8380	578		
3	8380	8409	29		263

Cuando se hayan validado los datos introducidos en el software, se procede con el siguiente paso. A partir del estado de alineaciones cargado previamente, generar la velocidad de operación usando la segunda pestaña que aparece “Velocidad de operación”.

Todos los modelos de velocidad de operación están basados en la propia geometría del trazado en planta y aunque así pueden ser calculados, se deben tener en cuenta algunos condicionantes para que el proceso de cálculo sea correcto.

El modelo de velocidad de operación en las curvas es altamente dependiente del radio de las mismas, por ello el cálculo es directo con las fórmulas. Sin embargo, para el cálculo en las rectas se depende, en gran medida, del elemento geométrico justamente anterior, ya

que la velocidad desarrollada no es la misma para un tramo de una carretera que se inicia en una recta larga o de una travesía.

En este caso, se va a calcular la velocidad de operación para el trayecto de ida desde Casinos hasta Túejar, por lo tanto hay que introducir la velocidad de inicio en el campo “velocidad de partida (km/h)”, que para todos los efectos se ha decidido que será de 100 km/h. Esto no implica que se vaya a empezar el recorrido con una velocidad de 100 km/h, sino que se utilizará como velocidad de referencia para obtener la velocidad de operación para el primer elemento en el sentido de ida.

El programa ofrece varias opciones para limitar las velocidades, como lo son:

- Limitar la velocidad para el punto final del recorrido de carretera que se quiere analizar, introduciendo el valor en “velocidad de destino (km/h). Para este estudio no se ha trabajado con esta opción.
- Coartar la velocidad en los puntos de inicio para cada sentido, activando la opción “Forzar”. Para este estudio no se ha trabajado con esta opción.
- Limitar la velocidad de travesía. Para este estudio no se ha trabajado con esta opción.

Cuando se hayan introducido todos los datos y comprobado que está todo correcto, se procede a calcular la velocidad de operación. El proceso de cálculo es bastante rápido y cuando el programa termina de hacerlo mostrará una hoja de cálculo con todos los datos obtenidos.

La hoja de cálculo de las velocidades de operación consta de tres columnas, las cuales son:

- P.K. (distancia al origen en metros)
- Velocidad de operación en el sentido creciente (km/h)
- Velocidad de operación en el sentido decreciente (km/h)

A continuación se aporta en la tabla 5 una muestra de algunos valores para la velocidad de operación en alzado que se han obtenido con el programa Perfil V85. Para más información mirar en el Anejo 1 “Datos en planta”.

**Tabla 5. Muestra de datos obtenidos con el programa Perfil V85**

PK (m)	V85	
	Creciente (Km/h)	Decreciente (Km/h)
0,00	100,00	100,00
1,00	100,00	100,00
2,00	100,00	100,00
3,00	100,00	100,00
4,00	100,00	100,00
5,00	100,00	100,00
6,00	100,00	100,00
7,00	100,05	100,03
8,00	100,10	100,07
9,00	100,15	100,10
10,00	100,21	100,14
11,00	100,26	100,17
12,00	100,31	100,21
13,00	100,36	100,24
14,00	100,41	100,27
15,00	100,46	100,31
16,00	100,51	100,34
17,00	100,57	100,38
18,00	100,62	100,41
19,00	100,67	100,45
20,00	100,72	100,48
21,00	100,77	100,51
22,00	100,82	100,55
23,00	100,87	100,58
24,00	100,92	100,62
25,00	100,98	100,65
26,00	101,03	100,69
27,00	101,08	100,72
28,00	101,13	100,75
29,00	101,18	100,79
30,00	101,23	100,82
31,00	101,28	100,86
32,00	101,33	100,89
33,00	101,38	100,92
34,00	101,43	100,96

Una vez y se ha obtenido los datos que se muestran en la tabla 5, se deben tratar los datos para seguir con el proceso de cálculo, ya que desde la velocidad de operación se debe obtener la aceleración y por consiguiente el tiempo que se tarda en todo el trazado de la carretera.

El programa calcula dos velocidades, la creciente y la decreciente, para este trabajo se va a tomar los datos que corresponden a la creciente, ya que estos valores son los que se asocian a la ida, es decir, al sentido de la carretera desde Casinos hasta Túejar.

Los cálculos realizados son para obtener finalmente las gráficas que representan la velocidad frente al tiempo y la velocidad frente a la distancia al origen, es decir, la velocidad temporal y la velocidad espacial, respectivamente. Para ello se quiere obtener el tiempo en segundos, por lo que la aceleración se calcula en  $m/s^2$  y la velocidad creciente aportada en la tabla 5, se pasa de  $km/h$  a  $m/s$ , para que todas las unidades se correspondan y no haya ningún error.

La aceleración que se necesita calcular, se hará bajo las fórmulas asociadas a un movimiento rectilíneo uniformemente acelerado (MRUA), ya que se trata de una partícula o cuerpo (automóvil) que va trazando movimientos, descomponiéndolos en tramos más pequeños, que se pueden asemejar a una línea recta con una aceleración constante, por lo que se puede afirmar que:

- El cuerpo se desplaza por un eje de coordenadas.
- La velocidad va variando de forma lineal con respecto al tiempo, es decir, la aceleración es constante en magnitud y dirección.

El MRUA se rige por una serie de fórmulas que se van a utilizar a lo largo del proceso de cálculo de este trabajo, las cuales se describen a continuación.

$$V_f = V_o + a \cdot t$$

$$a = \frac{V_f - V_o}{t}$$

$$d = V_o \cdot t + \frac{1}{2} a \cdot t^2$$

Donde las variables que se requieren, son:

$V_o$  : velocidad inicial en  $m/s$

$V_f$  : velocidad final en  $m/s$

$a$  : aceleración en  $m/s^2$

$t$  : tiempo en segundos

$d$  : distancia en metros

Las fórmulas mostradas anteriormente son las consideradas principales aplicadas al MRUA y de ellas se pueden deducir las dos fórmulas que se van a utilizar para el cálculo de la aceleración y del tiempo en este aspecto.

La fórmula para la aceleración utilizada es:

$$a = \frac{V_f^2 - V_o^2}{2 \cdot \Delta d}$$

Donde:

$V_o$  : velocidad inicial en m/s

$V_f$  : velocidad final en m/s

$a$  : aceleración en  $m/s^2$

$\Delta d$  : diferencia entre el punto kilométrico de destino y el punto kilométrico de partida en cada punto en metros.

Las fórmulas para el tiempo utilizadas son:

$$(1) t = \frac{V_f - V_o}{a}$$

$$(2) t = \frac{\Delta d}{V}$$

Donde:

$V_o$  : velocidad inicial en m/s

$V_f$  : velocidad final en m/s

$a$  : aceleración en  $m/s^2$

$\Delta d$  : diferencia entre el punto kilométrico de destino y el punto kilométrico de partida en cada punto en metros.

(1)  $t$  : tiempo obtenido en segundos para cuando la velocidad no es constante, ya que la aceleración tiene un valor diferente de cero.

(2)  $t$  : tiempo obtenido en segundos para cuando la velocidad es constante, ya que la aceleración tiene un valor igual a cero.

El tiempo se va sumando con el anterior para obtener la acumulación del tiempo transcurrido con respecto a la distancia que se ha recorrido.

A continuación se aporta en la tabla 6 una muestra de algunos valores que se han obtenido para la aceleración y el tiempo para punto kilométrico. Para más información mirar en el Anejo 1 "Datos en planta".

**Tabla 6. Muestra de valores obtenidos para la aceleración y el tiempo en planta**

PK (m)	V85 Creciente (km/h)	V85 Creciente (m/s)	a(m/s <sup>2</sup> )	t (s)
0,000	100,000	27,778	0,000	
1,000	100,000	27,778	0,000	0,036
2,000	100,000	27,778	0,000	0,072
3,000	100,000	27,778	0,000	0,108
4,000	100,000	27,778	0,000	0,144
5,000	100,000	27,778	0,000	0,180
6,000	100,000	27,778	0,000	0,216
7,000	100,052	27,792	0,398	0,252
8,000	100,103	27,806	0,398	0,288
9,000	100,155	27,821	0,398	0,324
10,000	100,206	27,835	0,398	0,360
11,000	100,258	27,849	0,398	0,396
12,000	100,309	27,864	0,398	0,432
13,000	100,361	27,878	0,398	0,468
14,000	100,412	27,892	0,398	0,503
15,000	100,463	27,906	0,398	0,539
16,000	100,515	27,921	0,398	0,575
17,000	100,566	27,935	0,398	0,611
18,000	100,617	27,949	0,398	0,647
19,000	100,669	27,964	0,398	0,682
20,000	100,720	27,978	0,398	0,718
21,000	100,771	27,992	0,398	0,754
22,000	100,822	28,006	0,398	0,790
23,000	100,873	28,020	0,398	0,825
24,000	100,925	28,035	0,398	0,861
25,000	100,976	28,049	0,398	0,897
26,000	101,027	28,063	0,398	0,932
27,000	101,078	28,077	0,398	0,968
28,000	101,129	28,091	0,398	1,004
29,000	101,180	28,106	0,398	1,039
30,000	101,231	28,120	0,398	1,075
31,000	101,282	28,134	0,398	1,110
32,000	101,333	28,148	0,398	1,146
33,000	101,384	28,162	0,398	1,181
34,000	101,435	28,176	0,398	1,217
35,000	101,486	28,190	0,398	1,252
36,000	101,536	28,205	0,398	1,288

Cuando ya se tienen los datos de velocidad de operación (algunos mostrados en la tabla 6), se puede obtener un gráfico que represente la velocidad espacial para el trazado en

planta, la cual viene a mostrar los cambios de velocidad con respecto a la distancia al origen de la vía estudiada, como se puede identificar perfectamente en la figura 5. Para más información se puede encontrar el gráfico ampliado en el Anejo 1 "Datos en planta".

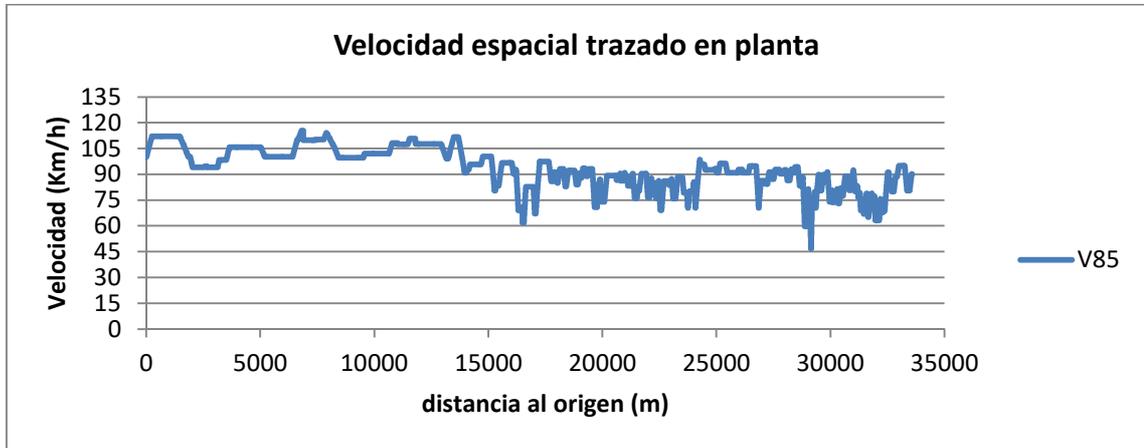


Figura 5. Velocidad espacial para el trazado en planta

A continuación, tras haber obtenido los valores asociados a la aceleración y al tiempo (algunos mostrados en la tabla 6), se debe identificar, en la columna del tiempo, los valores más próximos a los números enteros, es decir, el tiempo está dado en segundos y lo que se necesita es tener sólo los datos de tiempo segundo a segundo y no todos los resultados que se pudieran haber obtenido entre segundo y segundo. Por lo tanto, en Excel, con fórmulas de aproximación y de condicionales, se ha obtenido los valores de aceleración y velocidad asociados al tiempo, logrando comprobar lo que ocurre segundo a segundo (en la tabla 7) y finalmente poder representar la velocidad temporal en la figura 6. Para más información se puede encontrar el gráfico ampliado en el Anejo 1 "Datos en planta".

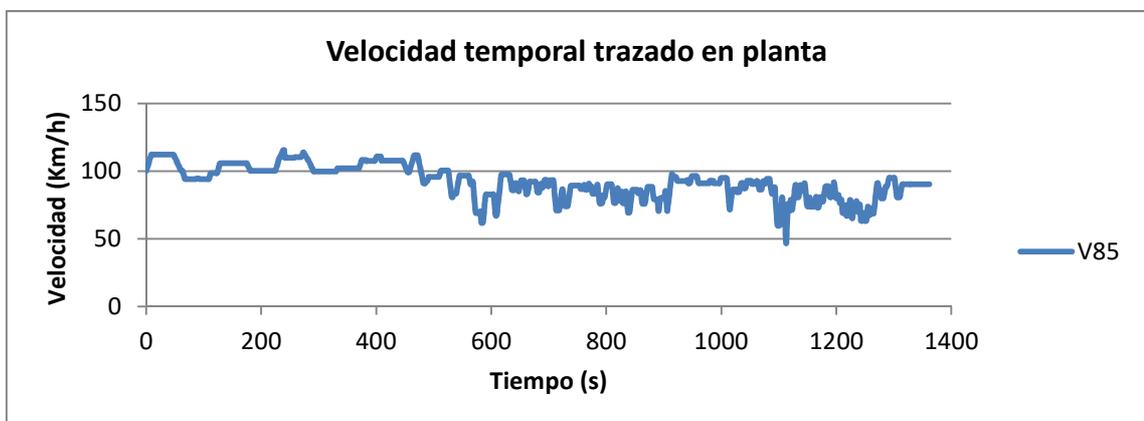


Figura 6. Velocidad temporal para el trazado en planta

**Tabla 7. Muestra de datos obtenidos para el tiempo en planta**

PK	t (s)	V85 (km/h)	Aceleración (m/s <sup>2</sup> )	Aceleración (km/h/s)
0	0	100,000	0,000	0,000
27	1	101,129	0,398	1,433
56	2	102,548	0,398	1,433
85	3	103,997	0,398	1,433
115	4	105,426	0,398	1,433
145	5	106,884	0,398	1,433
175	6	108,323	0,398	1,433
206	7	109,743	0,398	1,433
236	8	111,145	0,398	1,433
267	9	112,164	0,000	0,000
298	10	112,164	0,000	0,000
328	11	112,164	0,000	0,000
359	12	112,164	0,000	0,000
389	13	112,164	0,000	0,000
420	14	112,164	0,000	0,000
450	15	112,164	0,000	0,000
481	16	112,164	0,000	0,000
511	17	112,164	0,000	0,000
542	18	112,164	0,000	0,000
573	19	112,164	0,000	0,000
603	20	112,164	0,000	0,000
634	21	112,164	0,000	0,000
664	22	112,164	0,000	0,000
695	23	112,164	0,000	0,000
725	24	112,164	0,000	0,000
756	25	112,164	0,000	0,000
786	26	112,164	0,000	0,000
817	27	112,164	0,000	0,000

### 6.2.2. Velocidad de operación en alzado

El trazado en alzado de una carretera se referirá a un eje, el cual fija un punto en cada sección transversal, y estará compuesta por una correcta combinación de los siguientes elementos:

1. Rasante con inclinación uniforme

El trazado en alzado de una carretera está definido por un conjunto de segmentos denominados rasantes, que pueden ser rectos o curvos. La definición de una rasante es bidimensional. Es decir que relaciona la distancia recorrida a lo largo del trazado en planta con la cota referida a un plano horizontal de comparación.

La inclinación de una rasante se mide por la tangente del ángulo que la recta tangente a ella forma con la horizontal, expresado en porcentaje. Se pueden distinguir dos tipos de rasantes:

- ✓ Rampas: tienen valores de inclinación positivos (sube en el sentido del avance). Dependiendo del porcentaje de inclinación puede afectar a la velocidad de operación porque al subir el vehículo pierde velocidad y el conductor debe acelerar para intentar retomar la velocidad posterior a la rampa.
- ✓ Pendientes: tienen valores de inclinación negativos (baja en el sentido del avance). Dependiendo del porcentaje de inclinación puede afectar a la velocidad de operación porque al bajar el vehículo gana velocidad y el conductor debe frenar para intentar mantener la velocidad posterior a la pendiente.

## 2. Curva de acuerdo vertical

Entre dos rasantes uniformes contiguas con inclinaciones diferentes, se hace necesario intercalar un tramo curvo que se denomina acuerdo vertical y cuya inclinación varíe entre la del tramo anterior (inclinación de entrada) y la del tramo posterior (inclinación de salida). Ese segmento curvo tiene el objetivo de suavizar el paso de una rasante a otra.

El acuerdo vertical comienza en la tangente de entrada y termina en la tangente de salida. La curva más utilizada para los acuerdos verticales, y la que se utiliza para el diseño del trazado en alzado de la pista de ensayos, es una parábola de segundo grado de eje vertical cuya ecuación es:

$$y = \frac{x^2}{2 \cdot K_v}$$

Donde:

Kv: parámetro del acuerdo y tiene dimensiones de longitud. Si es positivo, es un acuerdo cóncavo, y si es negativo es convexo.

x: distancia al origen

Para obtener el perfil de velocidad de operación para el trazado en alzado no se puede a través del programa "Perfil V85" debido a que este ha sido diseñado sólo para conseguir el perfil de velocidades en planta, por lo tanto se ha tenido que buscar una alternativa que ofrezca resultados coherentes. Es por ello que se ha optado por utilizar el software llamado IHSDM (Interactive Highway Safety Design Model), el cual es un programa muy

reconocido y que aporta resultados convincentes y bastante cercanos a los que se dan en la realidad.

La Administración Federal de Carreteras (Federal Highway Administratio – FHWA) tiene un programa de investigación de una alta importancia para desarrollar e implementar el IHSDM. IHSDM es un sistema integrado de módulos que los planificadores y diseñadores de carreteras pueden usar para evaluar la seguridad de las alternativas de diseño geométrico de carreteras dentro de un entorno de diseño asistido por ordenador (CAD).

El IHSDM se concibe como una herramienta informatizada que facilita la evaluación de las implicaciones en seguridad de las alternativas de diseño a lo largo de las fases de planificación, diseño y revisión de la construcción o reconstrucción típica de las carreteras. Para facilitar su uso, se desarrolla en un entorno CAD, en el que se realiza la mayor parte del diseño.

El software IHSDM está estructurado en cinco módulos:

1. Módulo de análisis de accidentes (Accident analysis module): este consta de tres modelos de estimación bien diferenciados:
  - ✓ Uno estima el número y la gravedad de los accidentes en segmentos específicos de autopista.
  - ✓ El segundo realiza un análisis de los beneficios de seguridad en función de los costes de análisis del diseño de alternativas.
  - ✓ El tercero utiliza un enfoque de sistemas expertos para evaluar los diseños de intersecciones, identificar deficiencias geométricas que puedan afectar a la seguridad y además sugiere mejoras que puedan corregir esas deficiencias.
2. Módulo de diseño de la consistencia (Design consistency module): evalúa la consistencia de un diseño en relación con las expectativas de velocidad de los conductores.
3. Módulo de conductor/vehículo (driver/vehicle module): consiste en un modelo de rendimiento del conductor vinculado a un modelo de dinámica del vehículo, el cual permitirá al diseñador evaluar cómo podrían operar varios conductores con un vehículo dado a través de un diseño y con ello identificar si existe la posibilidad de que se pierda el control del vehículo.
4. Módulo de análisis del tráfico (Traffic analysis module): utiliza los modelos microscópicos de simulación de tráfico que existen para estimar las condiciones de funcionamiento probables en un diseño con volúmenes de tráfico actuales y/o proyectados.

5. Módulo de revisión de las normas (Policy review module): evalúa los elementos de diseño bajo la conformidad de las políticas de diseño establecidas (AASHTO, estatales o locales) e identificar los elementos que no se ajustan a esas políticas y ayudar al diseñador a documentar las incidencias en seguridad de esas desviaciones.

IHSDM tiene una colección integrada de herramientas de evaluación que estima medidas de efectividad relacionadas con la seguridad, identifica áreas de mejora y compara alternativas de diseño. El departamento de transporte estatal y las oficinas de campo de la FHWA brinda información periódica para garantizar que estas herramientas respondan a las necesidades de la comunidad de usuarios. La FHWA también tiene acuerdos de investigación y desarrollo con proveedores de software de diseño civil para integrar el IHSDM en sus softwares y facilitar su uso a los diseñadores de carreteras.

Para realizar el estudio de velocidad de operación en relación con el trazado en alzado hay que tener en cuenta el módulo de diseño de consistencia que ofrece el programa IHSDM, ya que de ello depende el comportamiento de los conductores frente a las características propias de la carretera, es decir, de ello depende directamente la velocidad de operación de los usuarios de la carretera CV-35. Por tanto, de los 5 módulos en los que se divide el programa, el estudio debe centrarse en los datos que se pueden obtener a través del módulo de consistencia. A continuación se procede a describir en que consiste la consistencia y como trabaja el programa con ella.

Los conductores interpretan y reaccionan ante las características o situaciones de una carretera como si estas fueran similares a las experimentadas anteriormente a su paso, independientemente de que fuesen o no similares. La consistencia hace referencia a la conformidad del diseño de una carretera con las expectativas del conductor, es por ello, que la consistencia del diseño es una característica importante de la carretera desde el punto de vista de la seguridad.

Los errores de conducción relacionados con la inconsistencia de las características geométricas ocurren normalmente por decisiones de orientación (por la velocidad y por el tipo de camino). La política de diseño actual especifica que se debería seleccionar una velocidad de diseño y aplicarla a lo largo de una carretera para evitar las características geométricas que requieren ajustes inesperados y, por lo tanto, sean propensos a errores en la velocidad.

Sin embargo, se ha hecho evidente que el concepto de velocidad de diseño, tal como se aplica actualmente, no es suficiente para garantizar la consistencia del diseño medida en términos de la uniformidad de las velocidades de operación a lo largo de una carretera.

La velocidad de diseño de una carretera es la velocidad máxima a la que un conductor puede operar de manera uniforme a través de todas las características geométricas de la carretera sin desviarse de los criterios de diseño asumidos. Por lo tanto, un único elemento de diseño (por ejemplo, una curva pronunciada) puede dar como resultado una velocidad de diseño relativamente baja cuando, de hecho, los conductores pueden operar a velocidades superiores a la velocidad de diseño en el resto de la carretera sin exceder ningún criterio de diseño. Como la mayoría de los conductores viajan todo lo rápido que pueden sin rebasar su límite propio de comodidad y seguridad y reducen la velocidad solo cuando es necesario, las carreteras con velocidades de diseño más bajas presentan perfiles de velocidad de operación desiguales. Es decir, los conductores aceleran a la velocidad deseada en tangentes y curvas suaves y desaceleran solo en curvas más pronunciadas o angulosas.

Los estudios de accidentes han demostrado que cuanto mayor sea la reducción de velocidad requerida desde la tangente anterior a la curva siguiente, mayor será la tasa de choque en la curva; es decir, cuanto mayor sea la reducción de velocidad requerida, más probable es que algunos conductores no reduzcan su velocidad tanto como se requiere.

Por lo tanto, la medida principal que se espera de la consistencia del diseño para carreteras rurales de dos carriles es la reducción esperada en la velocidad del percentil 85 entre la tangente de aproximación y el medio de una curva. Las reducciones de velocidad esperadas se derivan de un modelo de perfil de velocidad que estima las velocidades en cada punto a lo largo de una carretera como una función de la geometría de la carretera. El modelo combina las velocidades estimadas del percentil 85 en las curvas y las velocidades deseadas en tangentes largas con velocidades estimadas de desaceleración y aceleración que ingresan y salen de las curvas para producir el perfil de velocidad.

Se ha calibrado un modelo para vehículos de pasajeros en terreno llano y ondulado (es decir, pendientes verticales inferiores al 5 por ciento) en función de la geometría de alineación horizontal. La calibración se basó en más de 20000 mediciones de velocidad del vehículo de pasajeros en 138 curvas y 78 tangentes en 29 carreteras rurales de dos carriles en cinco estados de EE.UU.. Se están realizando más investigaciones para ampliar el modelo a fin de considerar una gama más amplia de condiciones de alineación horizontal y vertical.

Una vez explicado el significado de la consistencia, como se calibró el programa y de aportar parte de las reflexiones a las que llega la FHWA en cuanto al comportamiento de los conductores y los motivos que les lleva a ello, se va a proceder a la descripción del proceso en que se basa el IHSDM para estimar la consistencia.

Para evaluar el trazado en alzado, el programa IHSDM utiliza las ecuaciones TWOPAS. Con estas ecuaciones, se pueden predecir las velocidades que se ven limitadas por las pendientes que definen el trazado durante todo el recorrido del mismo, obteniendo un perfil de velocidades para el alzado.

El TWOPAS fue desarrollado por el Midwest Research Institute para la Federal Highway Administration (FHWA), que simula la operación del tránsito en carreteras de dos carriles (con o sin carriles auxiliares) mediante la revisión de la posición, velocidad y aceleración/deceleración y el avance de cada vehículo en la carretera a intervalos de un segundo. TWOPAS permite la simulación detallada, basada en las características del tránsito y de la carretera especificadas por el usuario, tales como geometría de las vías, restricciones de adelantamiento, presencia de carriles auxiliares, curvatura vertical u horizontal, control del tránsito o variables que influyen sobre la distancia de visibilidad.

Según el estudio realizado por la NCHRP (1998), TWOPAS fue utilizado para desarrollar el capítulo sobre capacidad y niveles de servicio en carreteras de dos carriles del HCM considerando como capacidad operativa del parque automotor de los EEUU los valores que se encuentran por omisión en el archivo de configuración del TAM, modulo del IHSDM (FHWA, 2013).

Para obtener los datos que se necesitan con respecto al trazado en alzado, primero hay que abrir el programa IHSDM y a continuación se pueden exportar los datos resultantes de la restitución del alzado que se necesitan introducir en él (recogidos en la tabla 3) en formato Excel o introducir los datos manualmente de cada elemento que conforma el trazado. Los datos que el programa demanda para calcular la velocidad de operación son:

1. Tipo de elemento
2. P.K. inicio
3. Pendiente de la tangente de entrada
4. Longitud de la tangente de entrada
5. Pendiente de la tangente de salida
6. Longitud de la pendiente de salida

Habiendo realizado los pasos anteriores correctamente, se procede a ejecutar la simulación para poder conseguir finalmente los datos referentes a la velocidad de operación en la carretera con respecto al alzado.

A continuación se aporta en la tabla 8 una muestra de algunos valores que se han obtenido finalmente con el programa IHSDM para conseguir la velocidad de operación para el trazado en alzado en todo el recorrido de la carretera CV-35 desde el pueblo de

Casinos hasta el pueblo de Tuéjar. Para más información se puede mirar en el anejo Datos del perfil de velocidad para el trazado en alzado.

Indicar que en los tramos con pendientes menores del 3,5% se han mantenido los valores de la velocidad de operación que se obtuvieron en planta con el programa perfil V85, ya que con pendientes menores no sufre modificación alguna en la velocidad, por tanto sólo se han visto modificados los tramos en los que si supera la pendiente limitante establecida.

**Tabla 8. Muestra datos obtenidos para velocidad de operación en alzado**

PK (m)	V85 Creciente (km/h)	V85 Creciente (m/s)
0,000	100,000	27,778
1,000	100,000	27,778
2,000	100,000	27,778
3,000	100,000	27,778
4,000	100,120	27,811
5,000	100,170	27,825
6,000	100,230	27,842
7,000	100,280	27,856
8,000	100,361	27,878
9,000	100,428	27,897
10,000	100,495	27,915
11,000	100,562	27,934
12,000	100,629	27,953
13,000	100,696	27,971
14,000	100,763	27,990
15,000	100,830	28,008
16,000	100,897	28,027
17,000	100,964	28,046
18,000	101,031	28,064
19,000	101,098	28,083
20,000	101,165	28,101
21,000	101,232	28,120
22,000	101,299	28,139
23,000	101,366	28,157

Una vez y se han obtenido los datos que se muestran en la tabla 8, se deben tratar los datos para seguir con el proceso de cálculo, ya que desde la velocidad de operación se debe obtener la aceleración y por consiguiente el tiempo que se tarda en todo el trazado de la carretera.

El procedimiento a seguir para el cálculo de la aceleración y el tiempo, es el mismo que se ha explicado en el apartado 6.2.1. para la velocidad de operación en planta, por lo tanto se procede a adjuntar directamente la tabla resultante.

**Tabla 9. Muestra de datos para la aceleración y el tiempo en el alzado**

PK (m)	V85 Creciente (km/h)	V85 Creciente (m/s)	a(m/s <sup>2</sup> )	a(m/h <sup>2</sup> )	t (s)
0,000	100,000	27,778	0,000	0,000	0,000
1,000	100,000	27,778	0,000	0,000	0,036
2,000	100,000	27,778	0,000	0,000	0,072
3,000	100,000	27,778	0,000	0,000	0,108
4,000	100,120	27,811	0,926	12,007	0,144
5,000	100,170	27,825	0,386	5,007	0,180
6,000	100,230	27,842	0,464	6,012	0,216
7,000	100,280	27,856	0,387	5,013	0,252
8,000	100,361	27,878	0,627	8,126	0,288
9,000	100,428	27,897	0,519	6,726	0,324
10,000	100,495	27,915	0,519	6,731	0,359
11,000	100,562	27,934	0,520	6,735	0,395
12,000	100,629	27,953	0,520	6,740	0,431
13,000	100,696	27,971	0,520	6,744	0,467
14,000	100,763	27,990	0,521	6,749	0,502
15,000	100,830	28,008	0,521	6,753	0,538
16,000	100,897	28,027	0,521	6,758	0,574
17,000	100,964	28,046	0,522	6,762	0,610
18,000	101,031	28,064	0,522	6,767	0,645
19,000	101,098	28,083	0,522	6,771	0,681
20,000	101,165	28,101	0,523	6,776	0,716
21,000	101,232	28,120	0,523	6,780	0,752
22,000	101,299	28,139	0,524	6,785	0,788
23,000	101,366	28,157	0,524	6,789	0,823
24,000	101,433	28,176	0,524	6,794	0,859
25,000	101,500	28,194	0,525	6,798	0,894
26,000	101,567	28,213	0,525	6,803	0,929
27,000	101,634	28,232	0,525	6,807	0,965
28,000	101,701	28,250	0,526	6,812	1,000
29,000	101,768	28,269	0,526	6,816	1,036
30,000	101,835	28,288	0,526	6,821	1,071
31,000	101,902	28,306	0,527	6,825	1,106

Cuando ya se tienen los datos de velocidad de operación (algunos mostrados en la tabla 8), se puede obtener un gráfico que represente la velocidad espacial para el trazado en alzado, la cual viene a mostrar los cambios de velocidad con respecto a la distancia al

origen de la vía estudiada, como se puede identificar perfectamente en la figura 7. Para más información se puede encontrar el gráfico ampliado en el Anejo 3 “Datos en alzado”.

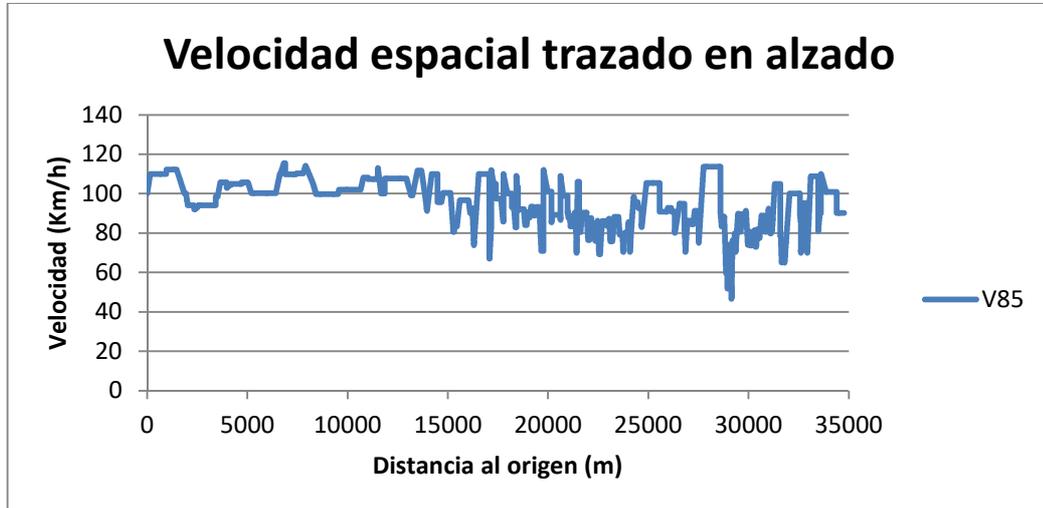


Figura 7. Velocidad espacial para el trazado en alzado

Para obtener la tabla con los valores que de información de la velocidad y la aceleración asociada al tiempo segundo a segundo, se toma como referencia el procedimiento explicado en el apartado anterior 6.2.1. y por tanto se procede a adjuntar la tabla 10 y la gráfica referente a la velocidad temporal para el trazado en alzado. Para más información se puede encontrar el gráfico ampliado en el Anejo 3 “Datos en alzado”.

Tabla 10. Muestra de datos obtenidos para el tiempo en alzado

PK	t (s)	V85 (km/h)	Aceleración (km/s <sup>2</sup> )	Aceleración (km/h/s)
0	0,000	100,000	0,000	0,000
27	1,000	101,701	0,000	0,000
56	2,000	103,577	0,000	0,000
84	3,000	105,520	0,000	0,000
113	4,000	107,530	0,386	1,391
143	5,000	109,540	0,387	1,392
173	6,000	110,000	0,519	1,870
203	7,000	110,000	0,521	1,875
234	8,000	110,000	0,522	1,880
265	9,000	110,000	0,523	1,883
296	10,000	110,000	0,524	1,886
327	11,000	110,000	0,525	1,888
358	12,000	110,000	0,525	1,890
389	13,000	110,000	0,525	1,891

PK	t (s)	V85 (km/h)	Aceleración (km/s <sup>2</sup> )	Aceleración (km/h/s)
452	15,000	110,000	0,526	1,893
483	16,000	110,000	0,527	1,896
514	17,000	110,000	0,528	1,900

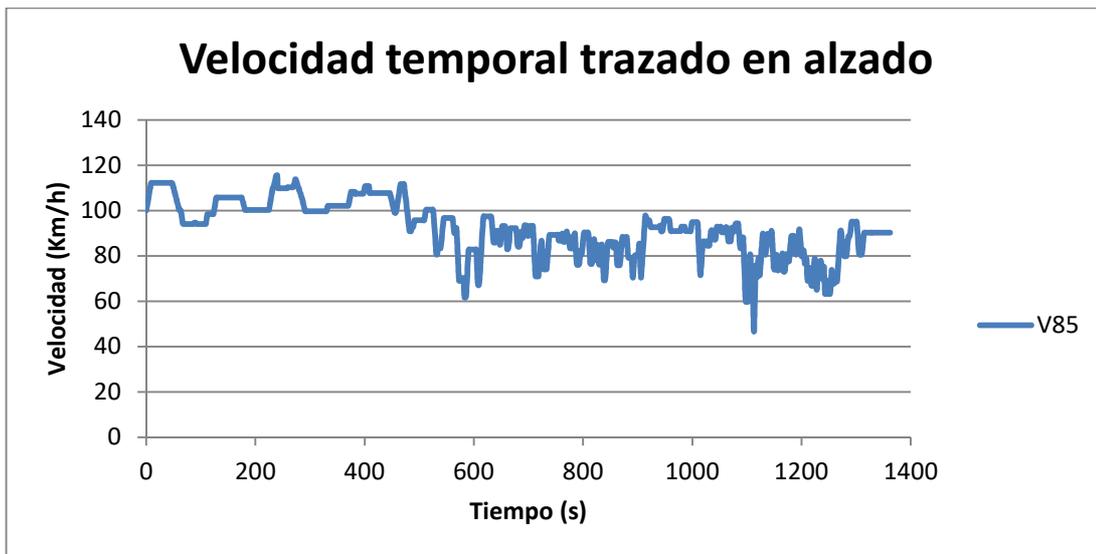


Figura 8. Velocidad temporal para el trazado en alzado

### 6.2.3. Velocidad de operación combinación planta-alzado

Los datos que se necesitan para poder calcular el CO<sub>2</sub> producido, para este trabajo, son la combinación de los resultados obtenidos en la velocidad de operación en planta y en alzado. Es por ello que se deben tratar los datos obtenidos por ambos estudios y definir la velocidad operacional conjunta y definitiva.

Para obtener la combinación, se deben comparar los resultados obtenidos de la velocidad de operación en planta y en alzado en cada punto kilométrico y de ambos elegir el valor más bajo. Esto se ha hecho en una hoja de Excel, haciendo uso de la función MIN para que devuelva el valor mínimo de los datos comparados. Esta se ejecuta indicando como argumentos las celdas que se desean equiparar y ya en la celda seleccionada aparecerá el valor numérico correspondiente que se está buscando.

A continuación se aporta en la tabla 11 una muestra de algunos valores que se han obtenido finalmente con el Excel y la función MIN para conseguir la velocidad de operación combinada del trazado en planta y en alzado en todo el recorrido de la carretera CV-35 desde el pueblo de Casinos hasta el pueblo de Tújar. Para más información se puede mirar en el Anejo 5 "Datos para la combinación planta - alzado.

**Tabla 11. Muestra de la velocidad operacional combinada de planta-alzado**

PK (m)	V85 Creciente (km/h)
0,000	100,000
1,000	100,000
2,000	100,000
3,000	100,000
4,000	100,000
5,000	100,000
6,000	100,000
7,000	100,052
8,000	100,103
9,000	100,155
10,000	100,206
11,000	100,258
12,000	100,309
13,000	100,361
14,000	100,412
15,000	100,463
16,000	100,515
17,000	100,566
18,000	100,617
19,000	100,669
20,000	100,720
21,000	100,771
22,000	100,822
23,000	100,873
24,000	100,925
25,000	100,976
26,000	101,027
27,000	101,078
28,000	101,129
29,000	101,180
30,000	101,231
31,000	101,282
32,000	101,333
33,000	101,384
34,000	101,435
35,000	101,486
36,000	101,536
37,000	101,587
38,000	101,638
39,000	101,689
40,000	101,739

Tras obtener las velocidades de operación en cada punto kilométrico, se puede obtener el perfil de velocidad operacional espacial combinada, el cual se puede ver en la figura 9. Para poder ver el perfil con mayor detalle se puede explorar en el Anejo 5 "Datos para la combinación planta - alzado.

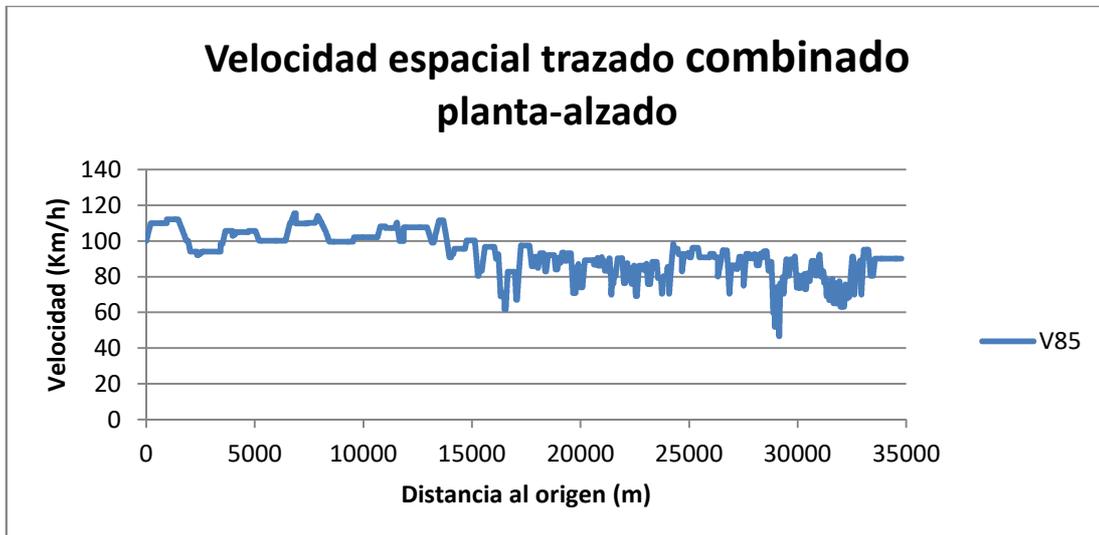


Figura 9. Velocidad espacial combinación planta-alzado

A partir de los datos de la tabla 11, se pueden obtener los valores que hacen referencia a la aceleración y al tiempo transcurrido en cada punto. Para ello se hace un cambio de unidades en la velocidad y desde ahí se parte para el cálculo de la aceleración y posteriormente obtener el tiempo que ha discurrido desde que se inicia el recorrido, es decir, desde el P.K. 0+000 hasta el P.K. 34+768.

El procedimiento para la obtención final de la aceleración y el tiempo se ha hecho con la función condicional "SI" de Excel. Se ha hecho uso de esta condición para obtener la velocidad con el cambio de unidades, la aceleración y el tiempo, ya que estaban calculadas en otras hojas de Excel. Lo que se pretende es aprovechar que ya están resueltas y con la condicional expresar que se escoja la velocidad (con cambio de unidades), la aceleración y el tiempo asociados a la velocidad que se ha escogido tras la comparativa realizada en el paso anterior (escoger la velocidad operacional mínima entre la de la planta y la del alzado) y plasmarlo en las celdas indicadas.

A continuación se añade la tabla 12, donde se da una muestra de algunos valores que se han obtenido con el Excel y la función SI (condicional) para conseguir la velocidad de operación combinada del trazado en planta y en alzado en todo el recorrido analizado. Para más información se puede mirar en el Anejo 5 "Datos para la combinación planta - alzado.

**Tabla 12. Muestra de los datos de la velocidad operacional combinada en planta-alzado**

PK (m)	V85 Creciente (km/h)	V85 Creciente (m/s)	a(m/s <sup>2</sup> )	a(m/h <sup>2</sup> )	t (s)
0,000	100,000	27,778	0,000	0,000	0,000
1,000	100,000	27,778	0,000	0,000	0,036
2,000	100,000	27,778	0,000	0,000	0,072
3,000	100,000	27,778	0,000	0,000	0,108
4,000	100,000	27,778	0,000	0,000	0,144
5,000	100,000	27,778	0,000	0,000	0,180
6,000	100,000	27,778	0,000	0,000	0,216
7,000	100,052	27,792	0,398	5,160	0,252
8,000	100,103	27,806	0,398	5,160	0,288
9,000	100,155	27,821	0,398	5,160	0,324
10,000	100,206	27,835	0,398	5,160	0,360
11,000	100,258	27,849	0,398	5,160	0,396
12,000	100,309	27,864	0,398	5,160	0,432
13,000	100,361	27,878	0,398	5,160	0,468
14,000	100,412	27,892	0,398	5,160	0,503
15,000	100,463	27,906	0,398	5,160	0,539
16,000	100,515	27,921	0,398	5,160	0,575
17,000	100,566	27,935	0,398	5,160	0,611
18,000	100,617	27,949	0,398	5,160	0,647
19,000	100,669	27,964	0,398	5,160	0,682
20,000	100,720	27,978	0,398	5,160	0,718
21,000	100,771	27,992	0,398	5,160	0,754
22,000	100,822	28,006	0,398	5,160	0,790
23,000	100,873	28,020	0,398	5,160	0,825
24,000	100,925	28,035	0,398	5,160	0,861
25,000	100,976	28,049	0,398	5,160	0,897
26,000	101,027	28,063	0,398	5,160	0,932
27,000	101,078	28,077	0,398	5,160	0,968
28,000	101,129	28,091	0,398	5,160	1,004
29,000	101,180	28,106	0,398	5,160	1,039
30,000	101,231	28,120	0,398	5,160	1,075
31,000	101,282	28,134	0,398	5,160	1,110
32,000	101,333	28,148	0,398	5,160	1,146
33,000	101,384	28,162	0,398	5,160	1,181
34,000	101,435	28,176	0,398	5,160	1,217
35,000	101,486	28,190	0,398	5,160	1,252
36,000	101,536	28,205	0,398	5,160	1,288
37,000	101,587	28,219	0,398	5,160	1,323
38,000	101,638	28,233	0,398	5,160	1,359
39,000	101,689	28,247	0,398	5,160	1,394
40,000	101,739	28,261	0,398	5,160	1,429

Cuando ya se disponen de los datos mostrados en la tabla 12, se tienen que obtener la velocidad y la aceleración asociada al tiempo en segundo a segundo, como ya se ha indicado en el apartado 6.2.1.. Es por ello que se aporta una muestra de los datos que se tienen de esas variables en función del tiempo transcurrido segundo a segundo en la tabla 13. Para más información se puede mirar en el Anejo 5 "Datos para la combinación planta - alzado.

**Tabla 13. Muestra de los datos de velocidad y aceleración en función del tiempo transcurrido segundo a segundo para combinación planta-alzado**

PK	t (s)	V85 (km/h)	Aceleración (m/s <sup>2</sup> )	Aceleración (km/h/s)
0	0,000	100,000	0,000	0,000
27	1,000	101,078	0,398	1,433
56	2,000	102,548	0,398	1,433
84	3,000	103,947	0,398	1,433
113	4,000	105,377	0,398	1,433
143	5,000	106,836	0,398	1,433
173	6,000	108,276	0,398	1,433
203	7,000	109,696	0,398	1,433
236	8,000	110,000	0,000	0,000
267	9,000	110,000	0,000	0,000
298	10,000	110,000	0,000	0,000
328	11,000	110,000	0,000	0,000
359	12,000	110,000	0,000	0,000
389	13,000	110,000	0,000	0,000
420	14,000	110,000	0,000	0,000
450	15,000	110,000	0,000	0,000
481	16,000	110,000	0,000	0,000
511	17,000	110,000	0,000	0,000
542	18,000	110,000	0,000	0,000
573	19,000	110,000	0,000	0,000
603	20,000	110,000	0,000	0,000
634	21,000	110,000	0,000	0,000
664	22,000	110,000	0,000	0,000
695	23,000	110,000	0,000	0,000
725	24,000	110,000	0,000	0,000
756	25,000	110,000	0,000	0,000
786	26,000	110,000	0,000	0,000
817	27,000	110,000	0,000	0,000
848	28,000	110,000	0,000	0,000
878	29,000	110,000	0,000	0,000
909	30,000	110,000	0,000	0,000
939	31,000	110,000	0,000	0,000
970	32,000	112,164	0,000	0,000

Tras tener los datos que se muestran en la tabla 13, se puede generar el perfil de velocidad operacional temporal combinada del trazado en planta y el alzado, quedando reflejado en la figura 10. Para poder ver el perfil con mayor detalle se puede explorar en el Anejo 5 "Datos para la combinación planta - alzado.

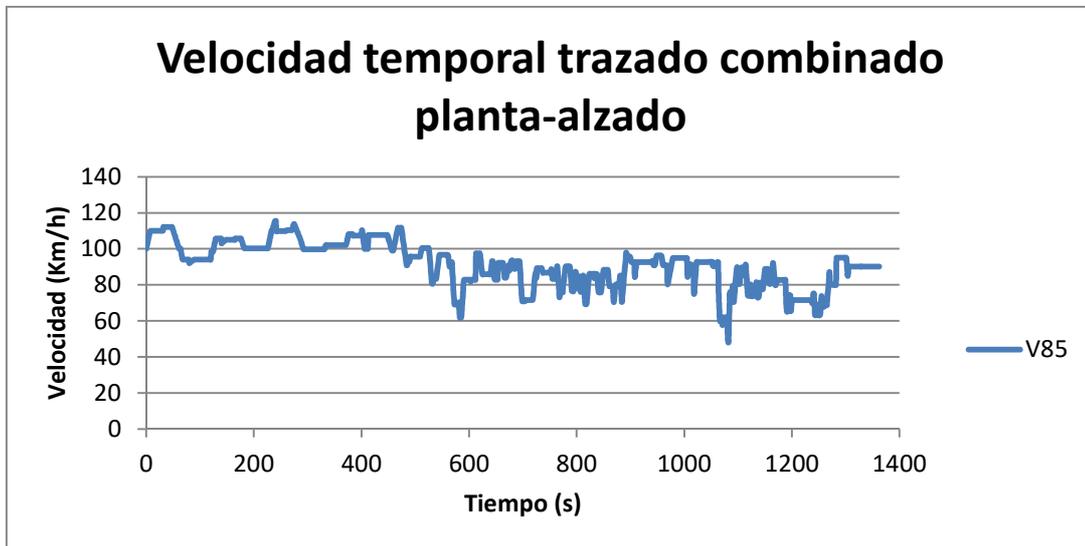


Figura 10. Velocidad temporal combinación planta-alzado

### 6.3. Aplicación del software y obtención de la huella de carbono

Habiendo llegado a este punto, con la obtención de los datos mencionados en los apartados antecesores, se debe realizar un tratamiento de los datos para poder obtener finalmente los resultados correspondientes a la producción de CO<sub>2</sub> por un vehículo tipo en la carretera CV-35 desde Casinos hasta Túejar.

Para ello se debe utilizar el programa VT-micro (del cual se hace mención en el punto 5.2.) y no se trata de un software con capacidad de funcionar por sí solo, es dependiente de la interfaz de otro programa. Para este caso el programa principal que se va a utilizar para ejecutar el VT-micro se trata del Matlab.

El programa MATLAB fue creado por una empresa privada que se fundó en el año 1984, llamada MathWorks, y es la líder en desarrollo de software de cálculo matemático. Este es un software muy conocido y en el que confían tantos ingenieros y científicos de todo el mundo para realizar sus investigaciones, innovaciones y avanzar en el desarrollo.

MATLAB (MATrix LABoratory) es el lenguaje del cálculo técnico aplicado a un entorno de programación para el desarrollo de algoritmos, el análisis y la visualización de datos y el

cálculo numérico. Es un programa orientado al cálculo con matrices, al que se reducen muchos de los algoritmos que resuelven problemas de Matemática Aplicada e Ingeniería.

MATLAB ofrece un entorno interactivo sencillo mediante una ventana en la que se puede introducir órdenes en modo texto y en la que aparecen los resultados. Los gráficos se muestran en ventanas independientes. Cada ventana dispone de una barra de menús que controla su funcionalidad.

El software MATLAB se ha descargado desde la web de la Universidad Politécnica de Valencia, en el apartado de descarga de programas para estudiantes (<https://software.upv.es/>) y una vez que se ha procedido a la descarga e instalación del mismo, se inicia la descarga del VT-Micro en la web aportada por el tutor (<https://sites.google.com/a/vt.edu/hrakha/software>) y a continuación se instala.

Para comenzar con el procedimiento de cálculo del CO<sub>2</sub> que produce un vehículo tipo, hay que ejecutar el MATLAB y desde ahí iniciar la apertura del archivo que se ha descargado con el nombre VTMicro.p. El programa se inicia con una interfaz característica, que se muestra en la figura 11, y en la que hay que seleccionar tres campos para obtener los resultados que se buscan, los cuales son:

1. Seleccionar el tipo de vehículo (Select Vehicle Type): Tiene 14 tipos de vehículos que se pueden elegir (ORNL, LDV1, LDV2, LDV3, LDV4, LDV5, LDT1, LDT2, HEV1, HEV2, HEV3, HEV4, TRUCK, BUS ), pero para este trabajo se necesitan el LDV1 (vehículos ligeros de tipo 1) y el HEV1 (Vehículos pesados de tipo 1).
2. Seleccionar la variable de salida (Select output MOE): Tiene 6 variables para elegir los datos de salida que se quieren obtener, 5 de ellas son emisiones contaminantes dadas en gramos/segundo (HC,CO, NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>, PM) y la que falta se refiere al consumo de combustible del tipo de vehículo seleccionado en el punto anterior, segundo a segundo, dada en litros/segundo. Para este trabajo se va a utilizar la variable de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).
3. Seleccionar como se quieren los datos de salida (Output option): Hay dos opciones que se pueden elegir, en forma de fichero (File) y en espacio de trabajo base (Base Workspace).
4. Seleccionar archivo de entrada (Open file): Los datos de entrada que pide el programa son el tiempo (s), la velocidad (Km/h) y la aceleración (Km/h/s) y se deben introducir en formato .csv. Los archivos CSV (*comma separated values*) son un tipo de documento en formato abierto sencillo para representar datos en forma de tabla, en las que las columnas se separan por comas (o punto y coma en donde la coma es el separador decimal) y las filas por saltos de línea.

Estos datos se introducen a través de una hoja de cálculo de Excel, se deben guardar en el formato indicado y ya estaría listo para abrir desde el programa.

Tras haber guardado en Excel en formato .csv, hay que cerciorarse de que el formato en el que se ha guardado es el idóneo para trabajar desde el VT-micro, porque sino no se abrirá desde el programa. Esto se puede comprobar desde la herramienta que ofrece el sistema operativo Windows “Block de notas” o cualquier otra que sirva para las mismas funciones.

5. Ejecutar modelo VT-micro (Run VT-Micro model): Se clicla en este botón para ejecutar el programa y poder obtener los resultados que se requieren.

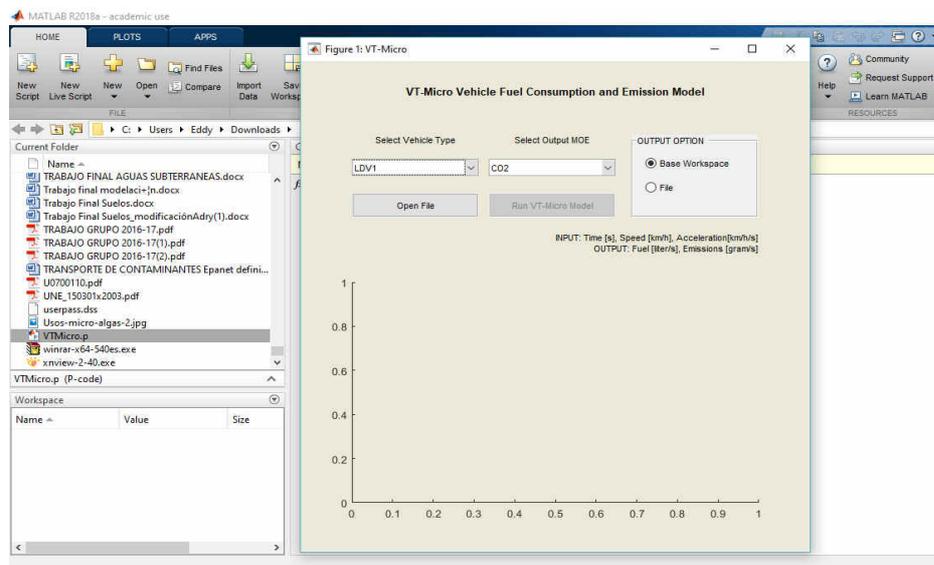


Figura 11. Interfaz del programa VT-micro.

Tras realizar el paso 5, ha ocurrido un fallo al intentar utilizar la opción “File”, indicada en el paso 3, y no generaba el fichero que se requería, por lo tanto se eligió “Base Workspace” y para obtener los datos que se necesitan se tuvo que recurrir a la base del programa, que es Matlab. Se debe ir al espacio de trabajo (workspace) del Matlab y se puede encontrar la nomenclatura “MOE (figura 12), se clicla sobre él y en el espacio derecho aparece “Variables MOE” y ahí se clicla sobre CO<sub>2</sub> (como aparece en la figura 13), apareciendo los datos de producción de CO<sub>2</sub> por segundo durante todo el recorrido. Estos datos se seleccionan y se copian en un archivo Excel.

Con este proceso se van obteniendo los datos que se necesitan para los diferentes casos que se proponen.

Estudio del efecto del trazado en planta y alzado en la determinación unitaria, en flujo libre, de la huella de carbono asociada a la circulación de vehículos en el tramo Casinos - Tuéjar de la Carretera CV-35 (Valencia).

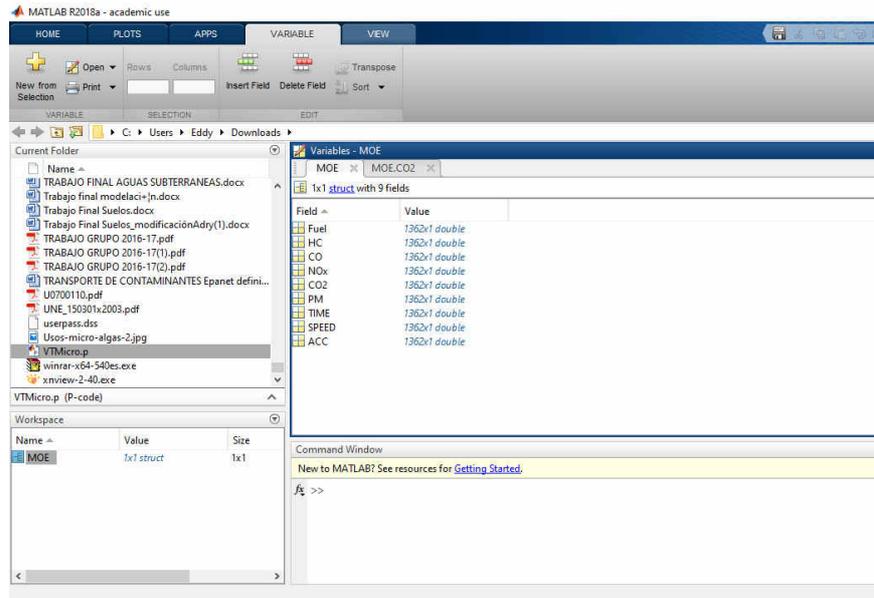


Figura 12. Interfaz del programa Matlab - MOE.

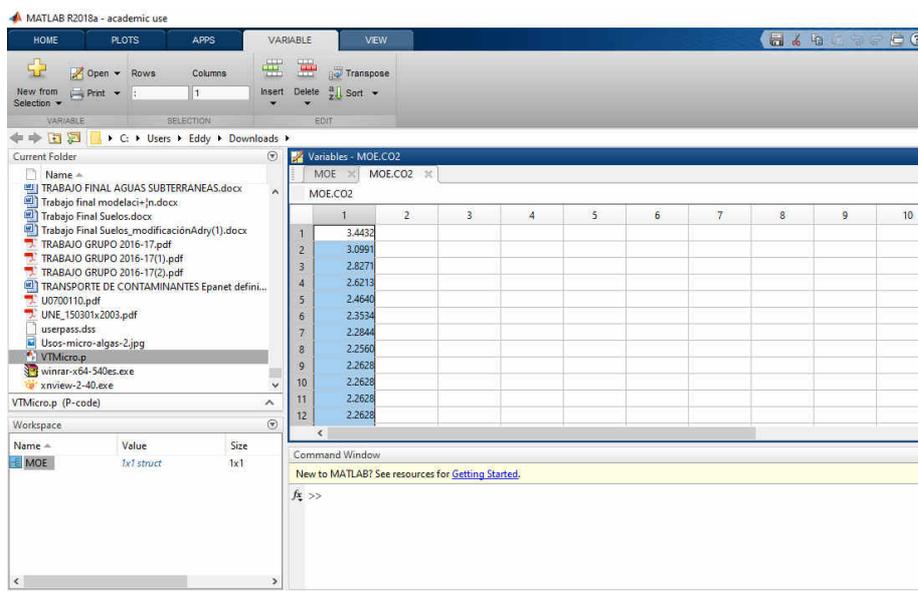


Figura 13. Interfaz del programa Matlab – CO<sub>2</sub>.

### 6.3.1. Huella de carbono del trazado en planta

Para obtener la huella de carbono asociada al trazado en planta del tramo que se ha descrito en apartados anteriores, se ha introducido los datos referentes a la tabla 7 (tiempo, velocidad y aceleración) en formato .csv en el programa VT-micro y este a su vez los asimila y los registra en una gráfica. En esta gráfica, adjuntada en la figura 14, representa la velocidad frente al tiempo, lo cual indica que el formato de los datos introducidos están en condiciones de ser tratados.

Estudio del efecto del trazado en planta y alzado en la determinación unitaria, en flujo libre, de la huella de carbono asociada a la circulación de vehículos en el tramo Casinos - Tuéjar de la Carretera CV-35 (Valencia).

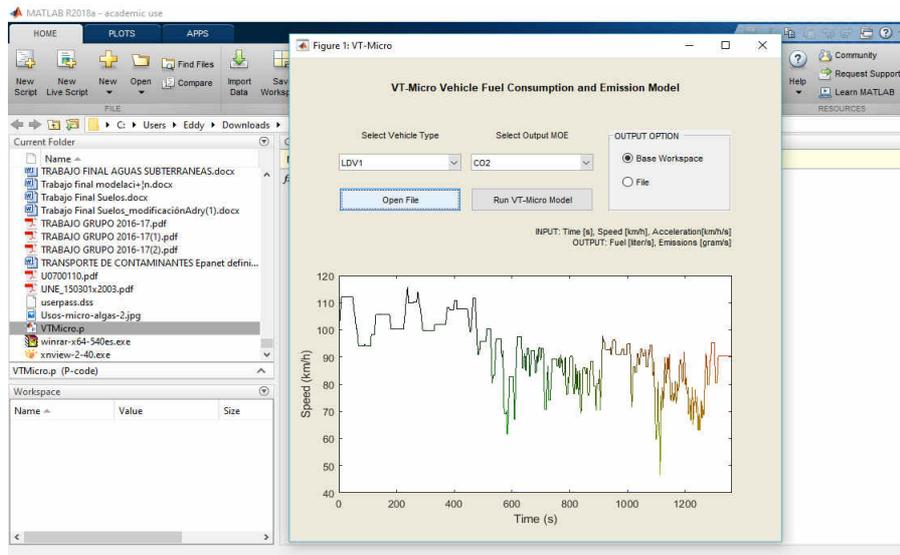


Figura 14. Interfaz del programa VT-micro, gráfica velocidad Vs. tiempo para trazado en planta y un vehículo ligero (LDV1)

Al ejecutar el programa en “Run VT-micro model”, este trabaja con los datos que se le ha suministrado y mediante modelización calcula la producción de CO<sub>2</sub> que genera por la circulación de un vehículo ligero dadas solamente las características geométricas en planta. Esto se hace efectivo mediante una gráfica que representa el CO<sub>2</sub> producido Vs. El tiempo transcurrido desde el inicio del recorrido del tramo elegido, como se puede ver en la figura 15.

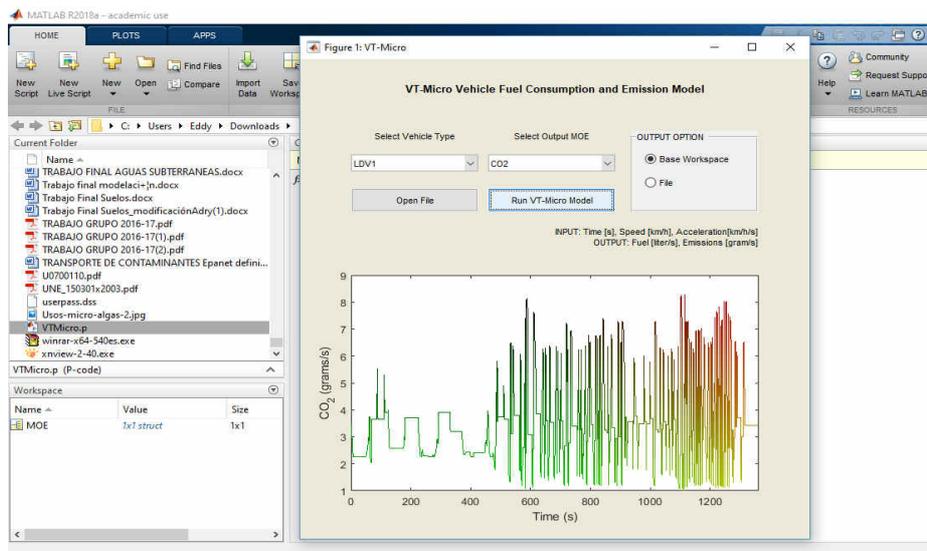


Figura 15. Interfaz del programa VT-micro, gráfica CO2 Vs. tiempo para trazado en planta y un vehículo ligero (LDV1)

Además se ha obtenido los datos en formato número, con los que se han representado la gráfica de la figura 14. En la tabla 14 se muestra algunos de los valores que se han obtenido con el programa. Para más información se puede mirar en el Anejo 6 “Datos de la producción de CO<sub>2</sub>”.

**Tabla 14. Muestra de los datos de CO<sub>2</sub> producido en función del tiempo transcurrido segundo a segundo para un vehículo ligero en trazado en planta**

T (s)	CO <sub>2</sub> (gr)
1	3,443
2	3,099
3	2,827
4	2,621
5	2,464
6	2,353
7	2,284
8	2,256
9	2,263
10	2,263
11	2,263
12	2,263
13	2,263
14	2,263
15	2,263
16	2,263
17	2,263
18	2,263
19	2,263
20	2,263
21	2,263
22	2,263
23	2,263
24	2,263
25	2,263
26	2,263
27	2,263
28	2,263
29	2,263
30	2,263
31	2,263
32	2,263
33	2,263
34	2,263

Tras obtener cuanto CO<sub>2</sub> se produce segundo a segundo, a lo largo de todo el recorrido, se puede obtener el gráfico que genera el VT-micro de la figura 15, representando el CO<sub>2</sub> Vs. el tiempo. El gráfico aportado en la figura 16, da una visión más específica de lo que ocurre que la que se puede apreciar en la figura 15. Para poder ver el gráfico con mayor detalle se puede explorar en el Anejo 6 “Datos de la producción de CO<sub>2</sub>”.

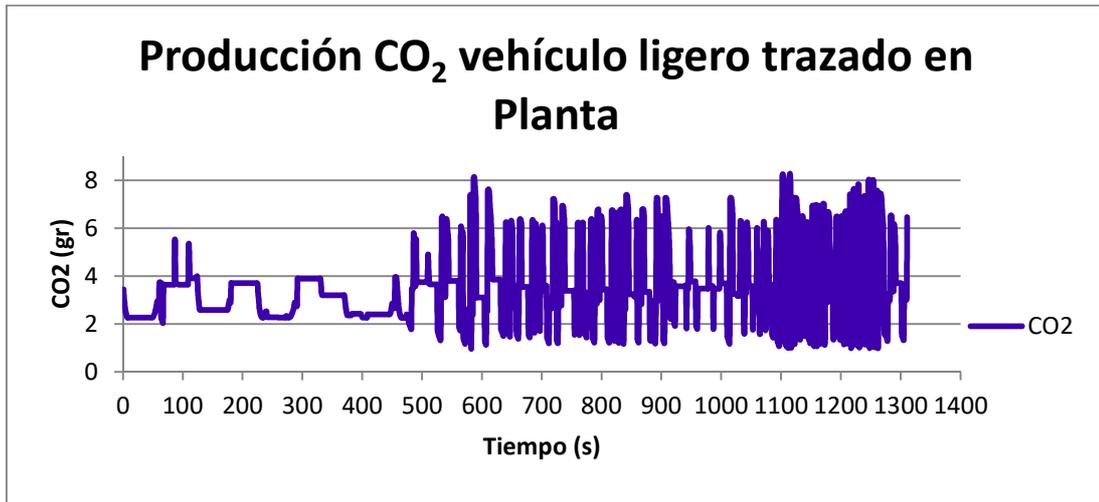


Figura 16. Gráfica CO<sub>2</sub> Vs. tiempo para trazado en planta y un vehículo ligero (LDV1)

Una vez y se hayan obtenido estos datos, se puede correlacionar con los PKs asociados a cada segundo, como se puede ver en la tabla 7. Siendo posible conocer la cantidad de CO<sub>2</sub> que se produce en cada punto kilométrico de la carretera, como se puede apreciar en la figura 17.

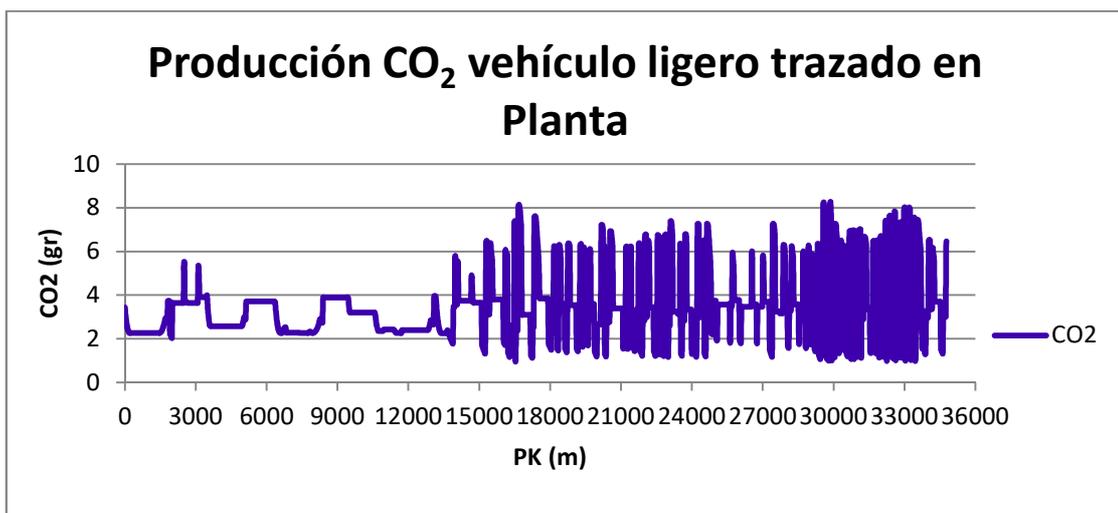


Figura 17. Gráfica CO<sub>2</sub> Vs. PK para trazado en planta y un vehículo ligero (LDV1)

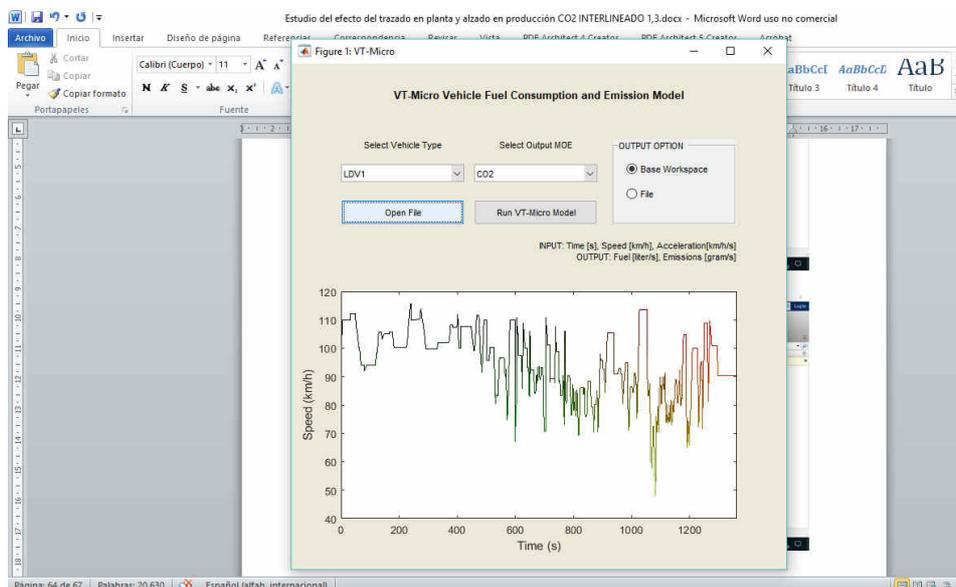
Dados la totalidad de los datos que se aportan en el Anejo 6 “Datos de la producción de CO<sub>2</sub>”, se puede obtener la producción total de CO<sub>2</sub> por un vehículo ligero al circular por esta vía, teniendo en cuenta las características geométricas del trazado en planta. Siendo este dato el que se muestra en la tabla 15 en gramos.

**Tabla 15. CO<sub>2</sub> total producido, dadas las características en planta, por un vehículo ligero (LDV1)**

CO <sub>2</sub> (gr)
4531,129

### 6.3.2. Huella de carbono del trazado en alzado

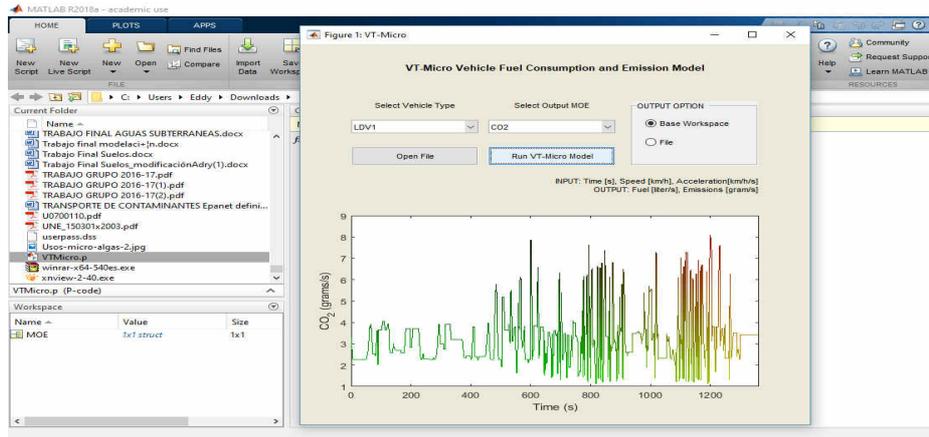
Para obtener la huella de carbono asociada al trazado en alzado del tramo de carretera, se ha introducido los datos referentes a la tabla 10 (tiempo, velocidad y aceleración) en formato .csv en el programa VT-micro y este lo representa en una gráfica, adjuntada en la figura 18, interpretando la velocidad frente al tiempo, lo cual indica que el formato de los datos introducidos están en condiciones de ser tratados.



**Figura 18. Interfaz del programa VT-micro, gráfica velocidad Vs. tiempo para trazado en alzado y un vehículo ligero (LDV1)**

Al clicar en “Run VT-micro model”, este programa trabaja con los datos que se le ha suministrado y calcula la producción de CO<sub>2</sub> que genera por la circulación de un vehículo ligero dadas solamente las características geométricas en alzado. Esto se hace efectivo mediante una gráfica que representa el CO<sub>2</sub> producido Vs. el tiempo transcurrido desde el inicio del recorrido, como se puede ver en la figura 19.

Estudio del efecto del trazado en planta y alzado en la determinación unitaria, en flujo libre, de la huella de carbono asociada a la circulación de vehículos en el tramo Casinos - Tuéjar de la Carretera CV-35 (Valencia).



**Figura 19. Interfaz del programa VT-micro, gráfica CO<sub>2</sub> Vs. tiempo para trazado en alzado y un vehículo ligero (LDV1)**

Además también se obtienen los datos en formato número, con los que se han representado la gráfica de la figura 19. En la tabla 16 se muestra algunos de los valores que se han obtenido con el programa. Para más información se puede mirar en el Anejo 6 “Datos de la producción de CO<sub>2</sub>”.

**Tabla 16. Muestra de los datos de CO<sub>2</sub> producido en función del tiempo transcurrido segundo a segundo para un vehículo ligero en trazado en alzado**

T (s)	CO <sub>2</sub> (gr)
1	3,294
2	2,899
3	2,610
4	2,409
5	2,292
6	2,276
7	2,276
8	2,276
9	2,276
10	2,276
11	2,276
12	2,276
13	2,276
14	2,276
15	2,276
16	2,276
17	2,276
18	2,276
19	2,276

Tras obtener cuanto CO<sub>2</sub> se produce segundo a segundo, a lo largo de todo el recorrido, se obtiene el gráfico aportado en la figura 20 (es el mismo que dibuja el programa en la figura 18), el cual da una visión más específica de lo que ocurre que la que se puede apreciar en la figura 18. Para poder ver el gráfico con mayor detalle se puede explorar en el Anejo 6 “Datos de la producción de CO<sub>2</sub>”.

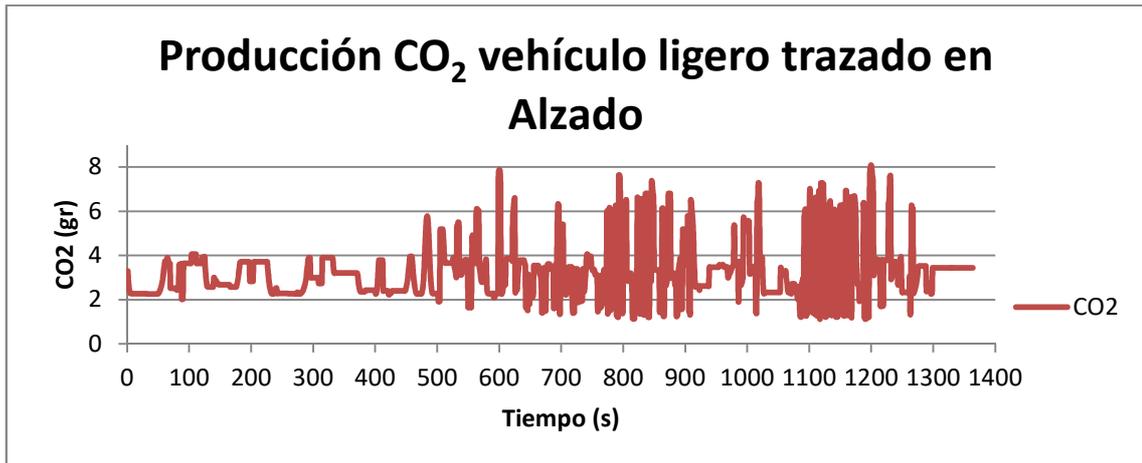


Figura 20. Gráfica CO<sub>2</sub> Vs. tiempo para trazado en alzado y un vehículo ligero (LDV1)

Una vez y se hayan obtenido estos datos, se puede correlacionar con los PKs asociados a cada segundo, como se puede ver en la tabla 10. Siendo posible conocer la cantidad de CO<sub>2</sub> que se produce en cada punto kilométrico de la carretera, como se puede apreciar en la figura 21.

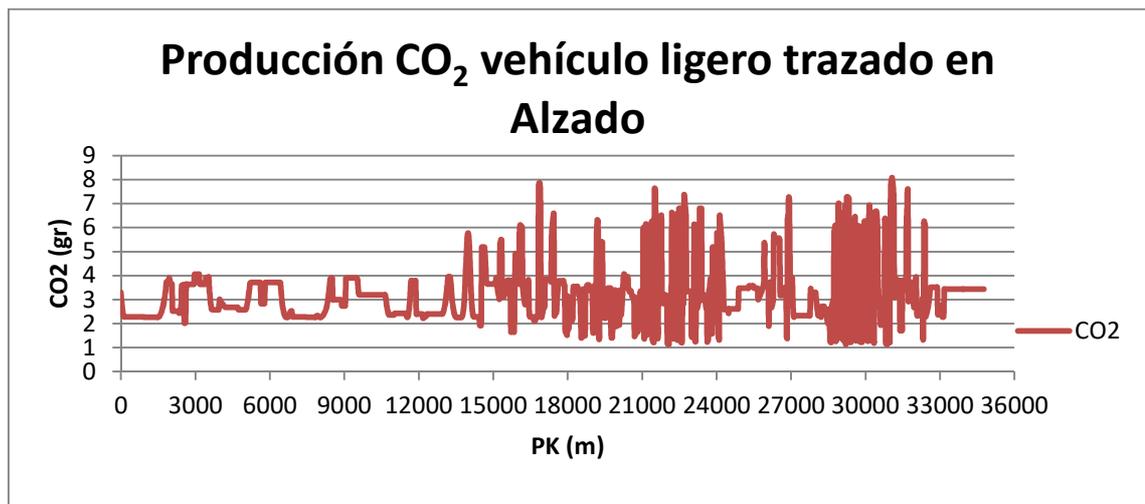


Figura 21. Gráfica CO<sub>2</sub> Vs. PK para trazado en alzado y un vehículo ligero (LDV1)

Dados la totalidad de los datos que se aportan en el Anejo 6 “Datos de la producción de CO<sub>2</sub>”, se puede obtener la producción total de CO<sub>2</sub> por un vehículo ligero al circular por

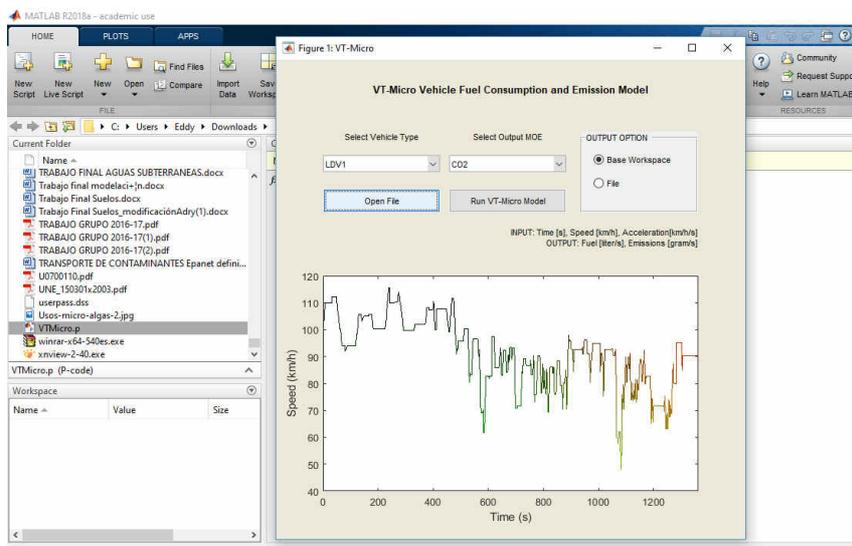
esta vía, teniendo en cuenta las características geométricas del trazado en alzado. Siendo este dato el que se muestra en la tabla 17 en gramos.

**Tabla 17. CO<sub>2</sub> total producido, dadas las características en alzado, por un vehículo ligero (LDV1)**

CO <sub>2</sub> (gr)
4420,770

### 6.3.3. Huella de carbono de la combinación planta-alzado

Para obtener la huella de carbono asociada a la combinación del trazado en planta y en alzado del tramo de carretera, se ha introducido los datos referentes a la tabla 13 (tiempo, velocidad y aceleración) en formato .csv en el programa VT-micro y este a su vez los asimila y los registra en una gráfica. En esta gráfica, adjuntada en la figura 21, representa la velocidad frente al tiempo, lo cual indica que el formato de los datos introducidos están en condiciones de ser tratados.



**Figura 22. Interfaz del programa VT-micro, gráfica velocidad Vs. tiempo para combinación planta-alzado y un vehículo ligero (LDV1)**

Como se ha explicado en los apartados 6.3.1. y 6.3.2., se ejecuta el programa y se genera la gráfica que se muestra en la figura 23.

Estudio del efecto del trazado en planta y alzado en la determinación unitaria, en flujo libre, de la huella de carbono asociada a la circulación de vehículos en el tramo Casinos - Tuéjar de la Carretera CV-35 (Valencia).

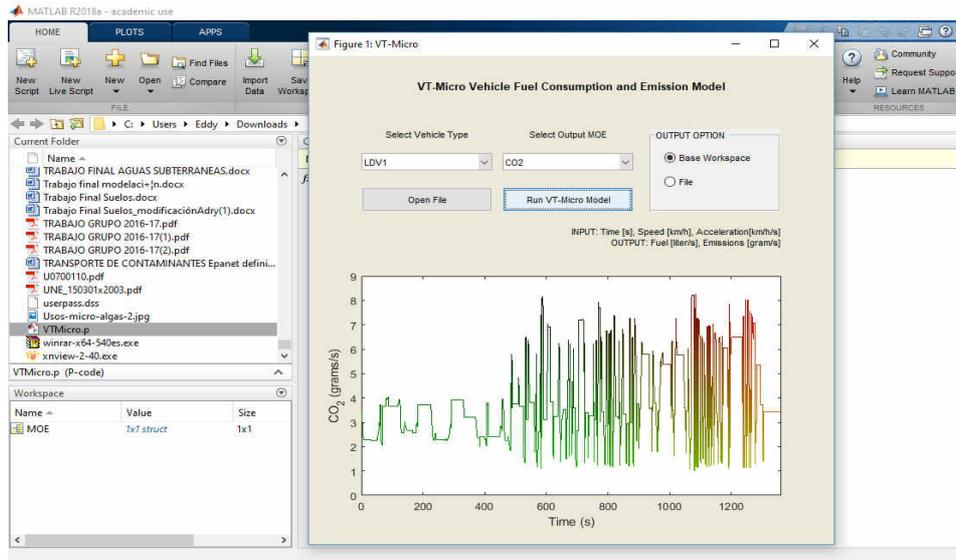


Figura 23. Interfaz del programa VT-micro, gráfica CO<sub>2</sub> Vs. tiempo para combinación planta-alzado y un vehículo ligero (LDV1)

Además se aporta también los datos en formato número recogidos en la tabla 16, en la cual se muestran algunos de los valores que se han obtenido con el programa. Para más información se puede mirar en el Anejo 6 “Datos de la producción de CO<sub>2</sub>”.

Tabla 18. Muestra de los datos de CO<sub>2</sub> producido en función del tiempo transcurrido segundo a segundo para un vehículo ligero en combinación del trazado en planta y en alzado

T (s)	CO <sub>2</sub> (gr)		
	Planta	Alzado	Combinación
1	3,443	3,294	3,457
2	3,099	2,899	3,099
3	2,827	2,610	2,835
4	2,621	2,409	2,628
5	2,464	2,292	2,468
6	2,353	2,276	2,356
7	2,284	2,276	2,286
8	2,256	2,276	2,276
9	2,263	2,276	2,276
10	2,263	2,276	2,276
11	2,263	2,276	2,276
12	2,263	2,276	2,276
13	2,263	2,276	2,276
14	2,263	2,276	2,276

Dado el gráfico que genera el VT-micro de la figura 23, representando el CO<sub>2</sub> Vs. el tiempo y que no se aprecia bien los resultados, se aporta el gráfico de la figura 24, generado directamente de los datos numéricos de la tabla 16, dando una visión más específica de lo que ocurre. Para poder ver el gráfico con mayor detalle se puede explorar en el Anejo 6 “Datos de la producción de CO<sub>2</sub>”.

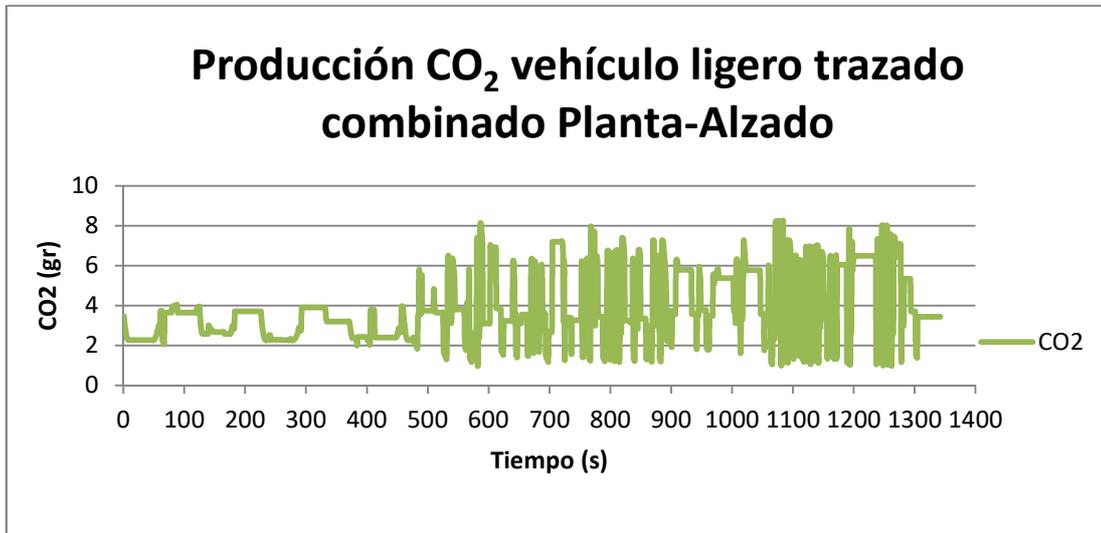


Figura 24. Gráfica CO<sub>2</sub> Vs. tiempo para combinación planta-alzado y un vehículo ligero (LDV1)

Como se ha descrito en el apartado 6.3.1., se correlaciona el tiempo y el CO<sub>2</sub> con los PKs de la tabla 13, siendo posible conocer la cantidad de CO<sub>2</sub> que se produce en cada punto kilométrico de la carretera, como se puede apreciar en la figura 25.

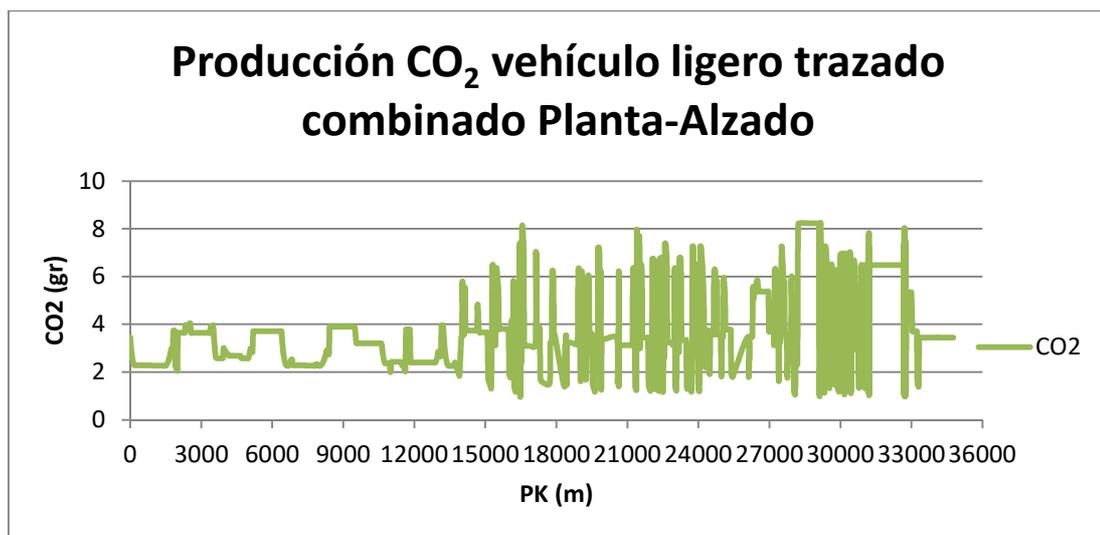


Figura 25. Gráfica CO<sub>2</sub> Vs. tiempo para combinación planta-alzado y un vehículo ligero (LDV1)

Dados la totalidad de los datos que se aportan en el Anejo 6 “Datos de la producción de CO<sub>2</sub>”, se puede obtener la producción total de CO<sub>2</sub> por un vehículo ligero al circular por esta vía, teniendo en cuenta las características geométricas del trazado en alzado. Siendo este dato el que se muestra en la tabla 19 en gramos.

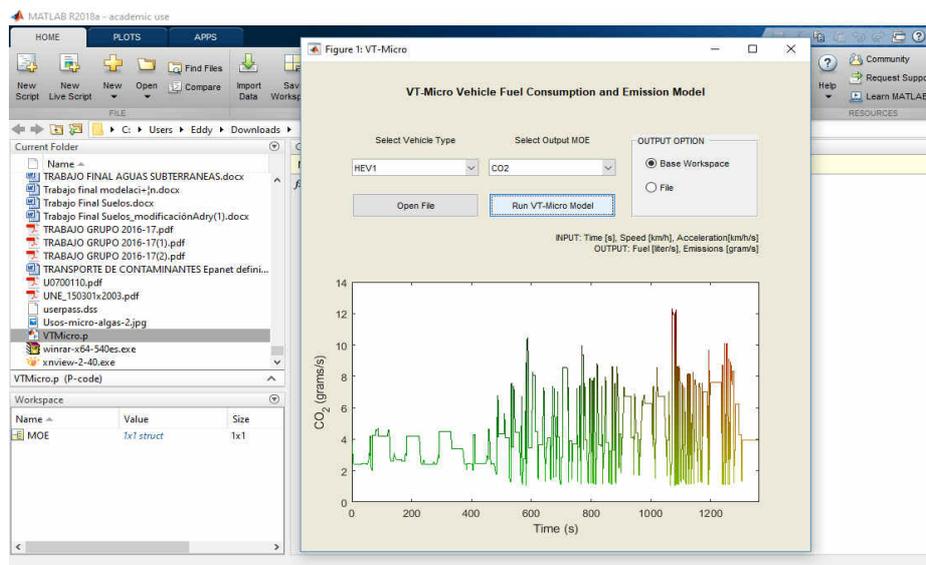
**Tabla 19. CO<sub>2</sub> total producido, dadas las características de la combinación de trazado en planta y en alzado, por un vehículo ligero (LDV1)**

CO <sub>2</sub> (gr)
5093,635

#### 6.3.4. Combinación planta-alzado vehículo pesado

Para obtener la huella de carbono asociada a la combinación del trazado en planta y en alzado del tramo de carretera por la circulación de un vehículo pesado, se ha introducido los mismos datos que en el apartado anterior, 6.3.3.. Es por eso que la gráfica que representa el programa de velocidad frente al tiempo es la misma que en ese apartado, la figura 22.

El programa VT-micro calcula la producción de CO<sub>2</sub> que se genera por la circulación de un vehículo pesado dadas las características geométricas combinadas del trazado en planta y en alzado. Esto se hace efectivo mediante una gráfica que representa el CO<sub>2</sub> producido Vs. el tiempo transcurrido desde el inicio del recorrido, como se puede ver en la figura 26.



**Figura 26. Interfaz del programa VT-micro, gráfica velocidad Vs. tiempo para combinación planta-alzado y un vehículo pesado (HEV1)**

Se obtienen los datos en formato número con los que se han representado la gráfica de la figura 26. En la tabla 20 se muestra algunos de los valores que se han obtenido con el programa. Para más información se puede mirar en el Anejo 6 “Datos de la producción de CO<sub>2</sub>”.

**Tabla 20. Muestra de los datos de CO<sub>2</sub> producido en función del tiempo transcurrido segundo a segundo para un vehículo pesado en combinación del trazado en planta y en alzado**

T (s)	CO <sub>2</sub> (gr)
1	3,783
2	3,259
3	2,910
4	2,666
5	2,508
6	2,426
7	2,402
8	2,403
9	2,403
10	2,403
11	2,403
12	2,403
13	2,403
14	2,403
15	2,403
16	2,403
17	2,403
18	2,403
19	2,403
20	2,403
21	2,403
22	2,403
23	2,403
24	2,403
25	2,403
26	2,403
27	2,403
28	2,403
29	2,403
30	2,403
31	2,403
32	2,464
33	2,464

Como el gráfico generado por el programa VT-micro, (figura 26) no se puede apreciar los aspectos en detalle de la representación del CO<sub>2</sub> frente al tiempo, se aporta el gráfico de la figura 27, el cual da una visión más específica de lo que ocurre que la que se puede apreciar en la figura 26. Para poder ver el gráfico con mayor detalle se puede explorar en el Anejo 6 “Datos de la producción de CO<sub>2</sub>”.

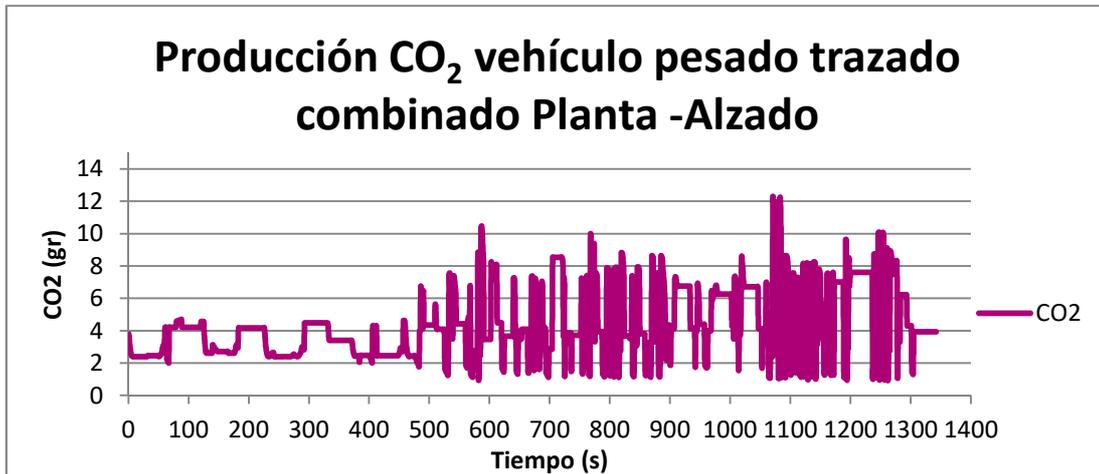


Figura 27. Gráfica CO<sub>2</sub> Vs. tiempo para combinación planta-alzado y un vehículo pesado (HEV1)

Como se ha descrito en el apartado 6.3.1., se correlaciona el tiempo y el CO<sub>2</sub> con los PKs de la tabla 13, siendo posible conocer la cantidad de CO<sub>2</sub> que se produce en cada punto kilométrico de la carretera, como se puede apreciar en la figura 28.

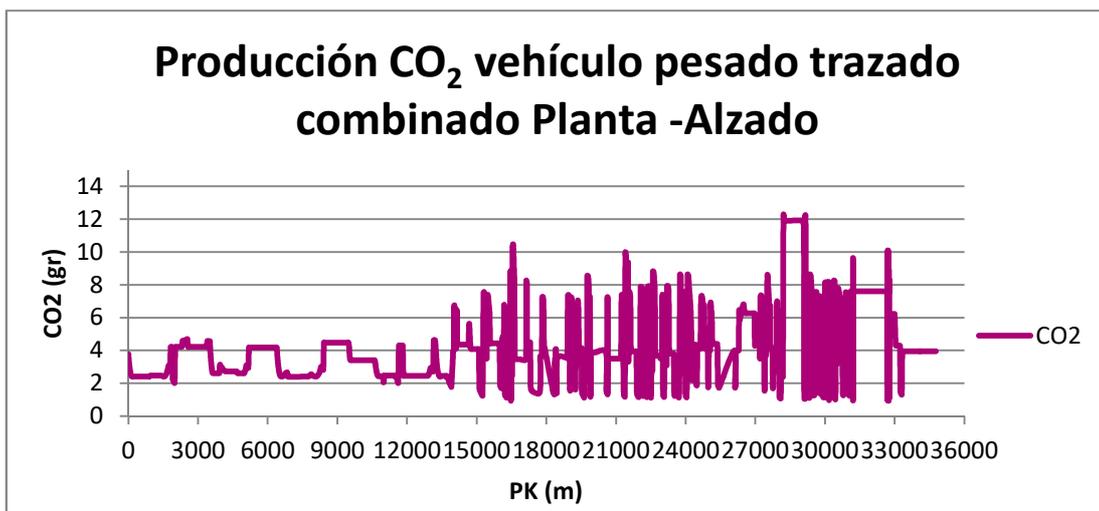


Figura 28. Gráfica CO<sub>2</sub> Vs. PK para combinación planta-alzado y un vehículo pesado (HEV1)

Dados la totalidad de los datos que se aportan en el Anejo 6 “Datos de la producción de CO<sub>2</sub>”, se puede obtener la producción total de CO<sub>2</sub> por un vehículo pesado al circular por esta vía, teniendo en cuenta las características geométricas de la combinación del trazado en planta y en alzado. Siendo este dato el que se muestra en la tabla 21 en gramos.

**Tabla 21. CO2 total producido, dadas las características de la combinación de trazado en planta y en alzado, por un vehículo pesado (HEV1)**

CO <sub>2</sub> (gr)
5794,194

#### 6.4. Tramificación de la carretera CV-35

Las carreteras, en la mayoría de las veces, no muestran unos factores que condicionan de forma constante el trazado, más bien todo lo contrario, son cambiantes, sobre todo aquellos que son los relativos a la orografía y al crecimiento urbanístico del entorno. Todo esto se traduce en que la velocidad de diseño es desigual a lo largo de todo el trazado, siendo necesario dividir la vía en tramos homogéneos. Este proceso es conocido como tramificación.

El método más simple para identificar los tramos que componen una carretera, consiste en la división de la vía considerando los nudos más importantes y también los cambios en la sección transversal. Esta metodología, además tienen en cuenta la intensidad del tráfico como una de las principales variables, pero no son capaces de considerar otros aspectos muy importantes, como lo es la geometría de la vía.

En este apartado se va a delimitar los diferentes tramos en los que se puede dividir la parte de la carretera CV-35 que se ha elegido analizar (desde el pueblo de Casinos hasta Túejar) en base al trazado en planta y en alzado y en las características propias de cada uno de ellos, como pueden ser: la curvatura, cambios en la pendiente, la cota, longitud, etc.

##### 6.4.1. Vehículo ligero

###### 6.4.1.1. Trazado en planta

En este apartado se muestra los datos que corresponden a los tramos que componen el recorrido basándose en las características geométricas en planta. Para realizar la tramificación homogénea, considerando la geometría en planta, se ha utilizado la metodología alemana. “Este procedimiento está basado en la representación gráfica del valor absoluto de los ángulos de deflexión acumulado de todos los elementos

geométricos en planta” (García García, Camacho Torregrosa, & Pérez Zuriaga). A continuación, el perfil obtenido se divide en partes homogéneas con pendiente que se aproxima a constante, correspondiendo a una sinuosidad similar del trazado en planta.

Cada tramo homogéneo en el que se ha dividido la vía, se caracteriza por el valor propio de su tasa de cambio de curvatura (CCR), dada en la siguiente fórmula:

$$CCR = \frac{\sum |Y_i|}{L}$$

donde;

CCR: tasa de cambio de curvatura. Se suele expresar en gon/km.

$Y_i$ : es el ángulo de deflexión de cada elemento geométrico

L : longitud del tramo de carretera (longitud mínima de 2000 m)

Tras tener en cuenta la metodología mencionada y además de la visualización del recorrido, se realiza la sección del recorrido elegido para analizar, el cual se muestra en la tabla 22.

**Tabla 22. División de tramos según trazado en planta**

Tramos	P.K. inicio	P.K. final	Longitud (m)	Radio medio (m)
1	0	14069	14069	10553
2	14069	25099	11030	1128
3	25099	29510	4411	8300
4	29510	34768	5258	1712

#### **6.4.1.2. Trazado en alzado**

En este apartado se muestra los datos que corresponden a los tramos que componen el recorrido basándose en las características geométricas en alzado. Se ha decidido realizar la división en función de la diferencia entre la inclinación de entrada y salida de la rasante dadas en la tabla 3. A continuación se muestra la tabla 23 con la división definitiva de la totalidad del recorrido elegido para analizar.

**Tabla 23. División de los tramos según el trazado en alzado**

Tramos	P.K. inicio	P.K. final	Longitud (m)	Pendiente media
1	0	14459	14459	10553
2	14459	24401	9942	1128
3	24401	28666	4265	8300
4	28666	34768	6102	1712

#### **6.4.1.3. Trazado de la combinación planta-alzado para vehículo ligero**

En este apartado se muestra los datos que corresponden a los tramos que componen el recorrido basándose en las características geométricas de la combinación del trazado en planta y en alzado. Dadas las características del trazado individual en planta de las tablas 2 y 6, además de las características del alzado reflejadas en las tablas 3 y 9, se realiza la división en tramos según la combinación de ambas. En función de lo anterior, se puede apreciar que el trazado en alzado es el que influye en mayor medida en la combinación, debido a la orografía del terreno. A continuación se muestra la tabla 24 con la división definitiva de la totalidad del recorrido elegido para analizar.

**Tabla 24. División de los tramos según la combinación planta-alzado para vehículos ligeros**

Tramos	P.K. inicio	P.K. final	Longitud (m)
1	0	13884	13884
2	13884	24507	10623
3	24507	28039	3532
4	28039	34768	6729

#### **6.4.2. Vehículo pesado**

Para los vehículos pesados se ha optado solo por realizar el cálculo del CO<sub>2</sub> para la combinación de la planta y el alzado, para finalmente compararlo con la obtenida para vehículos ligeros. Como se explica en el apartado 6.4.1.3., la tramificación del trazado está mayormente influenciada por el alzado, por lo que la división definitiva del recorrido elegido para analizar se aporta en la tabla 25.

**Tabla 25. División de los tramos según la combinación planta-alzado para vehículos pesados**

Tramos	P.K. inicio	P.K. final	Longitud (m)
1	0	13829	13829
2	13829	24455	10626
3	24455	28138	3683
4	28138	34768	6630

## 7. Análisis de los resultados de CO<sub>2</sub> obtenidos

A partir de lo dispuesto en los apartados anteriores, se procede a analizar todos los resultados obtenidos y plasmados en las diferentes tablas que componen el estudio. El estudio se divide en dos partes bien diferenciadas, la primera en la producción de CO<sub>2</sub> de un vehículo ligero basándose en el trazado en planta, en alzado y en la combinación de ambos, y la segunda en la producción de CO<sub>2</sub> de un vehículo pesado únicamente basándose en el caso de la combinación del trazado en planta y en alzado, debido a que este último es el objetivo final de este trabajo, obtener cuanto CO<sub>2</sub> se genera por la combinación de ambos trazados. A continuación se presentan las discusiones de los resultados obtenidos para ambas partes y además se aporta una comparación entre la producción de los vehículos ligeros y los pesados.

### 7.1. Producción de CO<sub>2</sub> con vehículo ligero

#### 7.1.1. Comparación de los tramos en el trazado en planta

Una vez y se haya tramificado el segmento de carretera elegido de la CV-35, como se ha especificado en el apartado 6.4.1.1., se procede a reflejar la cantidad de CO<sub>2</sub> que se produce por tramos teniendo en cuenta la tabla 26, la cual aporta una muestra de CO<sub>2</sub> producido segundo a segundo y con el PK asociado. Para más información se aportará la tabla completa en el Anejo 6 "Datos de la producción de CO<sub>2</sub>".

**Tabla 26. Muestra de la producción de CO<sub>2</sub> con el P.K. asociado en planta**

PK	t (s)	V (km/h)	CO <sub>2</sub> (gr)
0	1	100,00	3,44
27	2	101,08	3,10
56	3	102,55	2,83
85	4	104,00	2,62
115	5	105,48	2,46
145	6	106,93	2,35
175	7	108,37	2,28
206	8	109,84	2,26
236	9	111,24	2,26
267	10	112,16	2,26
298	11	112,16	2,26
328	12	112,16	2,26
359	13	112,16	2,26
389	14	112,16	2,26
420	15	112,16	2,26
450	16	112,16	2,26
481	17	112,16	2,26
511	18	112,16	2,26
542	19	112,16	2,26
573	20	112,16	2,26
603	21	112,16	2,26

Teniendo en cuenta los datos que se reflejan en la tabla 26, se obtiene los gramos de CO<sub>2</sub> que se produce en cada uno de los tramos en los que se ha dividido el segmento de carretera. Conociendo el CO<sub>2</sub> que se genera y la longitud de cada tramo, es interesante conocer cuántos gramos de CO<sub>2</sub> se genera por kilómetro recorrido, para poder realizar una comparativa en igualdad de condiciones. Esto se muestra en la tabla 27.

**Tabla 27. CO<sub>2</sub> producido por vehículo ligero en cada tramo en planta**

Tramos	P.K. inicio	P.K. final	Longitud (km)	CO <sub>2</sub> (gr)	CO <sub>2</sub> (gr/km)
1	0	14069	14069	1434	102
2	14069	25099	11030	1626	147
3	25099	29510	4411	636	144
4	29510	34768	5258	845	161
TOTAL				4541	554

Analizando el contenido de la tabla 27, se puede apreciar que hay diferencia en cuanto al CO<sub>2</sub> que se genera en cada tramo y se podría ordenar según este factor, de mayor a menor, quedando de la siguiente manera:

- ✓ Tramo 4 : 161 gr/km
- ✓ Tramo 2: 147 gr/km
- ✓ Tramo 3: 144 gr/km
- ✓ Tramo 1: 102 gr/km

Dados estos valores, se ve que en el tramo 4 se produce una mayor cantidad de CO<sub>2</sub> que en el tramo 1 y esto es debido a que en la primera parte del segmento el trazado es mucho más suave, los radios que lo componen son bastante amplios y la longitud del tramo es muy superior, como se puede apreciar en la figura 29. En el tramo 4 el trazado los radios son menos amplios, las longitudes de las rectas también son más reducidas, por lo que esto conlleva a decir que el trazado en esta parte es más revirado, lo cual hace que un vehículo produzca mayor cantidad de CO<sub>2</sub>, como se puede apreciar en la figura 32.

En los tramos 2 y 3, a pesar de que hay una diferencia apreciable en cuanto a las gráficas aportadas (figura 30 y 31) y en la sinuosidad del trazado, lo cuál ha hecho que formen parte de tramos distintos, la producción de CO<sub>2</sub> es muy parecida, de 147 y 144 gr/km respectivamente.

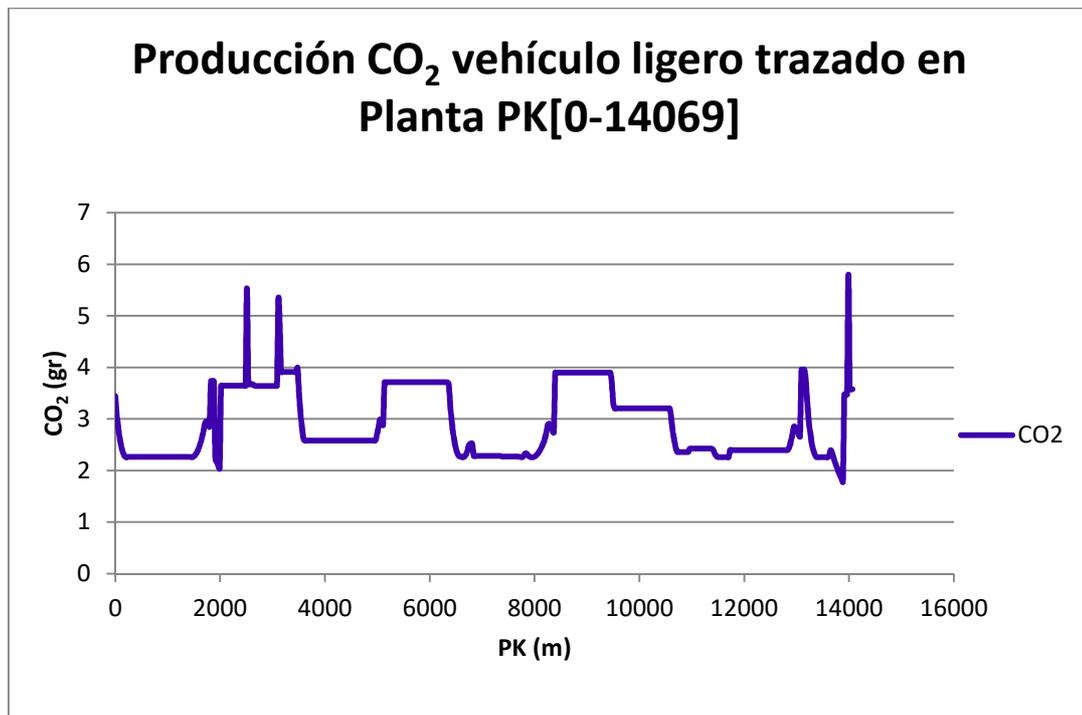


Figura 29. Gráfica CO<sub>2</sub> Vs. PK para planta y un vehículo ligero (LDV1) en el tramo 1

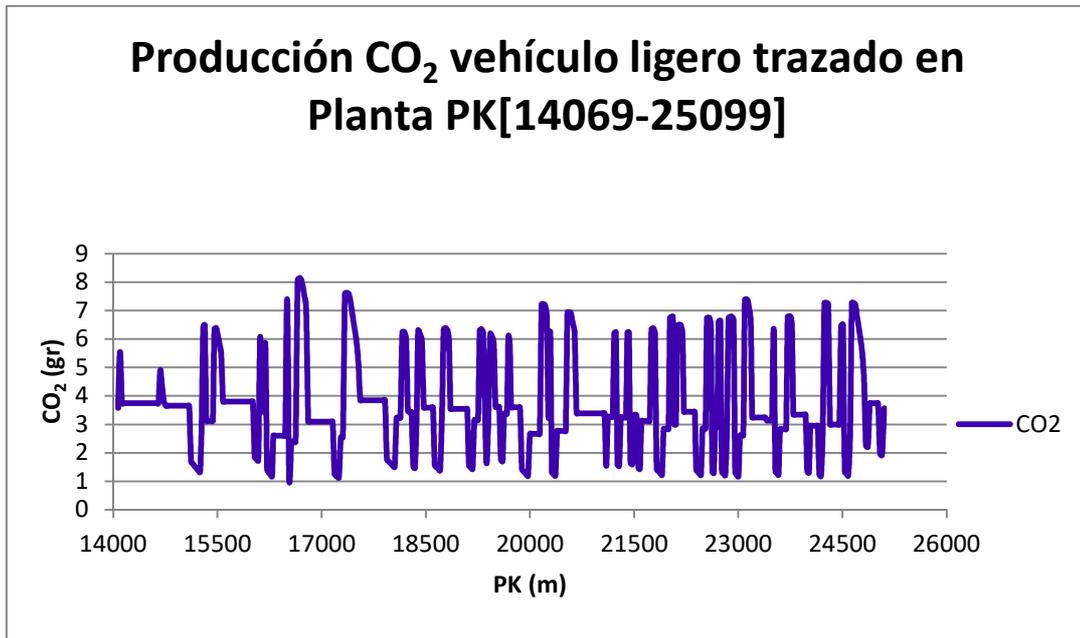


Figura 30. Gráfica CO<sub>2</sub> Vs. PK para planta y un vehículo ligero (LDV1) en el tramo 2

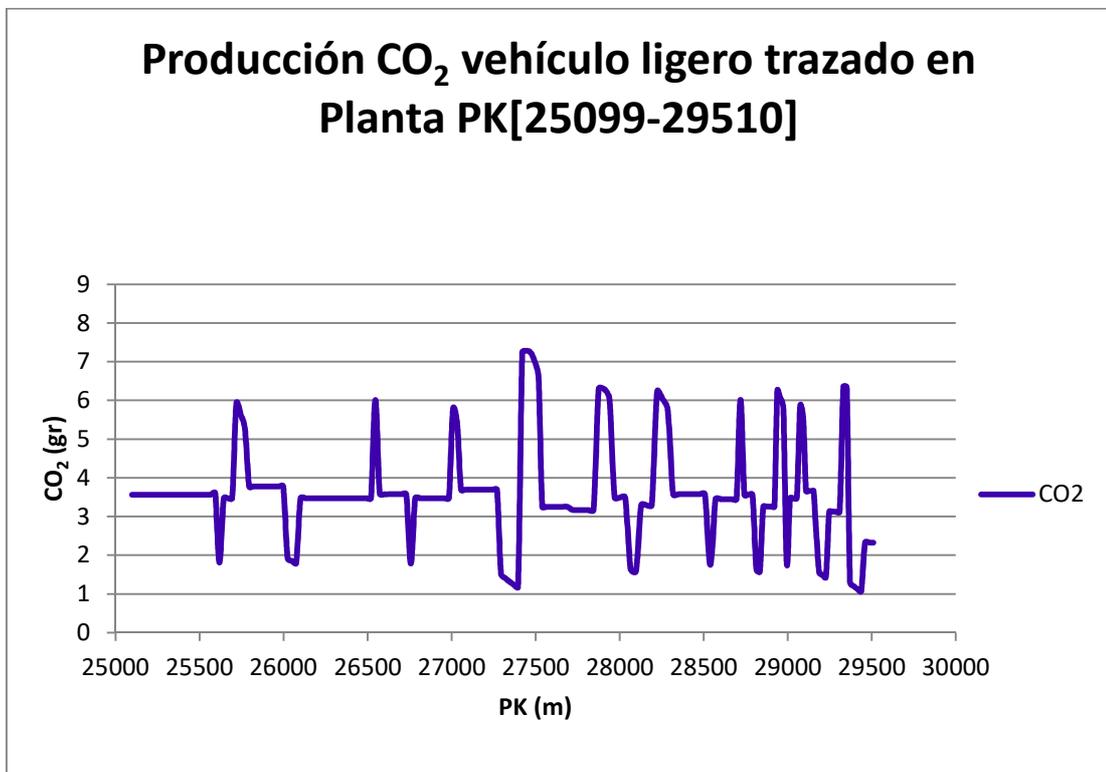


Figura 31. Gráfica CO<sub>2</sub> Vs. PK para planta y un vehículo ligero (LDV1) en el tramo 3

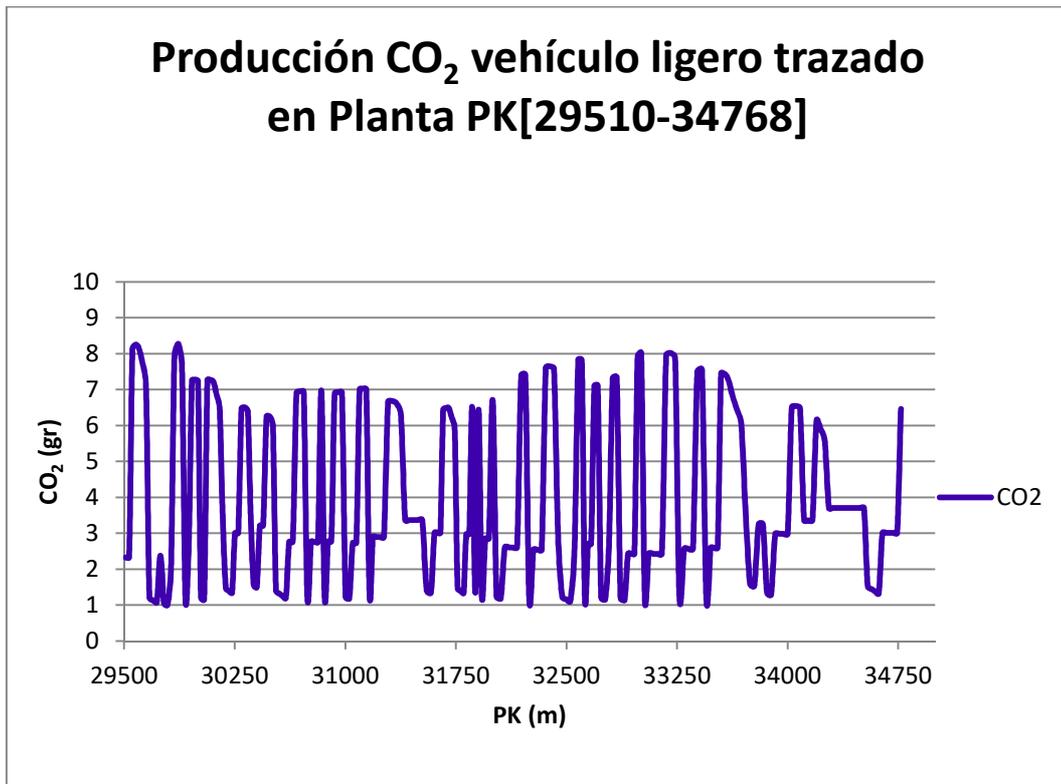


Figura 32. Gráfica CO<sub>2</sub> Vs. PK para planta y un vehículo ligero (LDV1) en el tramo 4

### 7.1.2. Comparación de los tramos en el trazado en alzado

Como se explica en el apartado 7.1.1., después de haber dividido el tramo el segmento de carretera, se obtiene la cantidad de CO<sub>2</sub> que se produce por tramos teniendo en cuenta la tabla 28, la cual aporta una muestra de CO<sub>2</sub> producido segundo a segundo y con el PK asociado. Para más información se aportará la tabla completa en el Anejo 6 “Datos de la producción de CO<sub>2</sub>”.

Tabla 28. Muestra de la producción de CO<sub>2</sub> con el P.K. asociado en alzado

PK	t (s)	V (km/h)	CO <sub>2</sub> (gr)
0	1	100,00	3,29
27	2	101,08	2,90
56	3	102,55	2,61
84	4	103,95	2,41
113	5	105,38	2,29
143	6	106,84	2,28
173	7	108,28	2,28
203	8	109,70	2,28

Teniendo en cuenta los datos que se reflejan en la tabla 28, se obtiene los gramos de CO<sub>2</sub> que se produce en cada uno de los tramos en los que se ha dividido el segmento de carretera. Conociendo el CO<sub>2</sub> que se genera y la longitud de cada tramo, se puede saber cuántos gramos de CO<sub>2</sub> se genera por kilómetro recorrido, para poder realizar una comparativa. Esto se muestra en la tabla 29.

**Tabla 29. CO<sub>2</sub> producido por vehículo ligero en cada tramo en alzado**

Tramos	P.K. inicio	P.K. final	Longitud (km)	CO <sub>2</sub> (gr)	CO <sub>2</sub> (gr/km)
1	0	14459	14459	1463	101
2	14459	24401	9942	1430	144
3	24401	28666	4265	536	126
4	28666	34768	6102	999	164
TOTAL				4428	534

Tras ver los datos aportados en la tabla 29, se puede apreciar que hay diferencia en cuanto al CO<sub>2</sub> que se genera en cada tramo y se podría ordenar según este factor, de mayor a menor, quedando de la siguiente manera:

- ✓ Tramo 4 : 164 gr/km
- ✓ Tramo 2: 144 gr/km
- ✓ Tramo 3: 126 gr/km
- ✓ Tramo 1: 101 gr/km

Como en el apartado 7.1.1., en alzado el orden es el mismo que el que han adquirido los tramos en planta, aunque con unos valores ciertamente distintos. El primer puesto, en cuanto a generación de dióxido de carbono, está el tramo 4 (164 gr/km) y en último lugar el tramo 1 (101 gr/km), comparando ambos resultados y además de visualizar el estado de las alineaciones de los tramos en alzado, se puede apreciar que el último tramo se produce una mayor producción de CO<sub>2</sub>. Esto es debido a lo escarpado que es el trazado de la carretera entre los P.K.s 28666 y 34768 (tramo 4), la continuidad de los cambios de rasantes para adaptarse a la orografía del terreno, lo que se traduce en que existen unos desniveles más fuertes que salvar entre esos puntos kilométricos, obligando a realizar más variaciones en la velocidad de operación, y que en el tramo 1 son menos bruscos y con cambios más suaves. Por lo tanto está ampliamente ligada la inclinación de las rasantes con el aumento de la producción de CO<sub>2</sub>, como bien se puede observar en las figuras 33 y 36.

En este caso, en los tramos 2 y 3, se ve que hay una diferencia apreciable en la producción de CO<sub>2</sub>, según los datos aportados en la tabla 29, en las gráficas de las figuras 34 y 35 y

además, en la visualización del trazado en alzado se distingue que se pueden generar dos para tramos distintos. El tramo 2 es más escarpado que el tramo 3 y que el tramo 1, debido a que tiene unas características que son reconocibles, ya que en la geometría del trazado entre los P.K.s 14459 y 24401 hay una sucesión de acuerdos cóncavos y convexos más abundantes teniendo que realizar más cambios de velocidad.

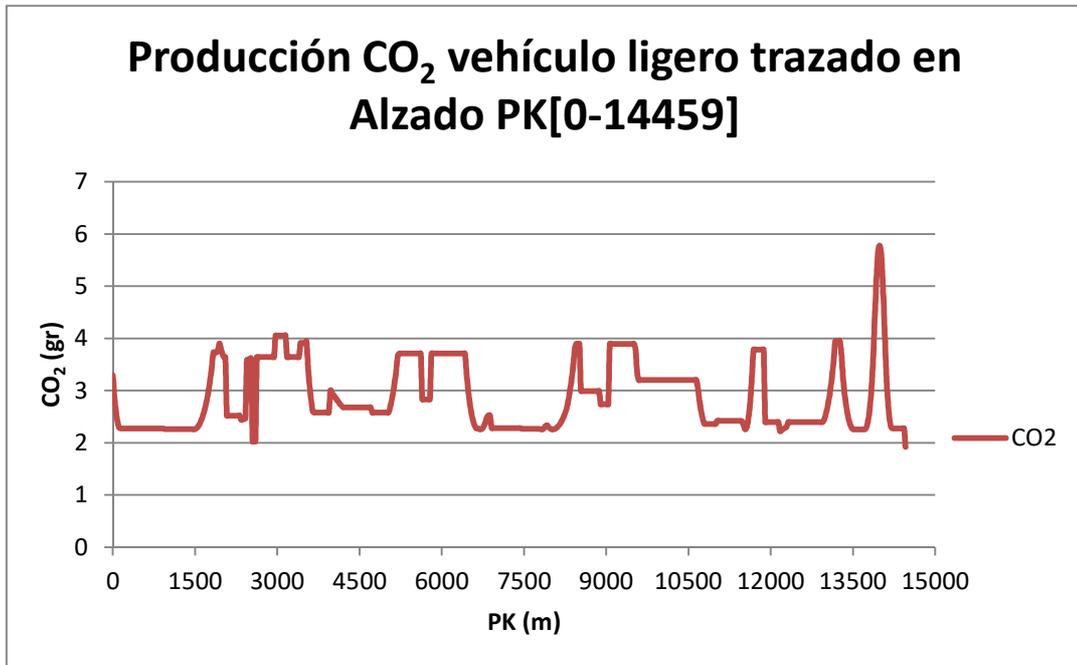


Figura 33. Gráfica CO<sub>2</sub> Vs. PK para alzado y un vehículo ligero (LDV1) en el tramo 1

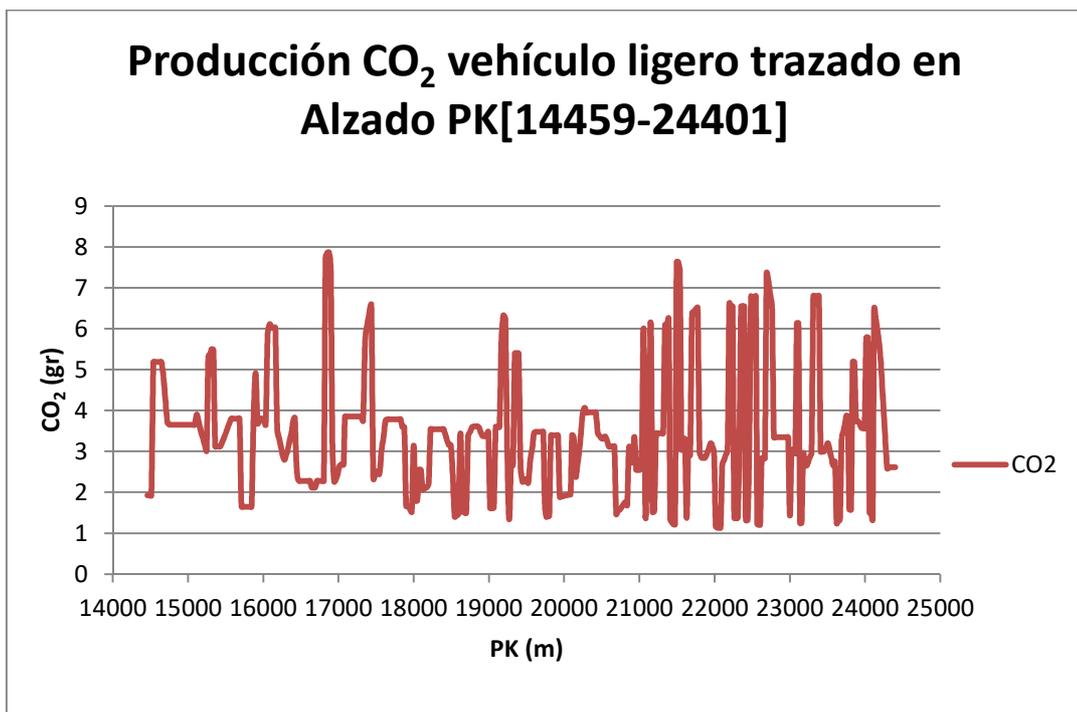


Figura 34. Gráfica CO<sub>2</sub> Vs. PK para alzado y un vehículo ligero (LDV1) en el tramo 2

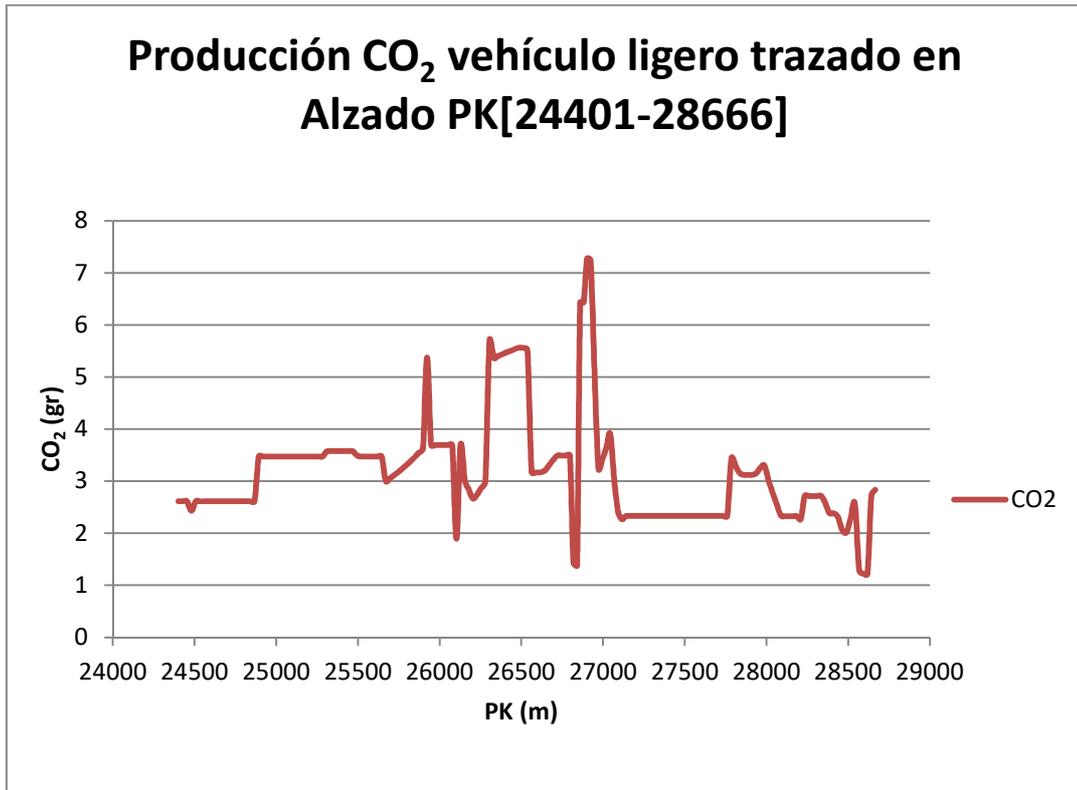


Figura 35. Gráfica CO<sub>2</sub> Vs. PK para alzado y un vehículo ligero (LDV1) en el tramo 3

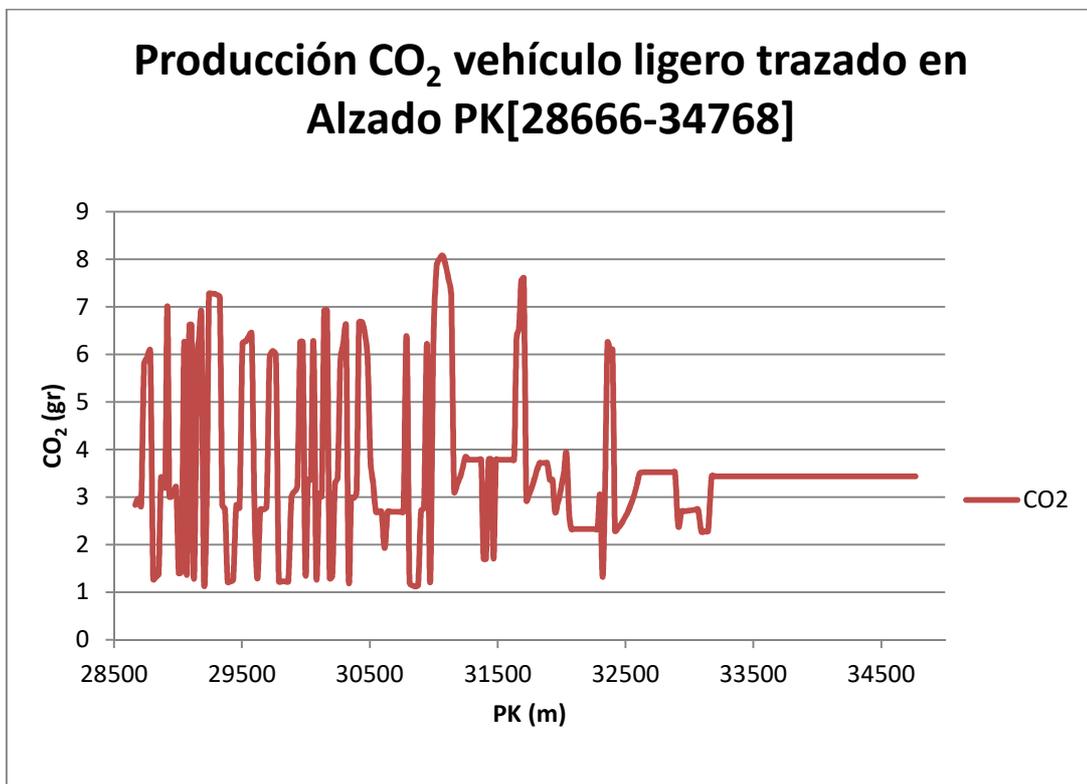


Figura 36. Gráfica CO<sub>2</sub> Vs. PK para alzado y un vehículo ligero (LDV1) en el tramo 4

### 7.1.3. Comparación de los tramos en la combinación planta - alzado

Para la combinación de las características de ambos trazados, en planta y en alzado, se ha dividido también en cuatro tramos bien diferenciados, como en los dos casos individuales. Cada tramo tiene una producción de CO<sub>2</sub> asociado a cada uno, aportado en la tabla 31, al igual que la cantidad de dióxido de carbono en gramos generado por kilómetro, pero para poder obtener esos valores, antes se ha ido sumando todos los datos de CO<sub>2</sub> que se genera en cada intervalo de P.K.s que delimitan los tramos y en la tabla 30 se aporta una muestra de esos datos. Para más información se aportará la tabla completa en el Anejo 6 "Datos de la producción de CO<sub>2</sub>".

**Tabla 30. Muestra de la producción de CO<sub>2</sub> con el P.K. asociado en la combinación de planta-alzado**

PK	t (s)	V (km/h)	CO <sub>2</sub> (gr)
0	1	100,00	3,457
27	2	101,08	3,099
56	3	102,55	2,835
84	4	103,95	2,628
113	5	105,38	2,468
143	6	106,84	2,356
173	7	108,28	2,286
203	8	109,70	2,276
236	9	110,00	2,276
267	10	110,00	2,276
298	11	110,00	2,276
328	12	110,00	2,276
359	13	110,00	2,276
389	14	110,00	2,276
420	15	110,00	2,276
450	16	110,00	2,276
481	17	110,00	2,276
511	18	110,00	2,276
542	19	110,00	2,276
573	20	110,00	2,276
603	21	110,00	2,276

**Tabla 31. CO<sub>2</sub> producido por vehículo ligero en cada tramo en la combinación planta-alzado**

Tramos	P.K. inicio	P.K. final	Longitud (km)	CO <sub>2</sub> (gr)	CO <sub>2</sub> (gr/km)
1	0	13884	13884	1418	102
2	13884	24507	10623	1637	154
3	24507	28039	3532	771	218
4	28039	34768	6729	1274	189
TOTAL				5100	664

Tras ver los datos que se han obtenido, según la tabla 31, se puede apreciar que hay bastante diferencia en cuanto al CO<sub>2</sub> que se genera en cada tramo y se podría ordenar según este factor, de mayor a menor, quedando de la siguiente manera:

- ✓ Tramo 3 : 218 gr/km
- ✓ Tramo 4: 189 gr/km
- ✓ Tramo 2: 154 gr/km
- ✓ Tramo 1: 102 gr/km

Analizando los resultados, se puede decir que la combinación de los trazados en planta y en alzado ha dado unos valores diferentes, tanto así que se ha modificado el orden en cuanto a cantidad de CO<sub>2</sub> producido por tramo.

En este caso el tramo 3 es en el que se genera una mayor producción, con diferencia, del gas en cuestión, en comparación con el resto de tramos. A lo largo del tramo 3 se producen muchos cambios de velocidad debido a que en esa zona se combina un diseño del trazado en alzado con inclinaciones en la rasante superiores al 4% y un trazado en planta en el cual se combina un diseño con rectas con longitudes bastante reducidas y con una alta concentración de curvas y clotoides, con unas longitudes superiores a las de las rectas y además tienen unos radios no amplios. El tramo 3 está compuesto por 10 inclinaciones de rasante, entre las cuales el 30% superan el 4% de inclinación (el 67% son rampas). Todo esto se traduce en que el diseño del trazado entre los P.K.s 24507 y 28039 es escarpado y revirado, combinando uno de los peores escenarios que se pueden dar en los casos individuales del diseño en planta y en alzado.

En el tramo 1 es más lógico que haya una producción menor que en el resto, debido a que el diseño del trazado en planta y en alzado es bastante suave en ambos. Dispone de rectas largas, los radios de las curvas son muy amplios, los acuerdos verticales son también extensos y además las pendientes son prácticamente insignificantes, por lo que se puede decir que es un tramo que presenta las características geométricas idóneas para

contribuir a producir menos CO<sub>2</sub> con respecto a los otros 3 tramos. La generación de CO<sub>2</sub> que se produce se puede analizar en la figura 37.

Los tramos 2 y 4 comparten las características del trazado en planta y algunas de las que definen el diseño en alzado. Ambos están constituidos por un conjunto de muchas curvas con radios que son menos amplios que en el tramo 1, y con rectas que conectan los segmentos curvos con longitudes que superan las de las curvas. En alzado comparten en que ambos disponen de bastantes inclinaciones de la rasante que son superiores al 4%, pero se diferencian en las longitudes de las mismas y en cuanto al número de pendientes de las que disponen.

El tramo 2 está compuesto por 32 inclinaciones de rasante, de las cuales el 22% superan el 4% de inclinación (el 43% pertenecen a rampas) y el 3% supera el 5% de inclinación. Esto conlleva que hay que aumentar la velocidad en las pendientes para mantener la velocidad de operación y vencer la fuerza de la gravedad en la subida, aumentando así la cantidad de CO<sub>2</sub> que se genera. Este proceso se puede ver en la figura 38.

El tramo 4 está compuesto por 24 inclinaciones de rasante, de las cuales el 25% tienen un valor superior al 4% de inclinación (el 83% pertenecen a rampas), además el 13% y el 4,2% superan el 5% y el 6% de inclinación respectivamente. Como pasa con el tramo 2, las rampas hacen que se tenga que aumentar la velocidad para que en medio de la misma se pueda conseguir la velocidad antes de que el vehículo se introduzca en la rampa, aumentando consigo la producción de CO<sub>2</sub>. Este proceso se puede ver en la figura 40.

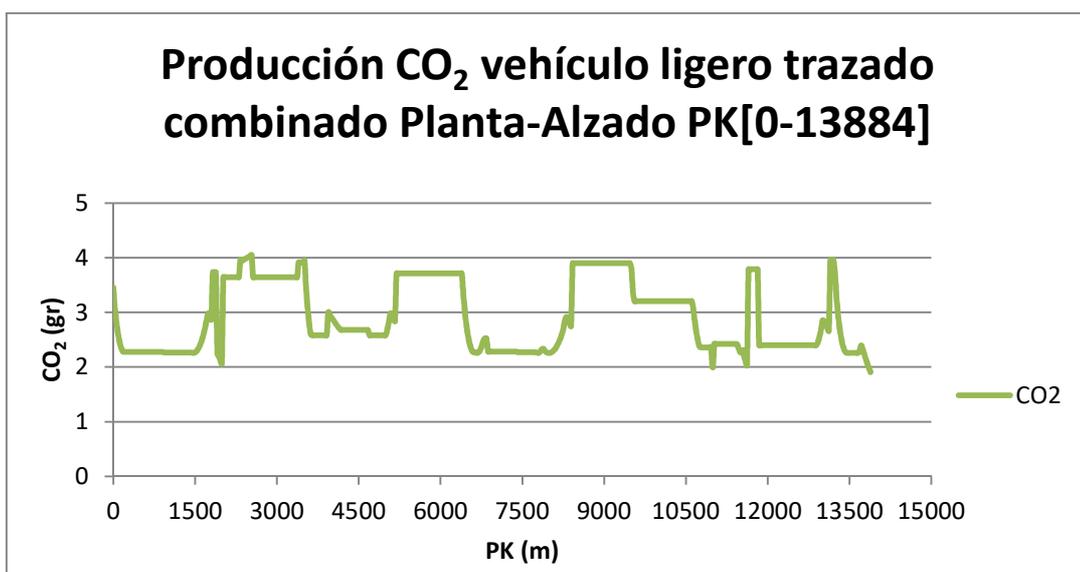


Figura 37. Gráfica CO<sub>2</sub> Vs. PK para combinación planta-alzado y un vehículo ligero (LDV1) en el tramo 1

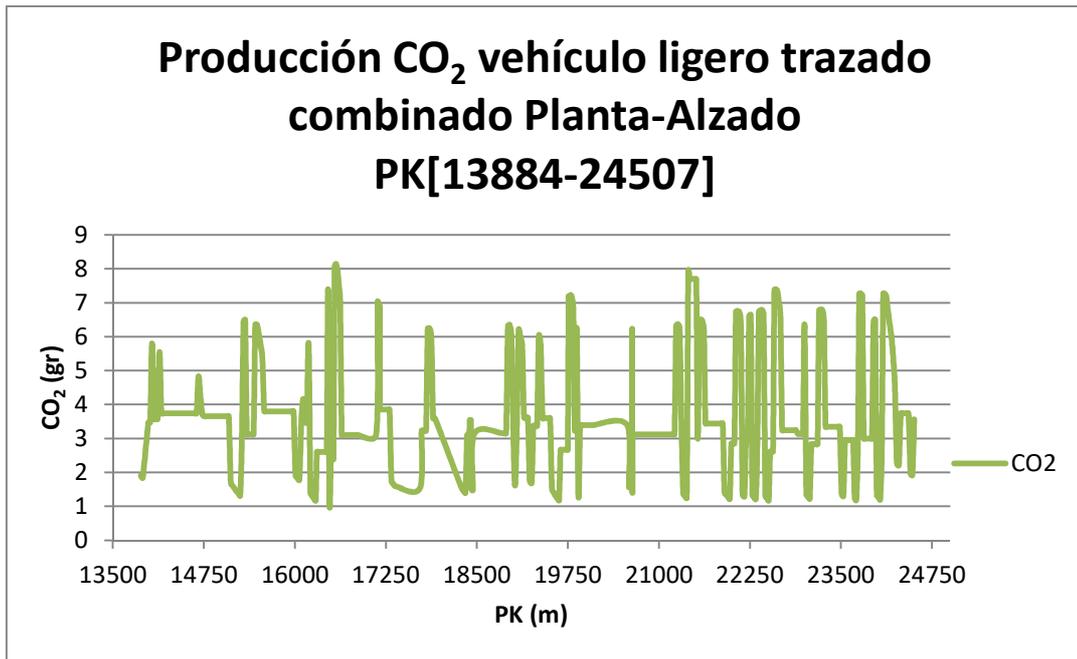


Figura 38. Gráfica CO<sub>2</sub> Vs. PK para combinación planta-alzado y un vehículo ligero (LDV1) en el tramo 2

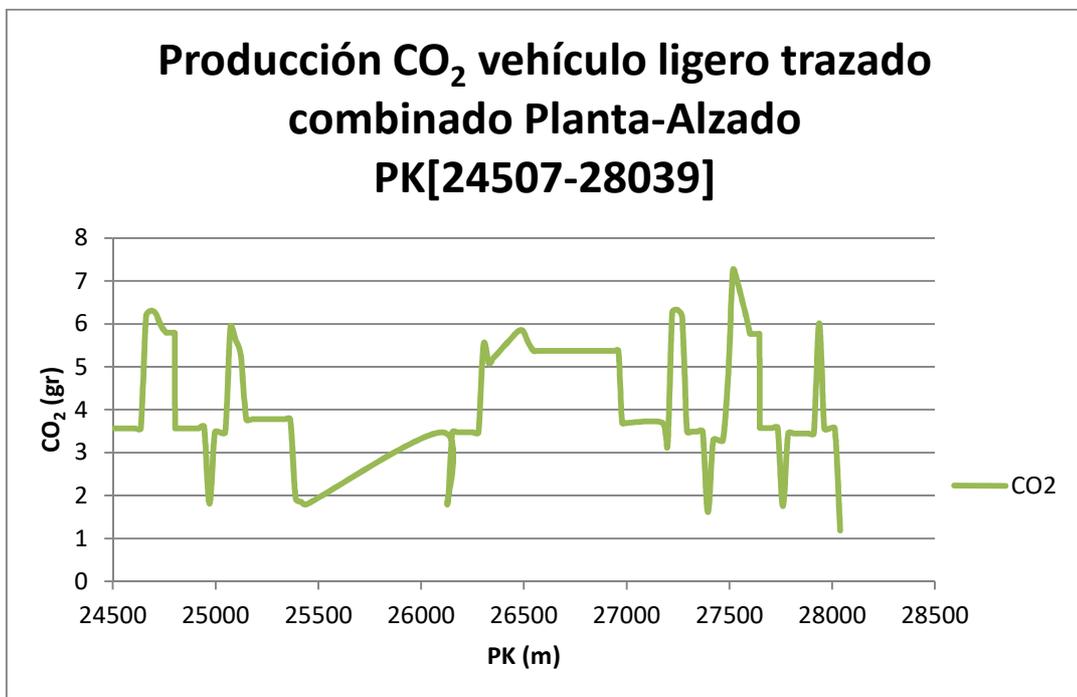


Figura 39. Gráfica CO<sub>2</sub> Vs. PK para combinación planta-alzado y un vehículo ligero (LDV1) en el tramo 3

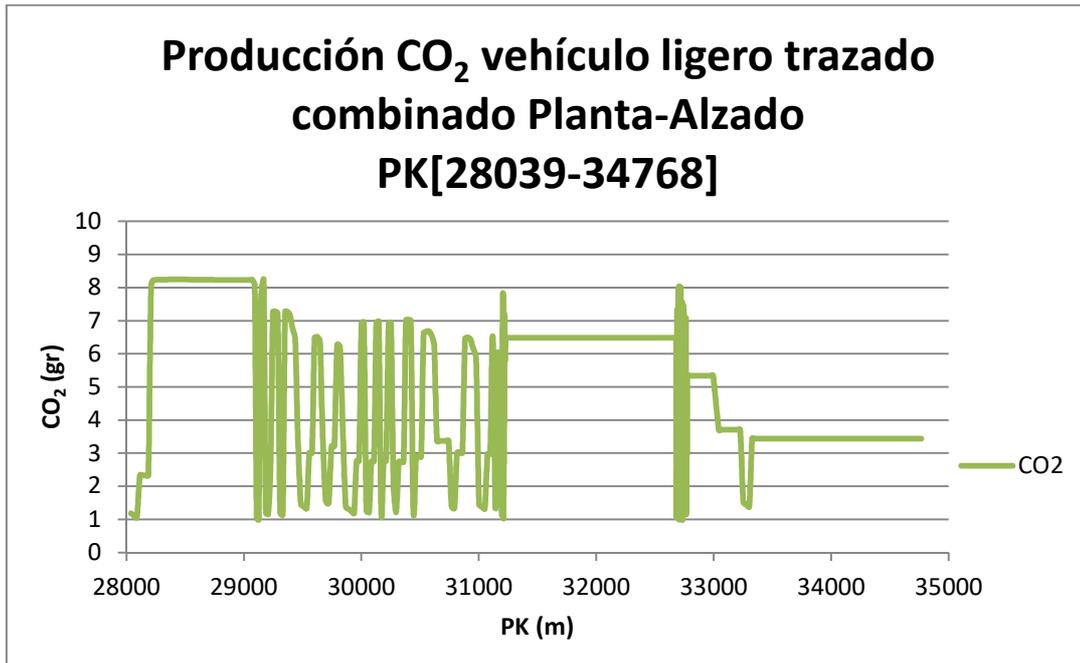


Figura 40. Gráfica CO<sub>2</sub> Vs. PK para combinación planta-alzado y un vehículo ligero (LDV1) en el tramo 4

#### 7.1.4. Comparación de los tramos en la combinación planta - alzado con los individuales en planta y en alzado

Finalmente, tras haber analizado todos los resultados que se han obtenido y reflejado en los apartados anteriores, se procede a la comparativa entre la producción de CO<sub>2</sub> resultando en la combinación de los diseños del trazado en planta y en alzado con respecto al que se produce en los diseños individuales de la planta y el alzado.

En primer lugar hay que tener los datos obtenidos para el CO<sub>2</sub> en la combinación planta-alzado, en planta y en alzado en un mismo sitio para realizar la comparativa. Estos datos se aportan en la tabla 32.

Tabla 32. CO<sub>2</sub> producido en combinación planta-alzado, en planta y en alzado

Tramos	Combinación planta-alzado	Planta	Alzado
	CO <sub>2</sub> (gr/km)	CO <sub>2</sub> (gr/km)	CO <sub>2</sub> (gr/km)
1	102,1	101,9	101,2
2	154,1	147,4	143,8
3	218,4	144,2	125,8
4	189,3	160,7	163,7
TOTAL	663,9	554,2	534,5

Conociendo los datos que se muestran en la tabla 32, se puede obtener el porcentaje de aumento o disminución en cuanto la comparativa de resultados entre la combinación planta-alzado con la planta y con el alzado. Sólo con echar un vistazo a la tabla se ve que los valores obtenidos en la primera columna son superiores a los de las columnas adyacentes.

Aportando datos certeros, se puede decir que, el CO<sub>2</sub> total producido en gr/km para la combinación de la planta y el alzado es un 20% superior al diseño en planta y un 24% mayor que la generada para el diseño en alzado. Lo cual implica que haciendo un diseño teniendo en cuenta las dos perspectivas por separado da un cálculo del CO<sub>2</sub> producido bastante inferior que el real. Habría que compensar el diseño conjunto para ofrecer un trazado que ayude a que la producción de CO<sub>2</sub> por un vehículo sea el menor posible, siempre hablando desde el punto de vista de la geometría de la carretera y no desde el motor del vehículo.

A continuación se muestra en la tabla 33 los datos de los porcentajes que indican la producción de CO<sub>2</sub> al alza tras la comparativa por tramos de la combinación del trazado en planta-alzado, la planta y el alzado.

**Tabla 33. Porcentajes de comparativa de CO<sub>2</sub> producido por tramos entre la combinación planta-alzado con la planta y el alzado**

Tramos	Combinación planta-alzado	Planta		Alzado	
	CO <sub>2</sub> (gr/km)	CO <sub>2</sub> (gr/km)	%	CO <sub>2</sub> (gr/km)	%
1	102,1	101,9	-0,2	101,2	-1
2	154,1	147,4	-4,5	143,8	-7,1
3	218,4	144,2	-51,5	125,8	-73,6
4	189,3	160,7	-17,8	163,7	-15,7
TOTAL	663,9	554,2	-19,8	534,5	-24,2

## 7.2. Producción de CO<sub>2</sub> con vehículo pesado

### 7.2.1. Comparación de los tramos en la combinación planta - alzado

Para hacer un estudio más completo y tener varios tipos de comparativas, se ha decidido obtener el cálculo del CO<sub>2</sub> asociado a la combinación del trazado en planta y en alzado para un vehículo pesado. En este caso también se ha dividido en cuatro tramos como en todos los anteriores casos, ya que a la vista de la carretera se pueden diferenciar

perfectamente esos cuatro tramos, además de verse sin dar lugar a equívocos en las gráficas aportadas.

Cada tramo tiene una producción de CO<sub>2</sub> asociado a cada uno, aportado en la tabla 34, al igual que la cantidad de dióxido de carbono en gramos generado por kilómetro, pero para poder obtener esos valores, antes se ha ido sumando todos los datos de CO<sub>2</sub> que se genera en cada intervalo de P.K.s que delimitan los tramos y en la tabla 35 se aporta una muestra de esos datos. Para más información se aportará la tabla completa en el Anejo 6 “Datos de la producción de CO<sub>2</sub>”.

**Tabla 34. Muestra de la producción de CO<sub>2</sub> con el P.K. asociado en la combinación de planta-alzado para vehículo pesado**

PK	t (s)	V (km/h)	CO <sub>2</sub> (gr)
0	1	100,00	3,783
27	2	101,08	3,259
56	3	102,55	2,910
84	4	103,95	2,666
113	5	105,38	2,508
143	6	106,84	2,426
173	7	108,28	2,402
203	8	109,70	2,403
236	9	110,00	2,403
267	10	110,00	2,403
298	11	110,00	2,403
328	12	110,00	2,403
359	13	110,00	2,403
389	14	110,00	2,403
420	15	110,00	2,403
450	16	110,00	2,403
481	17	110,00	2,403
511	18	110,00	2,403
542	19	110,00	2,403
573	20	110,00	2,403
603	21	110,00	2,403

**Tabla 35. CO<sub>2</sub> producido por vehículo ligero en cada tramo en la combinación planta-alzado**

Tramos	P.K. inicio	P.K. final	Longitud (km)	CO <sub>2</sub> (gr)	CO <sub>2</sub> (gr/km)
1	0	13829	13829	1535	111
2	13829	24455	10626	1870	176
3	24455	28138	3683	904	246
4	28138	34768	6630	1491	225
TOTAL				5801	757

Comprobando los datos de la tabla 35, se puede apreciar que hay bastante diferencia en cuanto al CO<sub>2</sub> que se genera en cada tramo y se podría ordenar según este factor, de mayor a menor, quedando de la siguiente manera:

- ✓ Tramo 3 : 246 gr/km
- ✓ Tramo 4: 225 gr/km
- ✓ Tramo 2: 176 gr/km
- ✓ Tramo 1: 111 gr/km

El orden de los tramos ha quedado con el mismo orden que los de los tramos de la combinación de planta-alzado para vehículos ligeros. Los motivos de porqué da más cantidad en unos que en otros es la misma que la que se ha aportado en el apartado 7.1.3., ya que las condiciones de operación no han cambiado con respecto a las que se han utilizado en la combinación de planta-alzado para un vehículo ligero. Lo único que se ha introducido diferente ha sido en el programa VT-Micro, que en vez de poner en las condiciones de cálculo que se haga el cálculo para un vehículo ligero (LDV1) se ha indicado que para las mismas condiciones se calcule para un vehículo pesado (HEV1).

En las figuras 41, 42, 43 y 44 se aportan para que se pueda verificar lo que se ha explicado en el párrafo anterior. Siendo importante que se pueda apreciar la diferencia que existe entre los tramos con respecto al trazado y con ello asociado la producción de CO<sub>2</sub>.

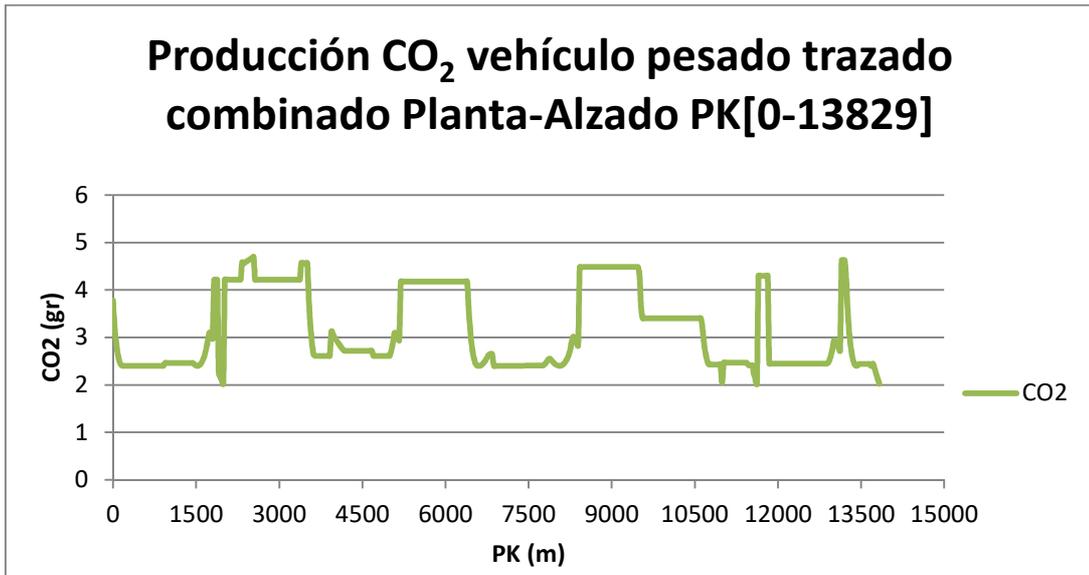


Figura 41. Gráfica CO<sub>2</sub> Vs. PK para combinación planta-alzado y un vehículo pesado (HEV1) en el tramo 1

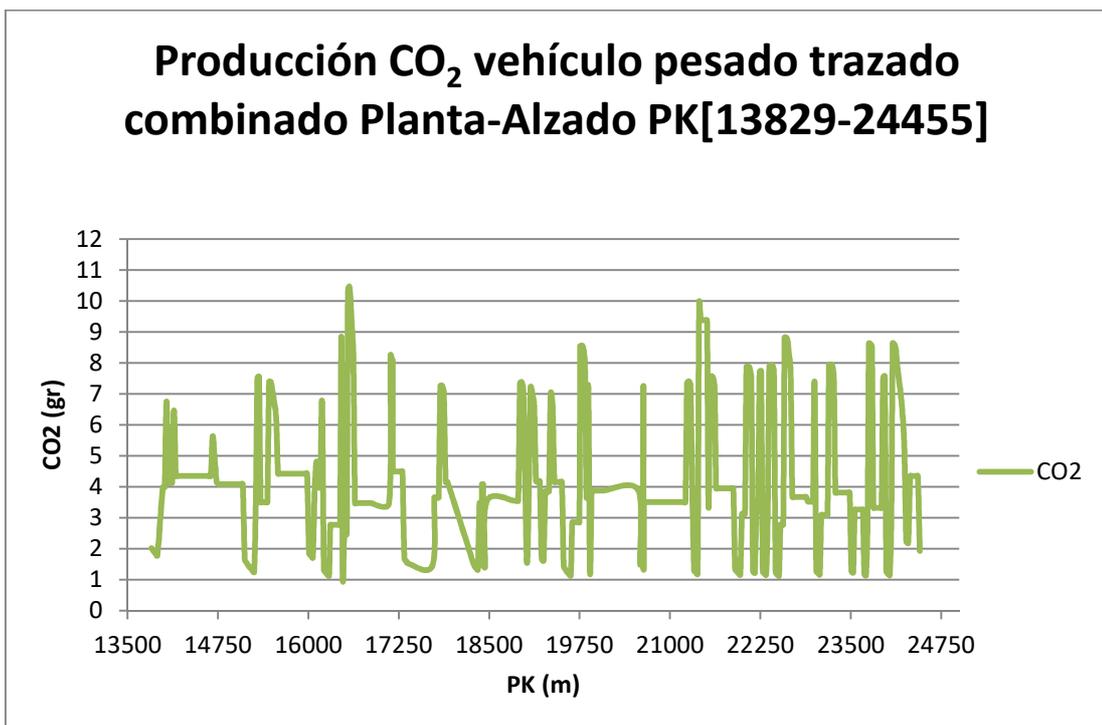


Figura 42. Gráfica CO<sub>2</sub> Vs. PK para combinación planta-alzado y un vehículo pesado (HEV1) en el tramo 2

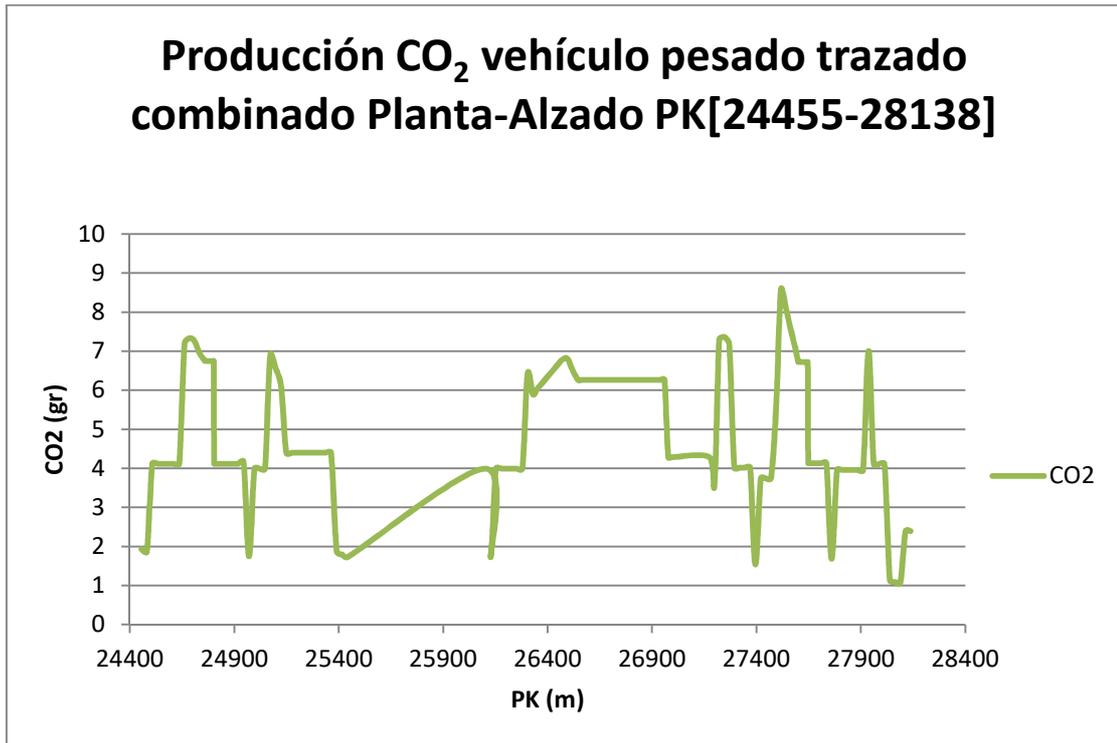


Figura 43. Gráfica CO<sub>2</sub> Vs. PK para combinación planta-alzado y un vehículo pesado (HEV1) en el tramo 3

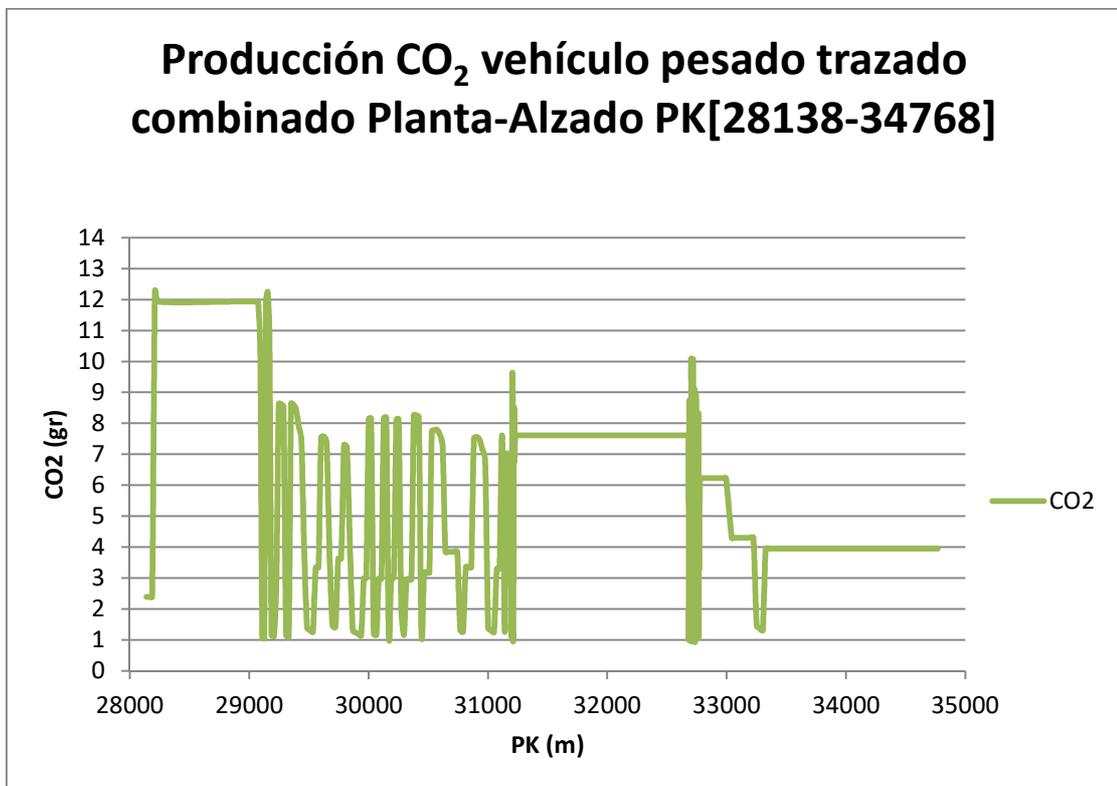


Figura 44. Gráfica CO<sub>2</sub> Vs. PK para combinación planta-alzado y un vehículo pesado (HEV1) en el tramo 4

### 7.3. Comparación producción de CO<sub>2</sub> entre vehículo ligero y vehículo pesado

Tras haber analizado las diferencias por tramos entre los trazados en planta y en alzado con respecto a la combinación de ambos, es interesante realizar también la confrontación de datos de la producción de CO<sub>2</sub> para la combinación planta-alzado para vehículos ligeros con la combinación planta-alzado para vehículos pesados.

Aunque en ambos casos se haya trabajado bajo las mismas condiciones geométricas del trazado y de la velocidad de operación, al realizar el estudio para diferentes tipos de vehículos, la generación de CO<sub>2</sub> para ambos casos será diferente, como se puede ver en la tabla 36.

**Tabla 36. CO<sub>2</sub> producido en combinación planta-alzado para vehículo ligero y vehículo pesado**

Tramos	Combinación planta-alzado (LDV1)	Combinación planta-alzado (HEV1)
	CO <sub>2</sub> (gr/km)	CO <sub>2</sub> (gr/km)
1	111,0	102,1
2	176,0	154,1
3	245,5	218,4
4	224,9	189,3
TOTAL	757,4	663,9

Haciendo comparativa de los datos reflejados en la tabla 36, se puede obtener una relación de demasía en la producción de CO<sub>2</sub> entre ambos casos. Teniendo en cuenta el diseño combinado de las características geométricas del trazado en planta y en alzado para un vehículo pesado, se puede decir que se genera una producción total que supera en un 14% la que se genera bajo las mismas características por un vehículo ligero.

A continuación se muestra en la tabla 37 los datos de los porcentajes que indican la producción de CO<sub>2</sub> al alza tras la comparativa por tramos de la combinación del trazado en planta-alzado para un vehículo ligero y uno pesado.

**Tabla 37. Porcentajes de comparativa de CO<sub>2</sub> producido por tramos entre la combinación planta-alzado para vehículo ligero y la combinación planta-alzado para vehículo pesado**

Tramos	Combinación planta-alzado (HEV1)	Combinación planta-alzado (LDV1)	
	CO <sub>2</sub> (gr/km)	CO <sub>2</sub> (gr/km)	%
1	111,0	101,9	-8,7
2	176,0	147,4	-14,2
3	245,5	144,2	-12,4
4	224,9	160,7	-18,8
TOTAL	757,4	554,2	-14,1

## 8. Conclusión y valoración

Cuando se hace el análisis de la producción en los trazados individuales en planta y en alzado para un vehículo ligero, se produce más CO<sub>2</sub> en el tramo 4 en ambas, con una cantidad de 161 y 164 gr/km, respectivamente.

Sin embargo, cuando se hace el análisis de la combinación del trazado en planta y en alzado para la circulación de un vehículo ligero, se produce más se CO<sub>2</sub> en el tramo 3, con una cantidad de 218 gr/km, lo cual es debido a los continuos cambios de velocidad gracias a la existencia de inclinaciones en la rasante superiores al 4% (trazado en alzado) y a la alta concentración de curvas y clotoides con radios poco amplios y además superan en longitud a las rectas que la conectan (trazado en planta). Se puede llegar a la conclusión de que la producción de CO<sub>2</sub> está íntimamente relacionada con lo revirado y/o escarpado que sea un tramo de carretera, siendo la generación del gas mayor en cuanto mayor sea la inclinación de la rasante y peor sean las condiciones de las curvas, es decir, haya una alta concentración de las mismas y los radios sean reducidos. Para que la producción de CO<sub>2</sub> por parte de un vehículo sea mínima, debe hacerse una compensación del trazado en ambas perspectivas.

La producción de CO<sub>2</sub> en la combinación del trazado en planta y en alzado para un vehículo ligero aumenta en un 20% cuando se compara con el diseño individual en planta y en un 24% en alzado. Todo esto se traduce en que hay que realizar estudios que combinen el trazado en planta y en alzado para obtener resultados que se aproximen a la producción de CO<sub>2</sub> real.

La producción de CO<sub>2</sub> en la combinación del trazado en planta y en alzado para un vehículo pesado aumenta en un 14% cuando se compara con el diseño combinado del trazado en planta

y en alzado para un vehículo ligero, siendo esto debido a que el vehículo pesado tiene una relación potencia/masa inferior y debe acelerar más para poder mantener la velocidad de operación en la vía, ocasionando que aumente la generación de CO<sub>2</sub>.

## 9. Referencias

- AENOR. (2012). *UNE-EN ISO 14064, Gases de Efecto Invernadero*. Madrid.
- Borrajó Sebastián, J., Sampedro Rodríguez, Á., Miralles Olivar, E., de la Peña González, E., del Real Suárez, E., & Aizpurúa Giráldez, N. (s.f.). *Carreteros*. Recuperado el 07 de 07 de 2018, de [http://www.carreteros.org/planificacion/2010/2010\\_2.pdf](http://www.carreteros.org/planificacion/2010/2010_2.pdf)
- Carreteras, D. G. (2012). *Instrucción de carreteras Norma 3.1-IC*. Madrid: Ministerio de Fomento.
- Castro, F. V. (2005). *25 preguntas sobre el cambio climático: conceptos básicos del efecto invernadero y del cambio climático*. Madrid: Ediciones Libertarias.
- Colegio de Ingenieros de Caminos, C. y. (2010). *Libro Verde de Transporte y Cambio Climático*. Madrid: Cyan, Proyectos editoriales, S.A.
- ESCRIVÀ, M. M. (2013). *“Estudio comparativo de modelos de velocidad de operación en carreteras convencionales y su aplicación a curvas con poco ángulo de deflexión. Aplicación práctica en la mejora de la seguridad vial de la carretera CV-376 entre el p.k. 0+000 y el p.k. 10+800*. Valencia: UPV.
- Facultad de Ciencias Forestales UACH, 1. (s.f.). *Facultad de Ciencias Forestales UACH*. Recuperado el 17 de Abril de 2018, de [https://www.uach.cl/procarbono/huella\\_de\\_carbono.html](https://www.uach.cl/procarbono/huella_de_carbono.html)
- García García, A., Camacho Torregrosa, F. J., & Pérez Zuriaga, A. M. (s.f.). Recuperado el 27 de Julio de 2018, de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/30545/Integraci%C3%B3n%20de%20la%20Consistencia%20en%20el%20Proceso%20de%20Dise%C3%B1o%20Geom%C3%A9trico%20de%20Carreteras%2020130605.pdf?sequence=1>
- García Jiménez. (2017).
- Hungarica, A. P. (2011). Recuperado el 5 de 6 de 2018, de [https://www.uni-obuda.hu/journal/Csikos\\_Varga\\_32.pdf](https://www.uni-obuda.hu/journal/Csikos_Varga_32.pdf)
- López, A. V. (2016). *DETERMINACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO EN UNA GRANJA DE ACUICULTURA MARINA EN EL LITORAL VALENCIANO*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- MAPAMA. (s.f.). *MAPAMA*. Recuperado el 16 de Abril de 2018, de <http://www.mapama.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/transporte.aspx>
- Núñez Monroy, J., & Núñez Palacios, R. A. (s.f.). *Revista Latina de Comunicación Social*. Recuperado el 9 de Abril de 2018, de [http://www.revistalatinacs.org/12SLCS/2012\\_actas/058\\_Nunez.pdf](http://www.revistalatinacs.org/12SLCS/2012_actas/058_Nunez.pdf)
- Pérez Zuriaga. (2012).
- Poole, D. M. (2015). *Universidad Politécnica de Madrid*. Recuperado el 05 de 07 de 2018, de [http://oa.upm.es/39422/1/TFM-Deirdre\\_Molinero\\_Poole.pdf](http://oa.upm.es/39422/1/TFM-Deirdre_Molinero_Poole.pdf)

Technology, F. H. (s.f.). *Federal Highway Administration Research and Technology*. Recuperado el 8 de 7 de 2018, de

<https://www.fhwa.dot.gov/publications/publicroads/97septoct/p97sept47.cfm>

Valencia Alaix, V. G., & García, A. (s.f.). Recuperado el 25 de 6 de 2018, de

<http://ocs.editorial.upv.es/index.php/CIT/CIT2016/paper/viewFile/4220/1541>

Zuriaga, A. M. (2012). *CARACTERIZACIÓN Y MODELIZACIÓN DE LA VELOCIDAD DE OPERACIÓN EN CARRETERAS CONVENCIONALES A PARTIR DE LA OBSERVACIÓN NATURALÍSTICA DE LA EVOLUCIÓN DE VEHÍCULOS LIGEROS*. Valencia: UPV.

## Anexos

En los siguientes 6 anexos se van a aportar las gráficas con un mayor tamaño que las mostradas anteriormente, los planos divididos por tramos en el trazado en planta y en alzado y además de las tablas con los datos obtenidos a lo largo de todo el estudio. Hacer hincapié en que los datos aportados en las diferentes tablas que se adjuntan, son a modo de muestra, debido a la gran extensión que ocuparía el trabajo si se mostraran las tablas con todos los resultados.

### Anexo 1: Datos de planta

**Tabla 38. Datos que arroja el Civil 3D tras hacer la alineación en planta**

Nº	A	P	K	Tipo	Longitud (m)	Orientación	P,K, inicial	P,K, final	Radio
1				Línea	5,5	N64° 37' 10"W	0	5,5	
2	1289,321	0,098	78,745	Espiral	157,516		5,5	163,02	
3				Curva	5,175		163,02	168,19	10553,499
4	779,194	0,013	28,76	Espiral	57,53		168,19	225,72	
5				Línea	1567,647	N65° 13' 53"W	225,72	1793,37	
6	340,565	0,116	35,609	Espiral	56,402		1793,37	1849,77	
7,1				Segentos útiples	6,662	N61° 28' 56"W	1849,77	1856,43	
7,2				Segentos útiples	6,66	N61° 16' 25"W	1856,43	1863,09	
7,3				Segentos útiples	6,657	N61° 02' 35"W	1863,09	1869,75	
8				Curva	160,45		1869,75	2030,2	1516,5
9,1				Segentos útiples	6,657	N60° 28' 39"W	2030,2	2036,86	
9,2				Segentos útiples	6,66	N60° 14' 43"W	2036,86	2043,52	
9,3				Segentos útiples	6,662	N60° 01' 59"W	2043,52	2050,18	
10	355,533	0,245	24,06	Espiral	63,269		2050,18	2113,45	
11				Línea	22,453	N56° 09' 36"W	2113,45	2135,9	
12	227,855	0,32	36,962	Espiral	74,115		2135,9	2210,02	
13				Curva	337,84		2210,02	2547,86	700,5
14	118,444	0,023	9,988	Espiral	20,027		2547,86	2567,88	
15				Línea	38,292	N87° 39' 09"W	2567,88	2606,18	
16	244,299	0,334	40,347	Espiral	65,259		2606,18	2671,44	
17,1				Segentos útiples	6,647	N82° 31' 22"W	2671,44	2678,08	
17,2				Segentos útiples	6,642	N82° 03' 43"W	2678,08	2684,72	
17,3				Segentos útiples	6,636	N81° 33' 30"W	2684,72	2691,36	
18				Curva	202,065		2691,36	2893,42	698,5
19,1				Segentos útiples	6,635	N70° 12' 46"W	2893,42	2900,06	
19,3				Segentos útiples	6,647	N69° 14' 33"W	2906,7	2913,35	
20	250,272	0,603	27,03	Espiral	69,483		2913,35	2982,83	
21				Línea	149,047	N63° 56' 47"W	2982,83	3131,88	
23				Curva	257,791		3255,53	3513,33	1191,5
24	515,136	1,714	111,162	Espiral	222,715		3513,33	3736,04	

Estudio del efecto del trazado en planta y alzado en la determinación unitaria, en flujo libre, de la huella de carbono asociada a la circulación de vehículos en el tramo Casinos - Tuéjar de la Carretera CV-35 (Valencia).

Nº	A	P	K	Tipo	Longitud (m)	Orientación	P,K, inicial	P,K, final	Radio
27				Curva	174,954		5197,09	5372,04	1530,5
28	344,591	0,162	38,747	Espiral	77,585		5372,04	5449,62	
29				Línea	971,037	S83° 50' 10"W	5449,62	6420,66	
30	986,314	0,07	58,964	Espiral	117,953		6420,66	6538,61	
31				Curva	117,687		6538,61	6656,3	8247,5
32	995,317	0,073	60,045	Espiral	120,116		6656,3	6776,42	
33				Línea	61,991	S82° 11' 29"W	6776,42	6838,41	
34	742,824	0,017	32,059	Espiral	49,836		6838,41	6888,24	
35,1				Segentos útiples	6,673	S85° 12' 07"W	6888,24	6894,92	
35,2				Segentos útiples	6,672	S85° 14' 28"W	6894,92	6901,59	
35,3				Segentos útiples	6,672	S85° 17' 07"W	6901,59	6908,26	
36				Curva	461,527		6908,26	7369,79	7899,5
37,1				Segentos útiples	2,233	S82° 56' 08"W	7369,79	7372,02	
37,2				Segentos útiples	2,233	S82° 56' 49"W	7372,02	7374,25	
37,3				Segentos útiples	2,234	S82° 57' 10"W	7374,25	7376,49	
37,4				Segentos útiples	13,324	S82° 57' 14"W	7376,49	7389,81	
38				Línea	37,534	S85° 48' 59"W	7389,81	7427,34	
39	1014,304	0,066	58,774	Espiral	117,572		7427,34	7544,92	
40				Curva	240,229		7544,92	7785,14	8750,5
41	387,116	0,001	8,561	Espiral	17,126		7785,14	7802,27	
42				Línea	577,978	S83° 48' 09"W	7802,27	8380,25	
43	262,714	0,032	20,209	Espiral	28,621		8380,25	8408,87	
44,1				Segentos útiples	6,664	S87° 05' 41"W	8408,87	8415,53	
44,2				Segentos útiples	6,66	S87° 17' 28"W	8415,53	8422,19	
44,3				Segentos útiples	6,656	S87° 31' 29"W	8422,19	8428,85	
45				Curva	51,855		8428,85	8480,7	1417,5
46,1				Segentos útiples	6,655	S84° 08' 24"W	8480,7	8487,36	
46,2				Segentos útiples	6,657	S84° 23' 55"W	8487,36	8494,02	
47	485,211	0,88	64,243	Espiral	145,943		8500,68	8646,62	
48				Línea	876,885	N89° 46' 31"W	8646,62	9523,5	
50				Curva	123,09		9680,92	9804,01	2004,5
51	263,345	0,025	17,284	Espiral	34,597		9804,01	9838,61	
52				Línea	812,352	S83° 57' 35"W	9838,61	10650,96	
53	1017,466	0,236	90,236	Espiral	180,528		10650,96	10831,49	
54				Curva	122,656		10831,49	10954,15	5734,5
56				Línea	0,155	S81° 30' 00"W	11020,59	11020,75	
57	1023,5	0,378	106,615	Espiral	195,029		11020,75	11215,78	
58,1				Segentos útiples	6,67	S85° 26' 24"W	11215,78	11222,45	
58,2				Segentos útiples	6,67	S85° 30' 50"W	11222,45	11229,12	
58,3				Segentos útiples	6,669	S85° 35' 24"W	11229,12	11235,79	
59				Curva	143,747		11235,79	11379,53	4870,5
60,1				Segentos útiples	6,669	S81° 37' 42"W	11379,53	11386,2	
60,2				Segentos útiples	6,67	S81° 42' 03"W	11386,2	11392,87	

Nº	A	P	K	Tipo	Longitud (m)	Orientación	P,K, inicial	P,K, final	Radio
61	640,737	0,078	24,514	Espiral	64,266		11399,54	11463,81	
62				Línea	2,549	S84° 57' 01"W	11463,81	11466,36	
63	1160,315	0,083	69,583	Espiral	139,192		11466,36	11605,55	
64				Curva	193,017		11605,55	11798,57	9672,5
65	261,071	0	3,523	Espiral	7,047		11798,57	11805,61	
66				Línea	1053,069	S83° 22' 25"W	11805,61	12858,68	
1				Línea	303,281	S86° 51' 10"W	0	303,28	
2				Curva	76,8		303,28	380,08	1300
3				Línea	624,821	S83° 28' 05"W	380,08	1004,9	
4,1	223,607	0,833	49,983	Espiral-Curva-Espiral	100		1004,9	1104,9	
4,2				Espiral-Curva-Espiral	77,729		1104,9	1182,63	500
4,3	223,607	0,833	49,983	Espiral-Curva-Espiral	100		1182,63	1282,63	
6,1	291,548	0,49	49,994	Espiral-Curva-Espiral	100		1289,5	1389,5	
6,2				Espiral-Curva-Espiral	432,703		1389,5	1822,21	850
6,3	291,548	0,49	49,994	Espiral-Curva-Espiral	100		1822,21	1922,21	
7				Línea	30,201	S67° 55' 35"W	1922,21	1952,41	
8				Línea	461,383	S63° 42' 23"W	1952,41	2413,79	
9				Curva	38,279		2413,79	2452,07	200
10				Línea	45,329	S74° 40' 21"W	2452,07	2497,4	
11				Curva	100,661		2497,4	2598,06	250
12				Línea	89,524	N82° 15' 27"W	2598,06	2687,58	
1				Línea	553,039	N83° 45' 22"W	0	553,04	
104	69,867	0,2	14,512	Espiral	29,274		6695,04	6724,32	
105				Línea	57,878	N84° 41' 22"W	6724,32	6782,19	
106	50,731	0,086	8,864	Espiral	17,903		6782,19	6800,1	
107				Curva	37,631		6800,1	6837,73	143,75
108	43,628	0,047	6,556	Espiral	13,241		6837,73	6850,97	

Tabla 39. Datos introducidos en el programa Perfil V85. Geometría trazado en planta

Elemento	PK Inicial	PK Final	Longitud (m)	Radio (m)	Parámetro (m)	Tramos	PK inicio -PK fin	Longitud
1	0	6	6			tramo 1	0-1870	1870
3	6	163	157		1289			
2	163	168	5	10553				
3	168	226	58		779			
1	226	1793	1567					
3	1793	1850	57		341			
1	1850	1870	20					

Elemento	PK Inicial	PK Final	Longitud (m)	Radio (m)	Parámetro (m)	
1	2030	2050	20			
3	2050	2113	63		-356	
1	2113	2136	23			
3	2136	2210	74		-228	
2	2210	2548	338	-701		
3	2548	2568	20		-118	
3	2606	2671	65		244	
1	2671	2691	20			
2	2691	2893	202	699		tramo 2
1	2893	2913	20			1870-6421
3	2913	2983	70		250	4552
1	2983	3132	149			
3	3132	3256	124		-384	
2	3256	3513	257	-1192		
3	3513	3736	223		-515	
1	3736	5012	1276			
3	5012	5197	185		-533	
2	5197	5372	175	-1531		
3	5372	5450	78		-345	
1	5450	6421	971			
3	6421	6539	118		-986	
2	6539	6656	117	-8248		
3	6656	6776	120		-995	
1	6776	6838	62			
3	6838	6888	50		743	tramo 3
1	6888	6908	20			6421-7802
2	6908	7370	462	7900		1382
1	7370	7427	57			
3	7427	7545	118		-1014	
3	7785	7802	17		-387	
1	7802	8380	578			
3	8380	8409	29		263	
1	8409	8428	19			
2	8428	8481	53	1418		
1	8481	8501	20			
3	8501	8647	146		485	tramo 4
1	8647	9524	877			7802-10651
3	9524	9681	157		-562	2850
2	9681	9804	123	-2005		
3	9804	9839	35		-263	
1	9839	10651	812			
3	10651	10831	180		-1017	tramo 5
2	10831	10954	123	-5735		10651-11806
3	10954	11021	67		-617	1156

Elemento	PK Inicial	PK Final	Longitud (m)	Radio (m)	Parámetro (m)
3	11021	11216	195		1024
1	11216	11236	20		
2	11236	11380	144	4871	
1	11380	11400	20		
3	11400	11464	64		641
3	11466	11606	140		-1160
2	11606	11799	193	-9673	
3	11799	11806	7		-261
1	11806	13162	1356		
2	13162	13239	77	-1300	
1	13239	13864	625		
3	13864	13964	100		224
2	13964	14042	78	500	
3	14042	14142	100		224
1	14142	14149	7		
3	14149	14249	100		-292
2	14249	14682	433	-850	
3	14682	14782	100		-292
1	14782	15274	492		
2	15274	15312	38	200	
1	15312	15357	45		
2	15357	15458	101	250	
1	15458	16101	643		
3	16101	16110	9		121
1	16110	16130	20		
2	16130	16192	62	497	
1	16192	16199	7		
1	16263	16283	20		
3	16283	16318	35		-56
2	16318	16470	152	-92	
3	16470	16485	15		-44
1	16485	16505	20		
2	16505	16561	56	61	
1	16561	16580	19		
3	16580	16643	63		72
1	16643	17011	368		
3	17011	17016	5		46
1	17016	17036	20		
2	17036	17081	45	82	
1	17081	17101	20		
3	17101	17130	29		-129
2	17130	17168	38	-422	
3	17168	17233	65		-166



**Tabla 40. Muestra de datos obtenidos para la velocidad de operación, aceleración y el tiempo en planta**

PK	t (s)	V85 (km/h)	Aceleración (m/s <sup>2</sup> )	Aceleración (km/h/s)
0	0	100,000	0,000	0,000
27	1	101,129	0,398	1,433
56	2	102,548	0,398	1,433
85	3	103,997	0,398	1,433
115	4	105,426	0,398	1,433
145	5	106,884	0,398	1,433
175	6	108,323	0,398	1,433
206	7	109,743	0,398	1,433
236	8	111,145	0,398	1,433
267	9	112,164	0,000	0,000
298	10	112,164	0,000	0,000
328	11	112,164	0,000	0,000
359	12	112,164	0,000	0,000
389	13	112,164	0,000	0,000
420	14	112,164	0,000	0,000
450	15	112,164	0,000	0,000
481	16	112,164	0,000	0,000
511	17	112,164	0,000	0,000
542	18	112,164	0,000	0,000
573	19	112,164	0,000	0,000
603	20	112,164	0,000	0,000
634	21	112,164	0,000	0,000
664	22	112,164	0,000	0,000
695	23	112,164	0,000	0,000
725	24	112,164	0,000	0,000
756	25	112,164	0,000	0,000
786	26	112,164	0,000	0,000
817	27	112,164	0,000	0,000
848	28	112,164	0,000	0,000
939	31	112,164	0,000	0,000
970	32	112,164	0,000	0,000
1001	33	112,164	0,000	0,000
1032	34	112,164	0,000	0,000
1064	35	112,164	0,000	0,000
1095	36	112,164	0,000	0,000
1126	37	112,164	0,000	0,000
1157	38	112,164	0,000	0,000
1188	39	112,164	0,000	0,000
1219	40	112,164	0,000	0,000
1250	41	112,164	0,000	0,000
1313	43	112,164	0,000	0,000

PK	t (s)	V85 (km/h)	Aceleración (m/s <sup>2</sup> )	Aceleración (km/h/s)
1375	45	112,164	0,000	0,000
1406	46	112,164	0,000	0,000
1437	47	112,164	0,000	0,000
1469	48	111,899	-0,259	-0,934
1500	49	110,963	-0,259	-0,934
1530	50	110,020	-0,259	-0,934
1561	51	109,099	-0,259	-0,934
1591	52	108,170	-0,259	-0,934
1621	53	107,233	-0,259	-0,934
1651	54	106,288	-0,259	-0,934
1680	55	105,367	-0,259	-0,934
1710	56	104,437	-0,259	-0,934
1739	57	103,499	-0,259	-0,934
1767	58	102,552	-0,259	-0,934
1796	59	101,630	-0,259	-0,934
1824	60	100,699	-0,259	-0,934
1852	61	100,163	0,000	0,000
1880	62	100,163	0,000	0,000
1908	63	100,163	0,000	0,000
1935	64	99,396	-0,471	-1,695
1963	65	97,662	-0,471	-1,695
1990	66	95,961	-0,471	-1,695
2017	67	94,293	-0,471	-1,695
2043	68	94,034	0,000	0,000
2069	69	94,034	0,000	0,000
2095	70	94,034	0,000	0,000
2121	71	94,034	0,000	0,000
2147	72	94,034	0,000	0,000
2173	73	94,034	0,000	0,000
2199	74	94,034	0,000	0,000
2226	75	94,034	0,000	0,000
2278	77	94,034	0,000	0,000
2304	78	94,034	0,000	0,000
2330	79	94,034	0,000	0,000
2356	80	94,034	0,000	0,000
2382	81	94,034	0,000	0,000
2407	82	94,034	0,000	0,000
2433	83	94,034	0,000	0,000
2459	84	94,034	0,000	0,000
2485	85	94,034	0,000	0,000
2511	86	94,034	0,000	0,000
2563	88	94,563	0,000	0,000
2589	89	94,563	0,000	0,000
2615	90	94,563	0,000	0,000

PK	t (s)	V85 (km/h)	Aceleración (m/s <sup>2</sup> )	Aceleración (km/h/s)
2667	92	94,204	0,000	0,000
2693	93	94,009	0,000	0,000
2719	94	94,009	0,000	0,000
2745	95	94,009	0,000	0,000
2771	96	94,009	0,000	0,000
2798	97	94,009	0,000	0,000
2824	98	94,009	0,000	0,000
2850	99	94,009	0,000	0,000
2876	100	94,009	0,000	0,000
2902	101	94,009	0,000	0,000
2928	102	94,009	0,000	0,000
2954	103	94,009	0,000	0,000
2980	104	94,009	0,000	0,000
3006	105	94,009	0,000	0,000
3033	106	94,009	0,000	0,000
3059	107	94,009	0,000	0,000
3085	108	94,009	0,000	0,000
3111	109	94,009	0,000	0,000
3137	110	95,184	0,476	1,715
3163	111	96,919	0,476	1,715
3189	112	98,388	0,000	0,000
3215	113	98,388	0,000	0,000
3241	114	98,388	0,000	0,000
3268	115	98,388	0,000	0,000
3294	116	98,388	0,000	0,000
3320	117	98,388	0,000	0,000
3346	118	98,388	0,000	0,000
3372	119	98,388	0,000	0,000
3398	120	98,388	0,000	0,000
3424	121	98,388	0,000	0,000

Estudio del efecto del trazado en planta y alzado en la determinación unitaria, en flujo libre, de la huella de carbono asociada a la circulación de vehículos en el tramo Casinos - Tuéjar de la Carretera CV-35 (Valencia).

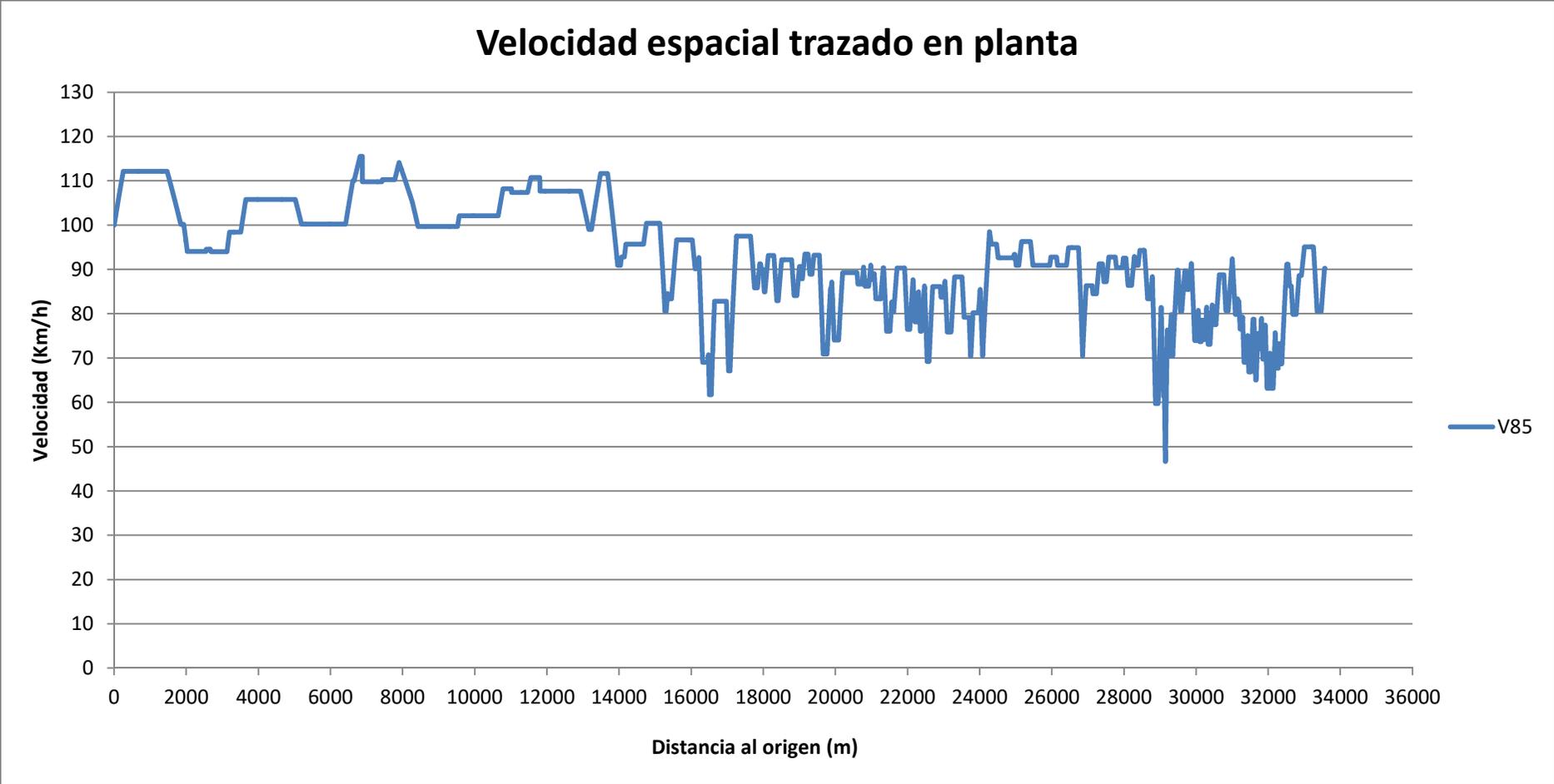


Figura 45. Velocidad espacial para el trazado en planta

Estudio del efecto del trazado en planta y alzado en la determinación unitaria, en flujo libre, de la huella de carbono asociada a la circulación de vehículos en el tramo Casinos - Tuéjar de la Carretera CV-35 (Valencia).

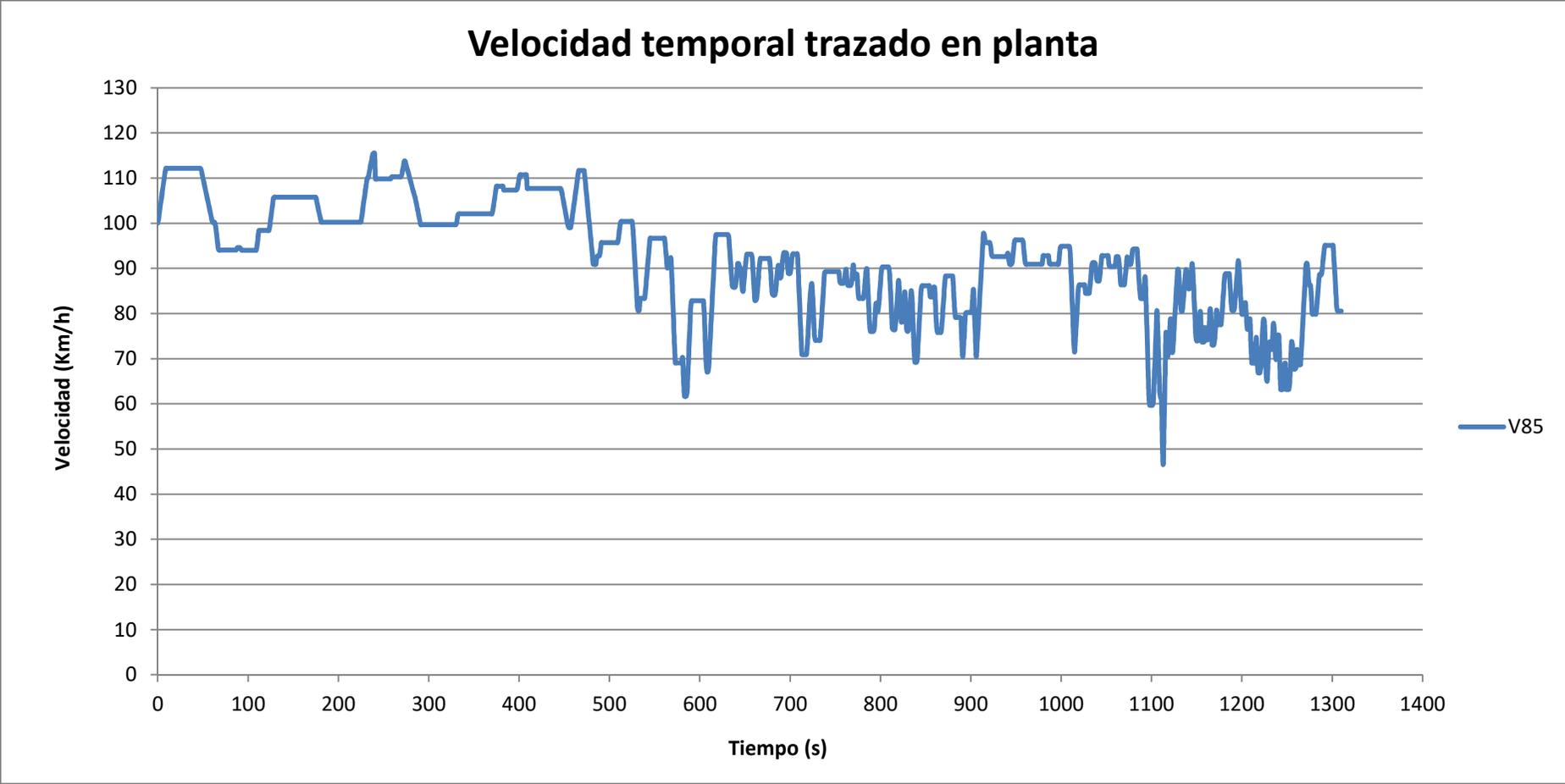
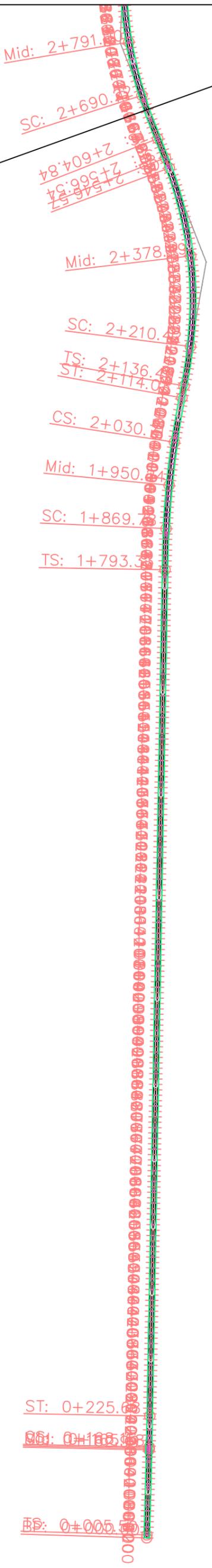
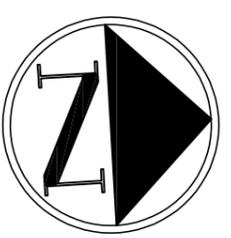


Figura 46. Velocidad temporal para el trazado en planta

## Anexo 2: Planos de planta



AT STA  
PREVIOUS SHEET



MATCH LINE - 1  
AT STATION - 2+662.00  
NEXT SHEET NUMBER: ###

REDACTOR: Ehedei Gonzalez Santana	TUTOR: Manuel López Porta	DESIGNACIÓN: Estudio del efecto del trazado en planta y alzado en la determinación unitaria, en flujo libre, de la huella de carbono asociada a la circulación de vehículos en el tramo Casinos - Tudejar de la Carretera CV-35 (Valencia).	FECHA: AGOSTO 2018	SITUACIÓN: Valencia. Carretera CV-35, desde Casinos a Tudejar	ESCALA: 1/3500	PLANO: Planta	NUMERO PLANO: 2
							Hoja 1 de 15

REDACTOR: Ehedei Gonzalez Santana	TUTOR: Manuel López Porta	DESIGNACIÓN: Estudio del efecto del trazado en planta y alzado en la determinación unitaria, en flujo libre, de la huella de carbono asociada a la circulación de vehículos en el tramo Casinos - Tùejar de la Carretera CV-35 (Valencia).	FECHA: AGOSTO 2018	SITUACIÓN: Valencia. Carretera CV-35, desde Casinos a Tùejar	ESCALA: 1/3500	PLANO: Planta	NUMERO PLANO: 2
							Hoja 2 de 15

MATCH LINE - 2  
STATION - 5+334.00  
PREVIOUS SHEET NUMBER: ####

MATCH LINE - 2  
AT STATION - 5+334.00  
PREVIOUS SHEET NUMBER: ####

ST: 5+448.00  
CS: 5+370.00

TS: 5+010.60

ST: 3+735.00

CS: 3+512.70

Mid: 3+384.40

SC: 3+255.00

TS: 3+132.20

ST: 2+983.00

CS: 2+893.00

Mid: 2+791.00

SC: 2+690.00

TS: 2+604.80

ST: 2+566.50  
CS: 2+540.00

MATCH LINE - 1  
STATION - 2+662.00  
SHEET NUMBER: ####

MATCH LINE - 1  
AT STATION - 2+662.00  
PREVIOUS SHEET NUMBER - ####



MATCH LINE - 3  
AT STATION - 8+006.00  
NEXT SHEET NUMBER: ####

MATCH LINE - 3  
AT STATION - 8+006.00  
PREVIOUS SHEET NUMBER - ###

ST: 7+800.0  
CS: 7+785.0

Mid: 7+663.0

SC: 7+543.0

TS: 7+425.0

CS: 7+365.0

Mid: 7+137.0

SC: 6+906.0

TS: 6+836.0

ST: 6+774.0

CS: 6+654.0

Mid: 6+595.0

SC: 6+536.0

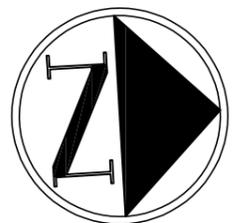
TS: 6+419.0

ST: 5+448.0

CS: 5+370.0

Mid: 5+326.0

MATCH LINE - 2  
AT STATION - 5+334.00  
PREVIOUS SHEET NUMBER - ####



REDACTOR:  
Ehedeý González Santana

TUTOR:  
Manuel López Porta

DESIGNACIÓN:  
Estudio del efecto del trazado en planta y alzado en la determinación unitaria, en flujo libre, de la huella de carbono asociada a la circulación de vehículos en el tramo Casinos - Tudejar de la Carretera CV-35 (Valencia).

FECHA:  
AGOSTO 2018

SITUACIÓN:  
Valencia. Carretera CV-35, desde Casinos a Tudejar

ESCALA:  
1/3500

PLANO:  
Planta

NUMERO PLANO:  
Hoja 3 de 15  
2

MATCH LINE - 4  
AT STATION - 10+678.00  
EXT SHEET NUMBER: ####

MATCH LINE - 4  
AT STATION - 10+678.00  
PREVIOUS SHEET NUMBER - ####

SC: 10+829.00

TS: 10+649.00

ST: 9+837.00

CS: 9+802.00

Mid: 9+741.50

SC: 9+679.00

TS: 9+522.00

ST: 8+645.00

CS: 8+479.00

Mid: 8+453.00

SC: 8+427.00

TS: 8+378.00

MATCH LINE - 3  
AT STATION - 8+006.00  
EXT SHEET NUMBER: ####

MATCH LINE - 3  
AT STATION - 8+006.00  
PREVIOUS SHEET NUMBER - ####



REDACTOR:  
Ehedeý González Santana

TUTOR:  
Manuel López Porta

DESIGNACIÓN:  
Estudio del efecto del trazado en planta y alzado en la determinación unitaria, en flujo libre, de la huella de carbono asociada a la circulación de vehículos en el tramo Casinos - Tudejar de la Carretera CV-35 (Valencia).

FECHA:  
AGOSTO 2018

SITUACIÓN:  
Valencia. Carretera CV-35, desde Casinos a Tudejar

ESCALA:  
1/3500

PLANO:  
Planta

NÚMERO PLANO:  
Hoja 4 de 15  
2

REDACTOR:	Ehedeý González Santana
TUTOR:	Manuel López Porta
DESIGNACIÓN:	Estudio del efecto del trazado en planta y alzado en la determinación unitaria, en flujo libre, de la huella de carbono asociada a la circulación de vehículos en el tramo Casinos - Tùejar de la Carretera CV-35 (Valencia).
FECHA:	AGOSTO 2018
SITUACIÓN:	Valencia. Carretera CV-35, desde Casinos a Tùejar
ESCALA:	1/3500
PLANO:	Planta
NÚMERO PLANO:	2
	Hoja 5 de 15

EP: 12+857.05

SS: 11+806.05

Mid: 11+700.4

SC: 11+603.9

SS: 11+462.08

CS: 11+377.9

Mid: 11+306.0

SC: 11+234.7

SS: 11+018.2

CS: 10+952.4

Mid: 10+891.7

SC: 10+829.6

TS: 10+649.9

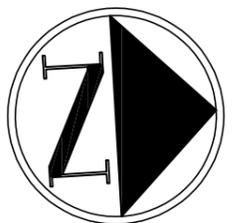
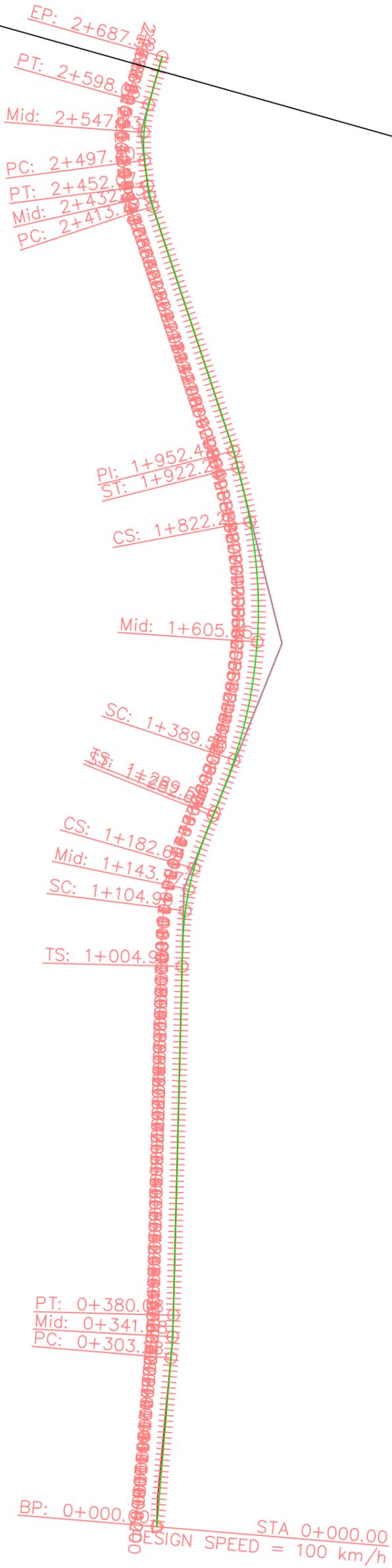


MATCH LINE - 4  
 AT STATION - 10+678.00  
 NEXT SHEET NUMBER: #####

MATCH LINE - 4  
 AT STATION - 10+678.00  
 PREVIOUS SHEET NUMBER - #####

MATCH LINE - 1  
AT STATION - 2+662.00  
NEXT SHEET NUMBER: ###

MATCH LINE - 1  
AT STATION - 2+662.00  
PREVIOUS SHEET NUMBER - ###

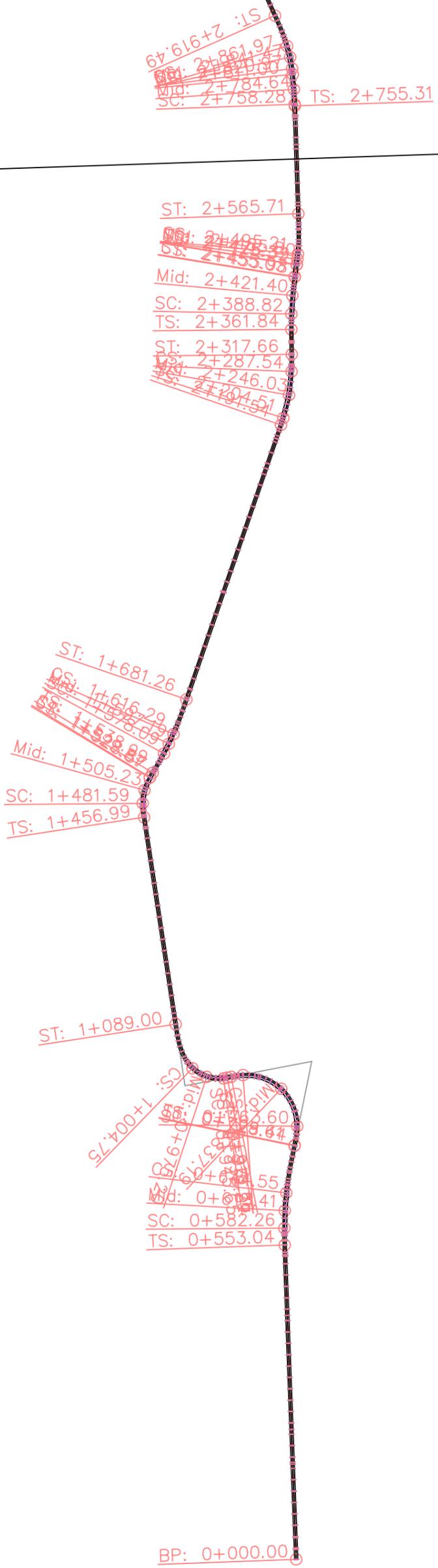


REDACTOR: Ehedeý González Santana	TUTOR: Manuel López Porta	DESIGNACIÓN: Estudio del efecto del trazado en planta y alzado en la determinación unitaria, en flujo libre, de la huella de carbono asociada a la circulación de vehículos en el tramo Casinos - Tudejar de la Carretera CV-35 (Valencia).	FECHA: AGOSTO 2018	SITUACIÓN: Valencia. Carretera CV-35, desde Casinos a Tudejar	ESCALA: 1/3500	PLANO: Planta	NÚMERO PLANO: 2
							Hoja 6 de 15

REDACTOR: Ehedei Gonzalez Santana	TUTOR: Manuel López Porta	DESIGNACIÓN: Estudio del efecto del trazado en planta y alzado en la determinación unitaria, en fujio libre, de la huella de carbono asociada a la circulación de vehículos en el tramo Casinos - Tudejar de la Carretera CV-35 (Valencia).	FECHA: AGOSTO 2018	SITUACIÓN: Valencia. Carretera CV-35, desde Casinos a Tudejar	ESCALA: 1/3500	PLANO: Planta	NUMERO PLANO: 2
							Hoja 7 de 15

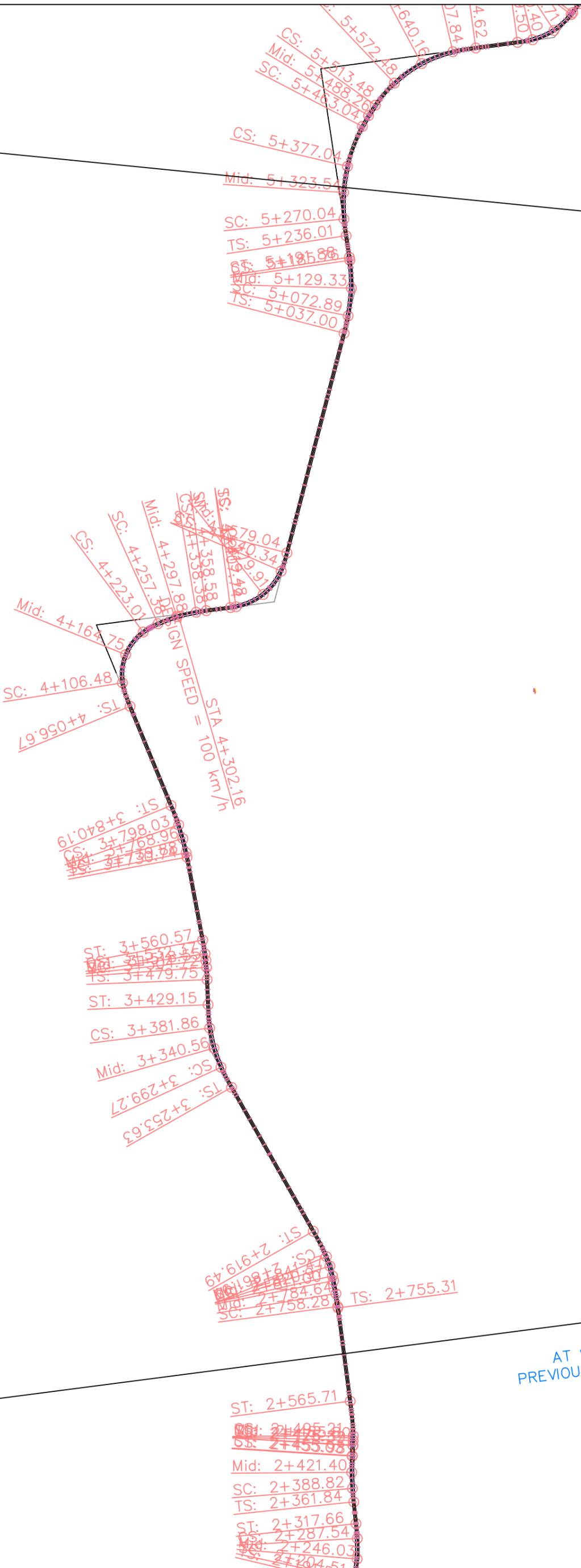
MATCH LINE - 1  
STATION - 2+662.00  
SHEET NUMBER: #####

MATCH LINE - 1  
AT STATION - 2+662.00  
PREVIOUS SHEET NUMBER - #####



MATCH LINE - 2  
AT STATION - 5+334.00  
NEXT SHEET NUMBER: ###

PRE



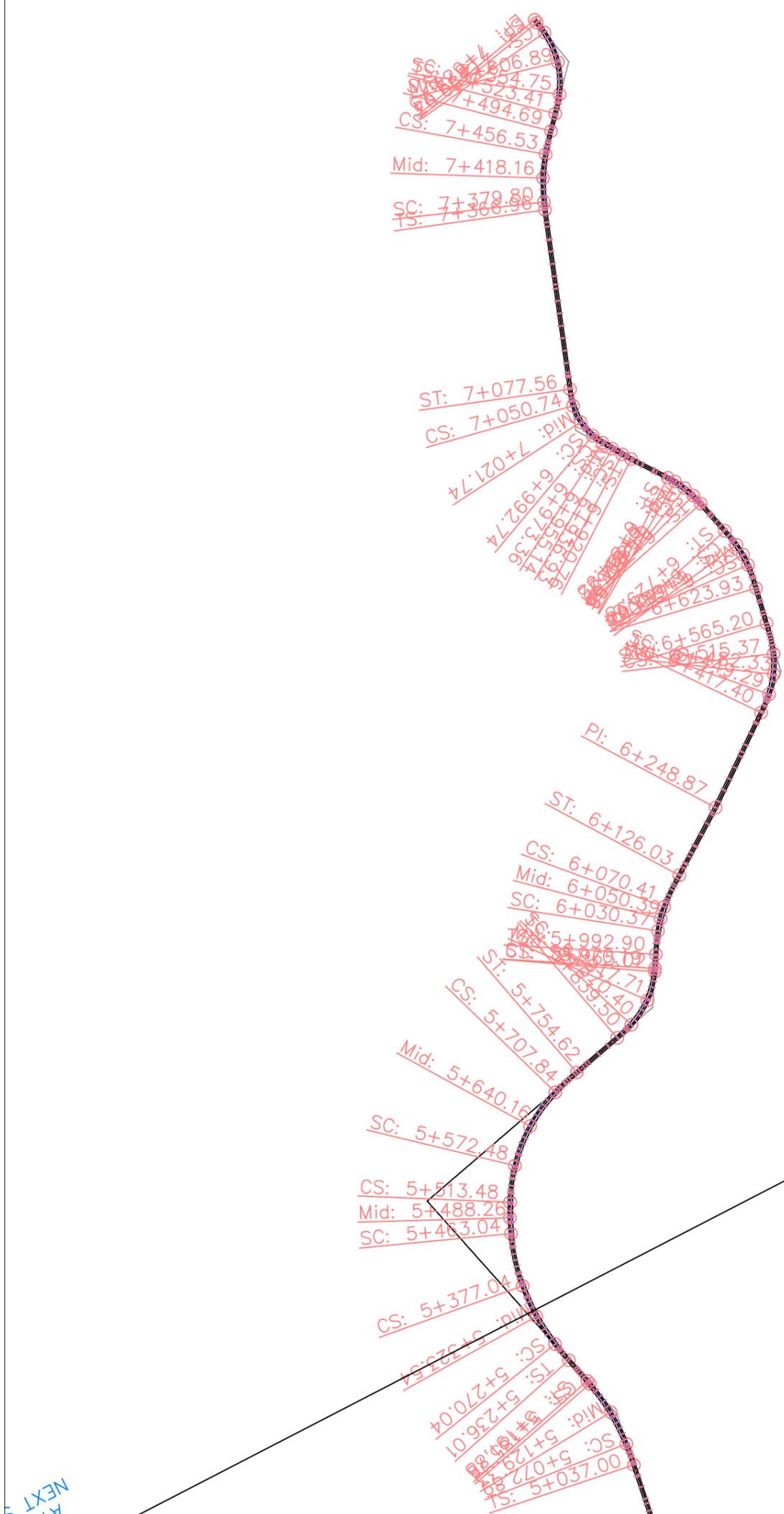
MATCH LINE - 1  
AT STATION - 2+662.00  
NEXT SHEET NUMBER: ###

MATCH LINE - 1  
AT STATION - 2+662.00  
PREVIOUS SHEET NUMBER - #



REDACTOR: Ehedei Gonzalez Santana	TUTOR: Manuel López Porta	DESIGNACIÓN: Estudio del efecto del trazado en planta y alzado en la determinación unitaria, en fujio libre, de la huella de carbono asociada a la circulación de vehículos en el tramo Casinos - Tudjajar de la Carretera CV-35 (Valencia).	FECHA: AGOSTO 2018	SITUACIÓN: Valencia. Carretera CV-35, desde Casinos a Tudjajar	ESCALA: 1/3500	PLANO: Planta	NUMERO PLANO: 2
							Hoja 8 de 15

REDACTOR:	Ehedeý González Santana	TUTOR:	Manuel López Porta	DESIGNACIÓN:	Estudio del efecto del trazado en planta y alzado en la determinación unitaria, en fujio libre, de la huella de carbono asociada a la circulación de vehículos en el tramo Casinos - Tudejar de la Carretera CV-35 (Valencia).	FECHA:	AGOSTO 2018	SITUACIÓN:	Valencia. Carretera CV-35, desde Casinos a Tudejar	ESCALA:	1/3500	PLANO:	Planta	NÚMERO PLANO:	2
Hoja 9 de 15															



MATCH LINE - 2  
 AT STATION - 5+334.00  
 PREVIOUS SHEET NUMBER - ###

AT STA  
 NEXT S



M  
AT ST  
PREVIOUS

MATCH LINE - 1  
AT STATION - 2+662.00  
NEXT SHEET NUMBER: ####

Mid: 3+051.

SC: 2+925.

IS: 2+825.  
ST: 2+845.

CS: 2+715.

Mid: 2+480.

SC: 2+244.  
IS: 2+144.

ST: 1+894.9

CS: 1+854.9

Mid: 1+816.9

SC: 1+777.3

IS: 1+737.5

CS: 1+717.3

Mid: 1+529.

SC: 1+346.

IS: 1+326.4

ST: 1+279.7

CS: 1+259.7

Mid: 1+195.

SC: 1+132.

IS: 1+112.3

ST: 1+091.8

CS: 1+071.8

Mid: 0+958.

SC: 0+917.5

IS: 0+858.

ST: 0+754.

CS: 0+734.58

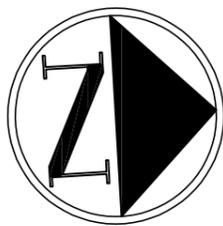
Mid: 0+641.15

0+513.00

0+528.58

0+547.75

0+000.00  
0+000.00  
DESIGN SPEED = 100 km/h  
STA 0+000.00



REDACTOR:

Ehedeý González Santana

TUTOR:

Manuel López Porta

DESIGNACIÓN:

Estudio del efecto del trazado en planta y alzado en la determinación unitaria, en flujo libre, de la huella de carbono asociada a la circulación de vehículos en el tramo Casinos - Tùejar de la Carretera CV-35 (Valencia).

FECHA:

AGOSTO 2018

SITUACIÓN:

Valencia. Carretera CV-35, desde Casinos a Tùejar

ESCALA:

1/3500

PLANO:

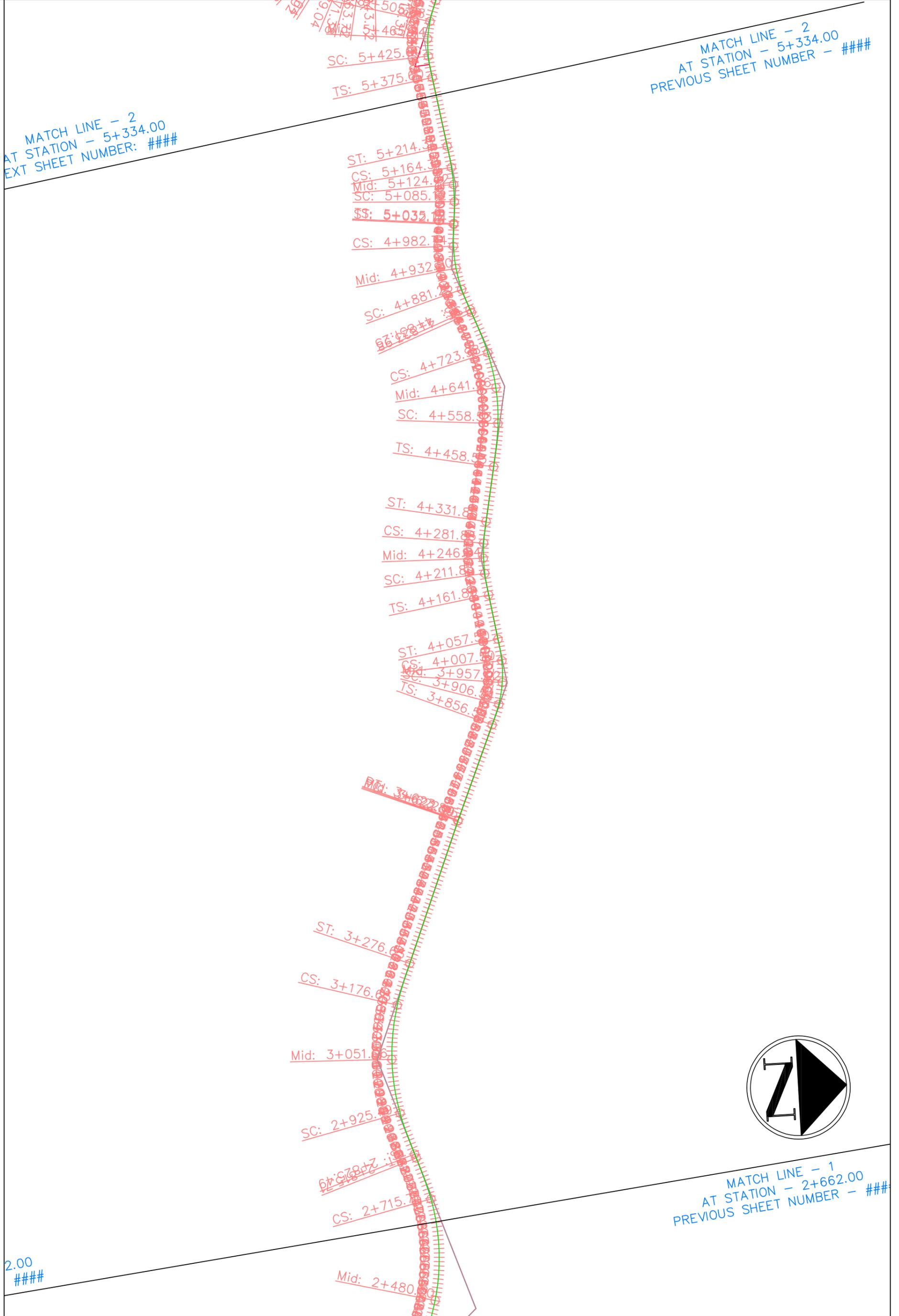
Planta

NÚMERO PLANO:

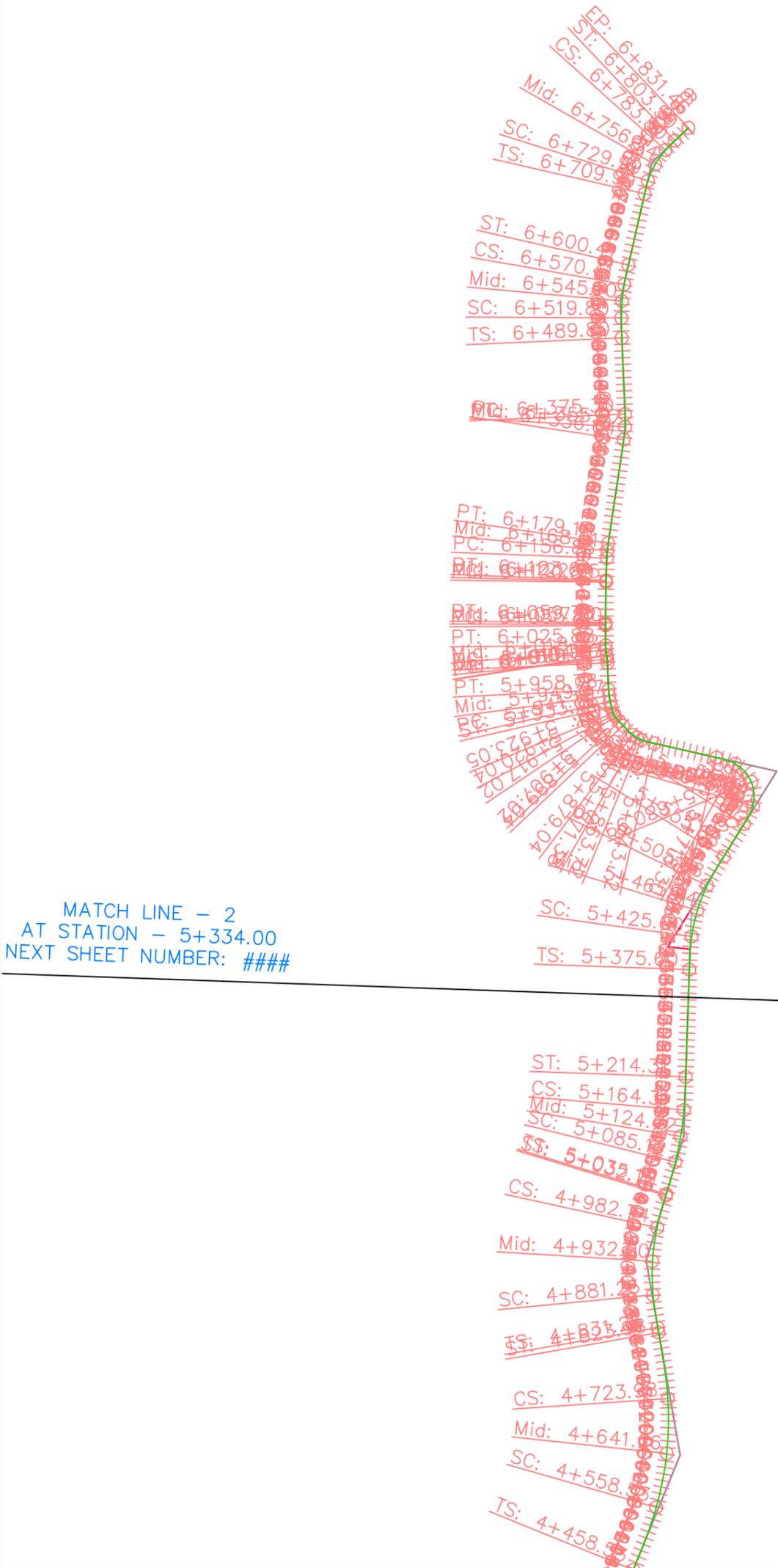
2

Hoja 10 de 15

REDACTOR: Ehedei Gonzalez Santana	TUTOR: Manuel López Porta	DESIGNACIÓN: Estudio del efecto del trazado en planta y alzado en la determinación unitaria, en fujos libre, de la huella de carbono asociada a la circulación de vehículos en el tramo Casinos - Tudejar de la Carretera CV-35 (Valencia).	FECHA: AGOSTO 2018	SITUACIÓN: Valencia. Carretera CV-35, desde Casinos a Tudejar	ESCALA: 1/3500	PLANO: Planta	NÚMERO PLANO: 2
							Hoja 11 de 15



REDACTOR: Ehedeý González Santana	TUTOR: Manuel López Porta	DESIGNACIÓN: Estudio de efecto del trazado en planta y alzado en la determinación unitaria, en flujo libre, de la huella de carbono asociada a la circulación de vehículos en el tramo Casinos - Tùejar de la Carretera CV-35 (Valencia).	FECHA: AGOSTO 2018	SITUACIÓN: Valencia. Carretera CV-35, desde Casinos a Tùejar	ESCALA: 1/3500	PLANO: Planta	NÚMERO PLANO: 2
							Hoja 12 de 15



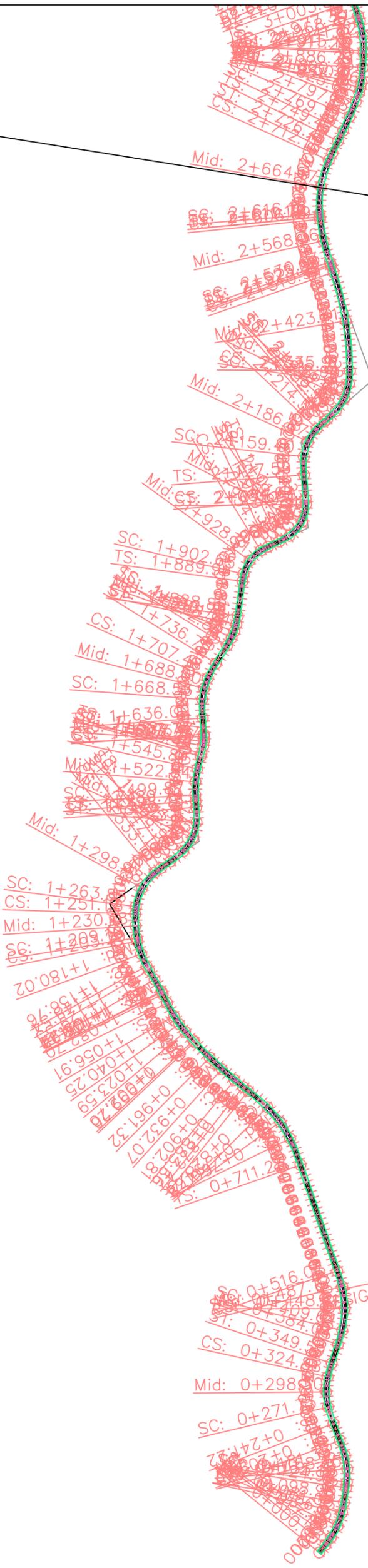
MATCH LINE - 2  
 AT STATION - 5+334.00  
 NEXT SHEET NUMBER: ####

MATCH LINE - 2  
 AT STATION - 5+334.00  
 PREVIOUS SHEET NUMBER - ####



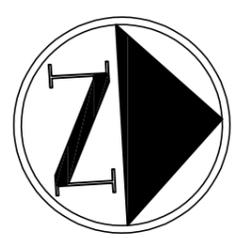
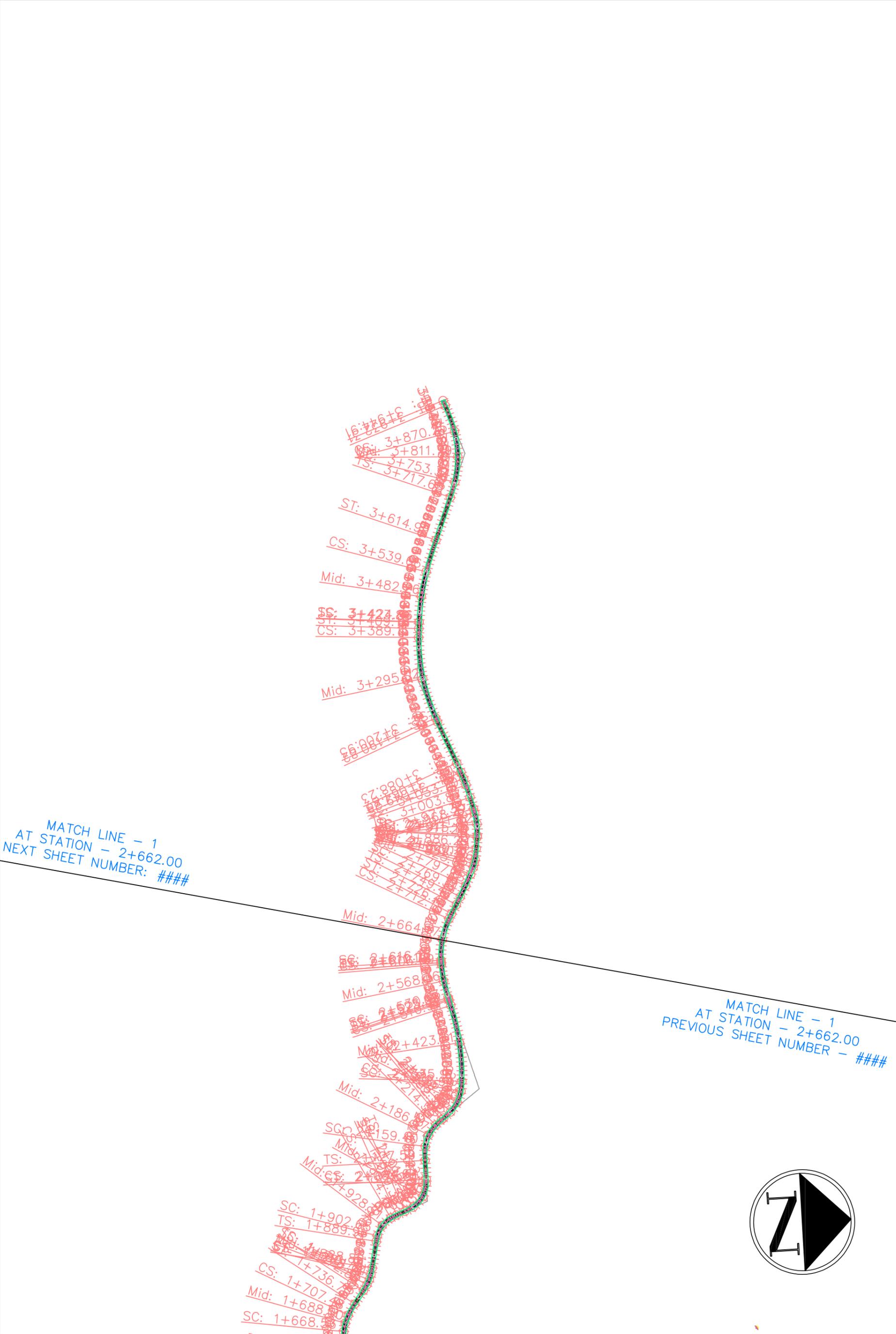
MATCH LINE - 1  
AT STATION - 2+662.00  
NEXT SHEET NUMBER: ###

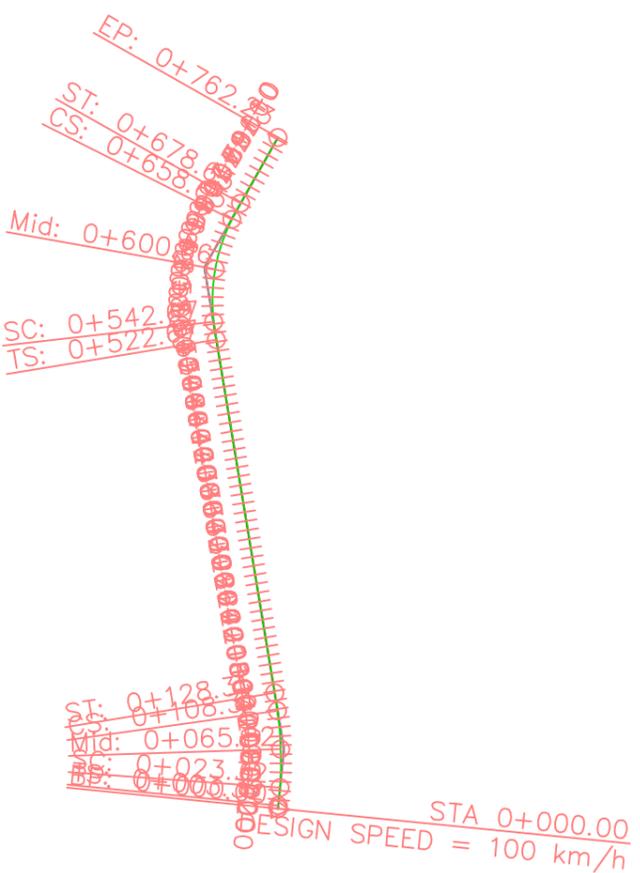
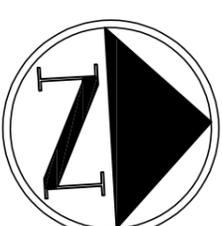
MATCH LINE -  
AT STATION - 2+6  
PREVIOUS SHEET NUMBER



REDACTOR: Ehedeý González Santana	TUTOR: Manuel López Porta	DESIGNACIÓN: Estudio de efecto del trazado en planta y alzado en la determinación unitaria, en flujo libre, de la huella de carbono asociada a la circulación de vehículos en el tramo Casinos - Tùejar de la Carretera CV-35 (Valencia).	FECHA: AGOSTO 2018	SITUACIÓN: Valencia. Carretera CV-35, desde Casinos a Tùejar	ESCALA: 1/3500	PLANO: Planta	NÚMERO PLANO: 2
							Hoja 13 de 15

REDACTOR:	Ehedei Gonzalez Santana	TUTOR:	Manuel López Porta	DESIGNACIÓN:	Estudio de efecto del trazado en planta y alzado en la determinación unitaria, en fujio libre, de la huella de carbono asociada a la circulación de vehículos en el tramo Casinos - Tudejar de la Carretera CV-35 (Valencia).	FECHA:	AGOSTO 2018	SITUACIÓN:	Valencia. Carretera CV-35, desde Casinos a Tudejar	ESCALA:	1/3500	PLANO:	Planta	NUMERO PLANO:	2
Hoja 14 de 15															





REDACTOR:	Ehedei Gonzalez Santana	TUTOR:	Manuel López Porta	DESIGNACIÓN:	Estudio del efecto del trazado en planta y alzado en la determinación unitaria, en flujo libre, de la huella de carbono asociada a la circulación de vehículos en el tramo Casinos - Tudejar de la Carretera CV-35 (Valencia).	FECHA:	AGOSTO 2018	SITUACIÓN:	Valencia. Carretera CV-35, desde Casinos a Tudejar	ESCALA:	1/3500	PLANO:	Planta	NÚMERO PLANO:	2
Hojas 15 de 15															

## Anexo 3: Datos de alzado

Tabla 41. Datos geometría trazado en alzado

P.K. de VAV	Elevación de VAV (m)	Inclinación de rasante T.E. (%)	Inclinación de rasante T.S. (%)	Curva de perfil	Kv	Longitud de curva de perfil (m)	TRAMOS	P.K. inicio - P.K. fin	Longitud
0	272,04		3,86						
973,42	309,566	3,86	2,61	Convexo	28087	35	tramo 1	0-3945	3945
1910	334	2,61	1,2	Convexo	35611	50			
2325	339	1,2	3,77	Cóncavo	19516	50			
3440	381	3,77	1,58	Convexo	18326	40			
3945	389	1,58	3,65	Cóncavo	24229	50			
4740	418	3,65	0,97	Convexo	18670	50			
5621,8	426,551	0,97	2,3	Cóncavo	30078	40	tramo 2	3945-11020	7075
6685	451	2,3	-0,21	Convexo	19920	50			
7160	450	-0,21	-3,38	Convexo	15784	50			
7900	425	-3,38	-2,92	Cóncavo	12001	5,464			
8550	406	-2,92	-0,29	Cóncavo	15195	40			
10270	401	-0,29	1,33	Cóncavo	30788	50			
11020	411	1,33	-2,11	Convexo	14541	50	tramo 3	11020-13930	2910
11495	401	-2,11	-4,14	Convexo	19699	40			
11880	385,077	-4,14	-0,92	Cóncavo	15568	50			
13295	372	-0,92	1,1	Cóncavo	19738	40			
13930	379	1,1	4,63	Cóncavo	17018	60			
14535	407	4,63	-2,41	Convexo	14214	100			
15075	394	-2,41	3,23	Cóncavo	14201	80	tramo 4	13930-15540	1610
15540	409	3,23	-1,96	Convexo	13503	70			
16255	395	-1,96	4,3	Cóncavo	14376	90	tramo 5	15540-18390	2850
17115	432	4,3	-4,07	Convexo	12000	100,441			
17410	420	-4,07	-2,94	Cóncavo	35504	40			
17750	410	-2,94	-5,06	Convexo	18876	40			
18165	389	-5,06	-1,33	Cóncavo	13416	50			
18390	386	-1,33	-4,62	Convexo	15234	50			
18520	380	-4,62	-1,97	Cóncavo	15131	40	tramo 6	18390-19465	1075
18875	373	-1,97	-2,9	Convexo	42946	40			
19185	364	-2,9	1,07	Cóncavo	12580	50			
19465	367	1,07	0,71	Convexo	112000	40			
19745	369	0,71	-3,79	Convexo	13322	60			
20220	351	-3,79	3,38	Cóncavo	13947	100			
20575	363	3,38	-4,52	Convexo	12652	100	tramo 7	19465-21400	1935
20995	344	-4,52	-0,71	Cóncavo	13125	50			
21275	342	-0,71	0,8	Cóncavo	26415	40			
21400	343	0,8	3,89	Cóncavo	12950	40			

Estudio del efecto del trazado en planta y alzado en la determinación unitaria, en flujo libre, de la huella de carbono asociada a la circulación de vehículos en el tramo Casinos - Tuéjar de la Carretera CV-35 (Valencia).

P.K. de VAV	Elevación de VAV (m)	Inclinación de rasante T.E. (%)	Inclinación de rasante T.S. (%)	Curva de perfil	Kv	Longitud de curva de perfil (m)	
21890	350	0	-2,16	Convexo	18500	40	tramo 8 21400-23925 2525
22260	342	-2,16	0	Cóncavo	18500	40	
22360	342	0	-3,41	Convexo	12300	42	
22565	335	-3,41	-0,54	Cóncavo	13917	40	
22750	334	-0,54	-1,95	Convexo	28355	40	
22955	330	-1,95	-0,29	Cóncavo	12008	20	
23305	329	-0,29	0,01	Cóncavo	67005	20	
23450	329,019	0,01	1,81	Cóncavo	12219	22	
23924,87	337,629	1,81	0,19	Convexo	12344	20	tramo 9 23925-27490 3565
24635	339	0,19	4,4	Cóncavo	16647	70	
25590	381	4,4	1,18	Convexo	15521	50	
25675	382	1,18	1,59				
26305	392	1,59	4,04	Cóncavo	16319	40	
26825	413	4,04	1,05	Convexo	13397	40	
27490	420	1,05	4,8	Cóncavo	13330	50	
28635	475	4,8	-0,74	Convexo	14429	80	
28770	474	-0,74	2	Cóncavo	14595	40	tramo 10 27490-28870 1380
28870	476	2	1,54	Convexo	43333	20	
28935	477	1,54	4,24	Cóncavo	12000	32,448	tramo 11 28870-29100 230
29100	484	4,24	-3,26	Convexo	12000	90,071	
29185	481,226	-3,26	-0,06	Cóncavo	12000	38,394	tramo 12 29100-31045 1945
29495	481,028	-0,06	-3,27	Convexo	12482	40	
29710	474	-3,27	1,05	Cóncavo	12033	52	
29900	476	1,05	3,25	Cóncavo	18238	40	
30155	484,277	3,25	0,56	Convexo	14872	40	
30285	485	0,56	1,83	Cóncavo	31356	40	
30505,03	489,031	1,83	-0,6	Convexo	16457	40	
30634,88	488,253	-0,6	2,92	Cóncavo	12223	43	
31044,97	500,225	2,92	2,52	Convexo	50289	20	tramo 13 31045-33585 2540
31164,97	503,251	2,52	5,95	Cóncavo	12261	42	
31610,27	529,734	5,95	2,62	Convexo	12029	40	
31779,17	534,162	2,62	5,69	Cóncavo	13032	40	
32590,48	580,336	5,69	3,58	Convexo	18967	40	
32913,19	591,897	3,58	6,49	Cóncavo	13751	40	
33514,8	630,949	6,49	0,36	Convexo	13046	80	
33584,76	631,2	0,36	-4,61	Convexo	12000	59,581	
34415,04	592,957	-4,61	-2	Cóncavo	15358	40	tramo 14 33585-34768 4183
34587,4	589,507	-2	-3,05	Convexo	19068	20	
34767,95	584	-3,05					

**Tabla 42. Muestra de datos obtenidos para la velocidad de operación, aceleración y el tiempo en alzado**

PK	t (s)	V85 (km/h)	Aceleración (km/s <sup>2</sup> )	Aceleración (km/h/s)
0	0,000	100,000	0,000	0,000
27	1,000	101,701	0,000	0,000
56	2,000	103,577	0,000	0,000
84	3,000	105,520	0,000	0,000
113	4,000	107,530	0,386	1,391
143	5,000	109,540	0,387	1,392
173	6,000	110,000	0,519	1,870
203	7,000	110,000	0,521	1,875
234	8,000	110,000	0,522	1,880
265	9,000	110,000	0,523	1,883
296	10,000	110,000	0,524	1,886
327	11,000	110,000	0,525	1,888
358	12,000	110,000	0,525	1,890
389	13,000	110,000	0,525	1,891
421	14,000	110,000	0,526	1,892
452	15,000	110,000	0,526	1,893
483	16,000	110,000	0,527	1,896
514	17,000	110,000	0,528	1,900
545	18,000	110,000	0,529	1,905
576	19,000	110,000	0,530	1,910
608	20,000	110,000	0,530	1,910
639	21,000	110,000	0,534	1,922
670	22,000	110,000	0,534	1,922
701	23,000	110,000	0,546	1,967
732	24,000	110,000	0,557	2,004
763	25,000	110,000	0,568	2,043
795	26,000	110,000	0,000	0,000
826	27,000	110,000	0,000	0,000
857	28,000	110,000	0,000	0,000
888	29,000	110,000	0,000	0,000
919	30,000	110,000	0,000	0,000
950	31,000	110,000	0,000	0,000
981	32,000	112,164	0,000	0,000
1013	33,000	112,164	0,000	0,000
1044	34,000	112,164	0,000	0,000
1075	35,000	112,164	0,000	0,000
1106	36,000	112,164	0,000	0,000
1137	37,000	112,164	0,000	0,000
1168	38,000	112,164	0,000	0,000
1200	39,000	112,164	0,000	0,000

PK	t (s)	V85 (km/h)	Aceleración (km/s <sup>2</sup> )	Aceleración (km/h/s)
1293	42,000	112,164	0,000	0,000
1324	43,000	112,164	0,000	0,000
1355	44,000	112,164	0,000	0,000
1386	45,000	112,164	0,000	0,000
1418	46	112,164	0,000	0,000
1449	47	112,164	0,000	0,000
1480	48	112,164	0,000	0,000
1511	49	111,296	0,000	0,000
1542	50	110,386	0,000	0,000
1572	51	109,437	0,000	0,000
1602	52	108,512	0,000	0,000
1632	53	107,578	0,000	0,000
1662	54	106,636	0,000	0,000
1691	55	105,717	0,000	0,000
1720	56	104,759	0,000	0,000
1749	57	103,823	0,000	0,000
1778	58	102,912	0,000	0,000
1806	59	101,960	0,000	0,000
1834	60	101,033	0,000	0,000
1862	61	100,163	0,000	0,000
1890	62	100,163	0,000	0,000
1918	63	100,163	0,000	0,000
1945	64	100,008	0,000	0,000
1973	65	98,285	0,000	0,000
2000	66	96,594	0,000	0,000
2026	67	94,874	0,000	0,000
2052	68	94,034	0,000	0,000
2078	69	94,034	0,000	0,000
2105	70	94,034	-0,259	-0,934
2131	71	94,034	-0,259	-0,934
2157	72	94,034	-0,259	-0,934
2183	73	94,034	-0,259	-0,934
2209	74	94,034	-0,259	-0,934
2235	75	94,034	-0,259	-0,934
2261	76	94,034	-0,259	-0,934
2287	77	94,034	-0,259	-0,934
2313	78	94,034	-0,259	-0,934
2340	79	94,034	-0,259	-0,934
2366	80	92,087	-0,259	-0,934
2392	81	92,308	-0,259	-0,934
2418	82	92,521	-0,259	-0,934
2444	83	92,742	-0,259	-0,934
2470	84	92,963	0,000	0,000

PK	t (s)	V85 (km/h)	Aceleración (km/s <sup>2</sup> )	Aceleración (km/h/s)
2522	86	93,405	0,000	0,000
2549	87	93,626	0,000	0,000
2575	88	93,847	-0,471	-1,695
2601	89	94,000	-0,471	-1,695
2627	90	94,000	-0,471	-1,695
2654	91	94,000	0,000	0,000
2680	92	94,000	0,000	0,000
2706	93	94,000	0,000	0,000
2732	94	94,000	0,000	0,000
2758	95	94,000	0,000	0,000
2784	96	94,000	0,000	0,000
2810	97	94,000	0,000	0,000
2837	98	94,000	0,000	0,000
2863	99	94,000	0,000	0,000
2889	100	94,000	0,000	0,000
2915	101	94,000	0,000	0,000
2941	102	94,000	0,000	0,000
2967	103	94,000	0,000	0,000
2993	104	94,000	0,060	0,218
3019	105	94,000	0,061	0,218
3045	106	94,000	0,061	0,219
3072	107	94,000	0,061	0,219
3098	108	94,000	0,061	0,220
3124	109	94,000	0,061	0,220
3150	110	94,000	0,061	0,221
3177	111	94,000	0,062	0,221
3204	112	94,000	0,000	0,000
3231	113	94,000	0,000	0,000
3259	114	94,000	0,000	0,000
3286	115	94,000	0,000	0,000
3313	116	94,000	0,000	0,000
3341	117	94,000	0,000	0,000
3368	118	94,000	0,000	0,000
3395	119	94,000	0,000	0,000
3422	120	94,000	0,000	0,000
3450	121	98,388	0,000	0,000
3477	122	98,388	0,000	0,000
3504	123	98,388	0,000	0,000
3532	124	98,388	0,000	0,000
3560	125	99,538	0,000	0,000
3588	126	101,050	0,000	0,000
3617	127	102,541	0,000	0,000
3646	128	104,062	0,000	0,000

Estudio del efecto del trazado en planta y alzado en la determinación unitaria, en flujo libre, de la huella de carbono asociada a la circulación de vehículos en el tramo Casinos - Tuéjar de la Carretera CV-35 (Valencia).

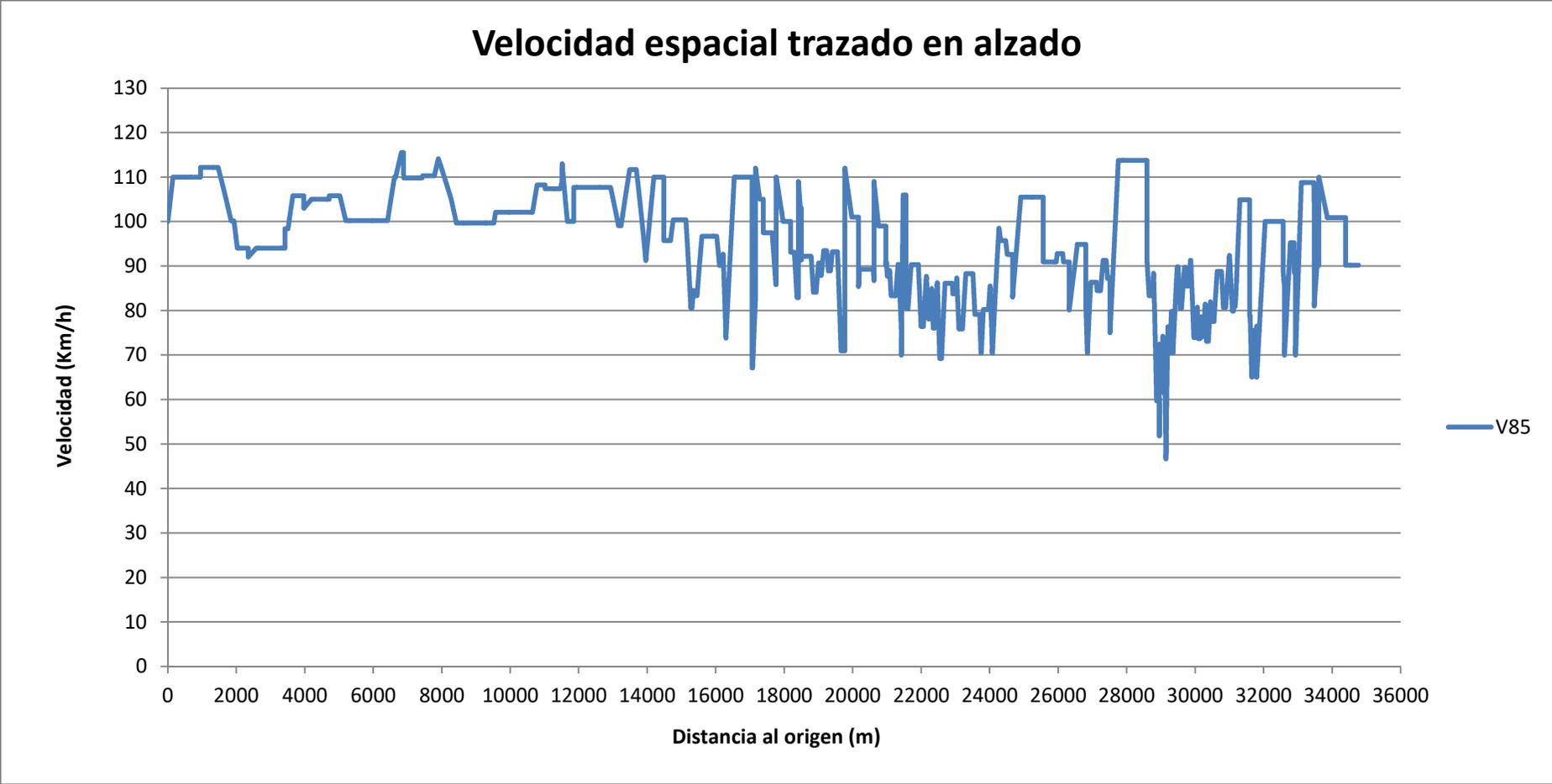


Figura 47. Velocidad espacial para el trazado en alzado

Estudio del efecto del trazado en planta y alzado en la determinación unitaria, en flujo libre, de la huella de carbono asociada a la circulación de vehículos en el tramo Casinos - Tuéjar de la Carretera CV-35 (Valencia).

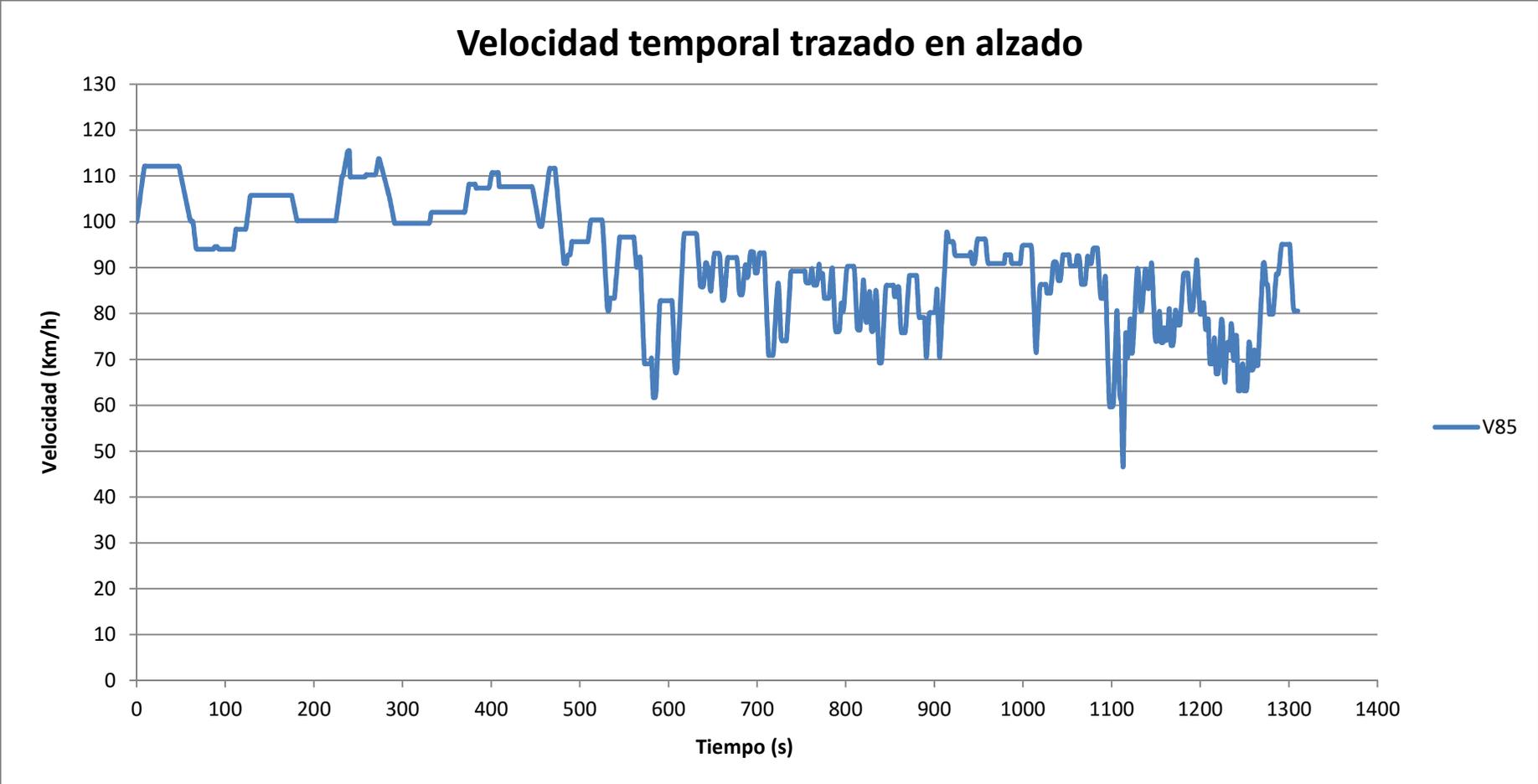
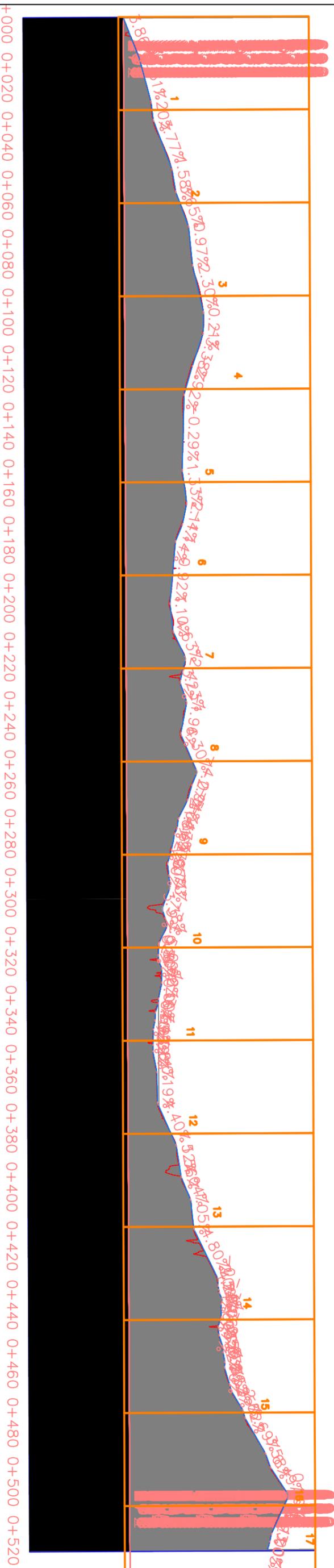


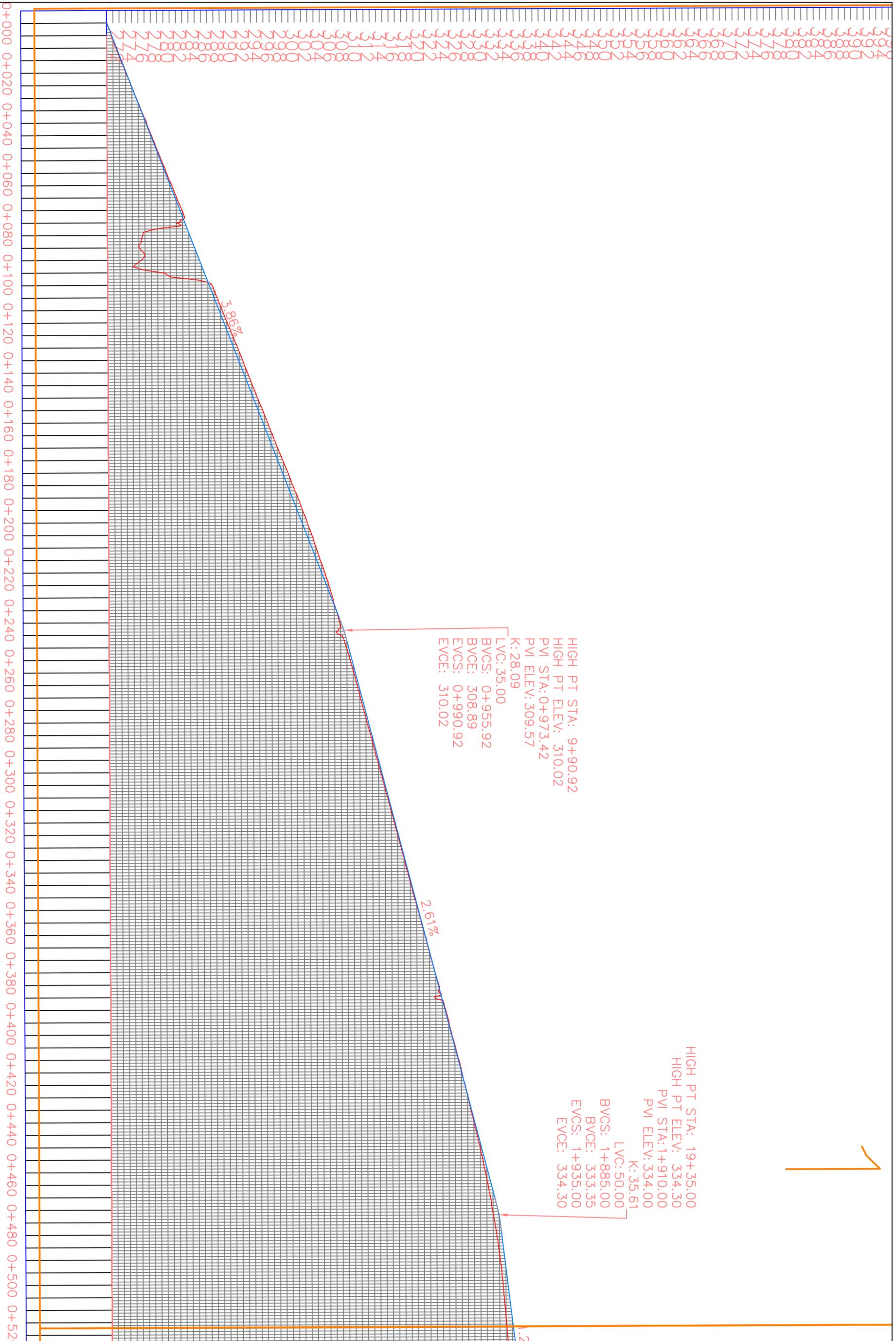
Figura 48. Velocidad temporal para el trazado en alzado

## Anexo 4: Planos de alzado

# Alineamiento total PROFILE



	REDACTOR: Ehedeý González Santana	TUTOR: Manuel López Porta	DESIGNACIÓN: Estudio del efecto del trazado en planta y alzado en la determinación unitaria, en fujó libre, de la huella de carbono asociada a la circulación de vehículos en el tramo Casinos - Tüejjar de la Carretera CV-35 (Valencia).	FECHA: AGOSTO 2018	SITUACIÓN: Valencia. Carretera CV-35, desde Casinos a Tüejjar	ESCALA: S/E	PLANO: Alzado General	NÚMERO PLANO: 3
								Hoja 1 de 1



HIGH PT STA: 9+90.92  
 HIGH PT ELEV: 310.02  
 PVI STA: 0+973.42  
 PVI ELEV: 309.57  
 K: 28.09  
 LVC: 35.00  
 BVCS: 0+955.92  
 BVCE: 308.89  
 EVCS: 0+990.92  
 EVCE: 310.02

HIGH PT STA: 19+35.00  
 HIGH PT ELEV: 334.30  
 PVI STA: 1+910.00  
 PVI ELEV: 334.00  
 K: 35.61  
 LVC: 50.00  
 BVCS: 1+885.00  
 BVCE: 333.35  
 EVCS: 1+935.00  
 EVCE: 334.30

REDACTOR:	Ehedei Gonzalez Santana	TUTOR:	Manuel López Porta	DESIGNACIÓN:	Estudio de efecto del trazado en planta y alzado en la determinación unitaria, en flujo libre, de la huella de carbono asociada a la circulación de vehículos en el tramo Casinos - Tüejjar de la Carretera CV-35 (Valencia).	FECHA:	AGOSTO 2018	SITUACIÓN:	Valencia. Carretera CV-35, desde Casinos a Tüejjar	ESCALA:	1/5500	PLANO:	Alzado	NÚMERO PLANO:	4
Hoja 1 de 17															



3

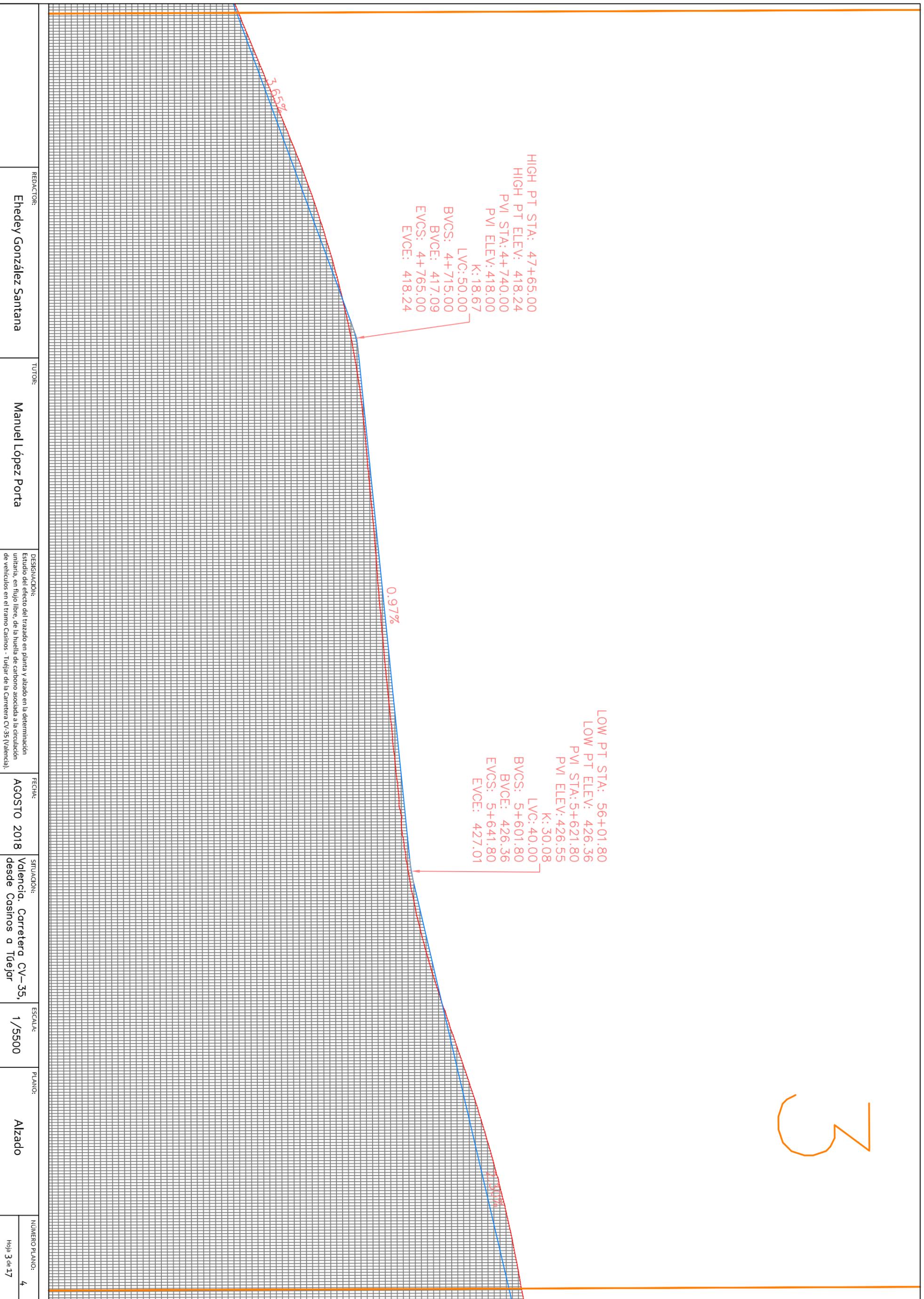
HIGH PT STA: 47+65.00  
HIGH PT ELEV: 418.24  
PVI STA: 4+740.00  
PVI ELEV: 418.00  
K: 18.67  
LVC: 50.00  
BVCS: 4+715.00  
BVCE: 417.09  
EVCS: 4+765.00  
EVCE: 418.24

LOW PT STA: 56+01.80  
LOW PT ELEV: 426.36  
PVI STA: 5+621.80  
PVI ELEV: 426.55  
K: 30.08  
LVC: 40.00  
BVCS: 5+601.80  
BVCE: 426.36  
EVCS: 5+641.80  
EVCE: 427.01

0.97%

2.55%

1.21%

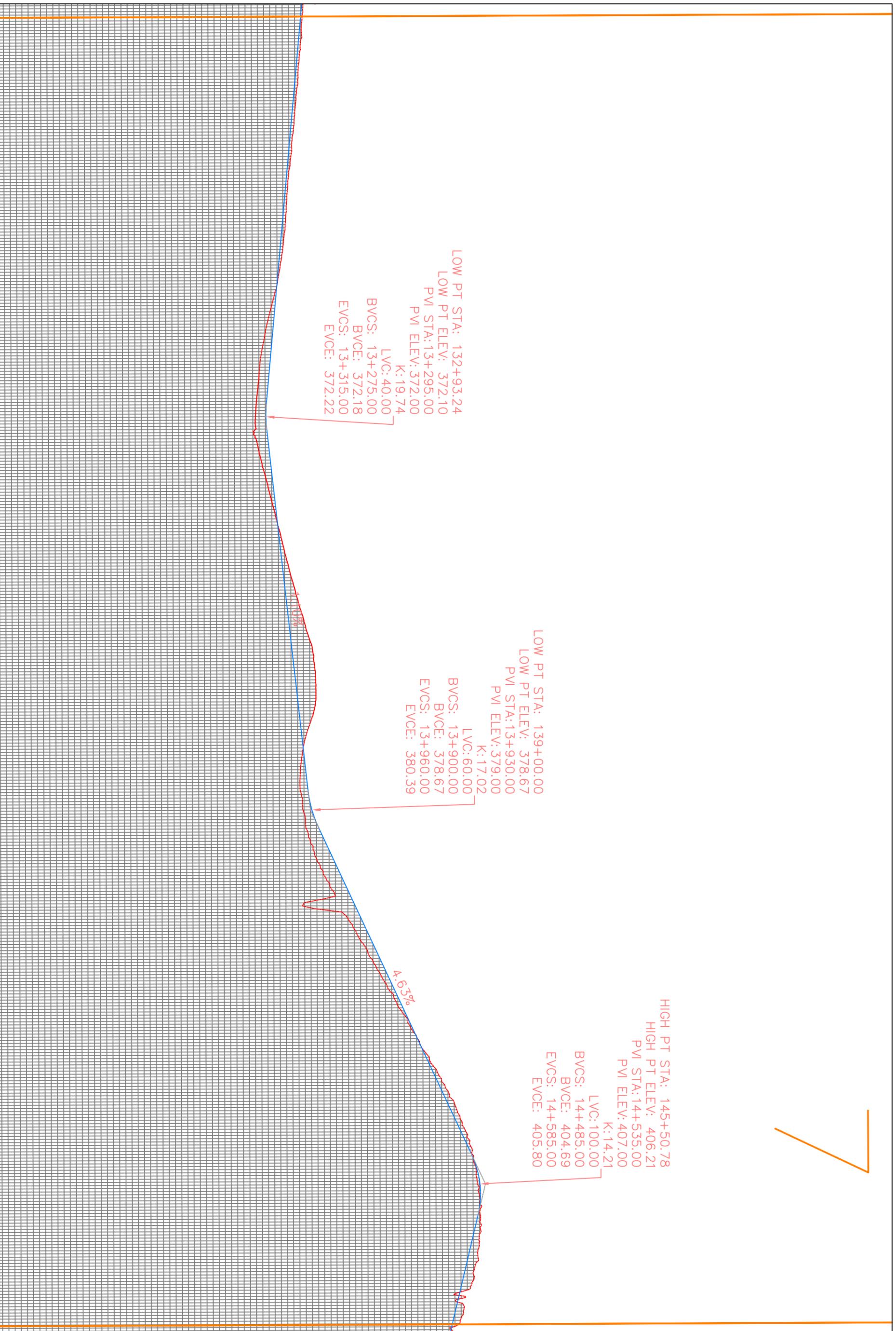


REDACTOR:	Ehedeý González Santana	TUTOR:	Manuel López Porta	DESIGNACIÓN:	Estudio de efecto del trazado en planta y alzado en la determinación unitaria, en flujo libre, de la huella de carbono asociada a la circulación de vehículos en el tramo Casinos - Tùejar de la Carretera CV-35 (Valencia).	FECHA:	AGOSTO 2018	SITUACIÓN:	Valencia. Carretera CV-35, desde Casinos a Tùejar	ESCALA:	1/5500	PLANO:	Alzado	NÚMERO PLANO:	4
Hoja 3 de 17															









LOW PT STA: 132+93.24  
LOW PT ELEV: 372.10  
PVI STA: 13+295.00  
PVI ELEV: 372.00  
K: 19.74  
LVC: 40.00  
BVCS: 13+275.00  
BVCE: 372.18  
EVCS: 13+315.00  
EVCE: 372.22

LOW PT STA: 139+00.00  
LOW PT ELEV: 378.67  
PVI STA: 13+930.00  
PVI ELEV: 379.00  
K: 17.02  
LVC: 60.00  
BVCS: 13+900.00  
BVCE: 378.67  
EVCS: 13+960.00  
EVCE: 380.39

HIGH PT STA: 145+50.78  
HIGH PT ELEV: 406.21  
PVI STA: 14+535.00  
PVI ELEV: 407.00  
K: 14.21  
LVC: 100.00  
BVCS: 14+485.00  
BVCE: 404.69  
EVCS: 14+585.00  
EVCE: 405.80

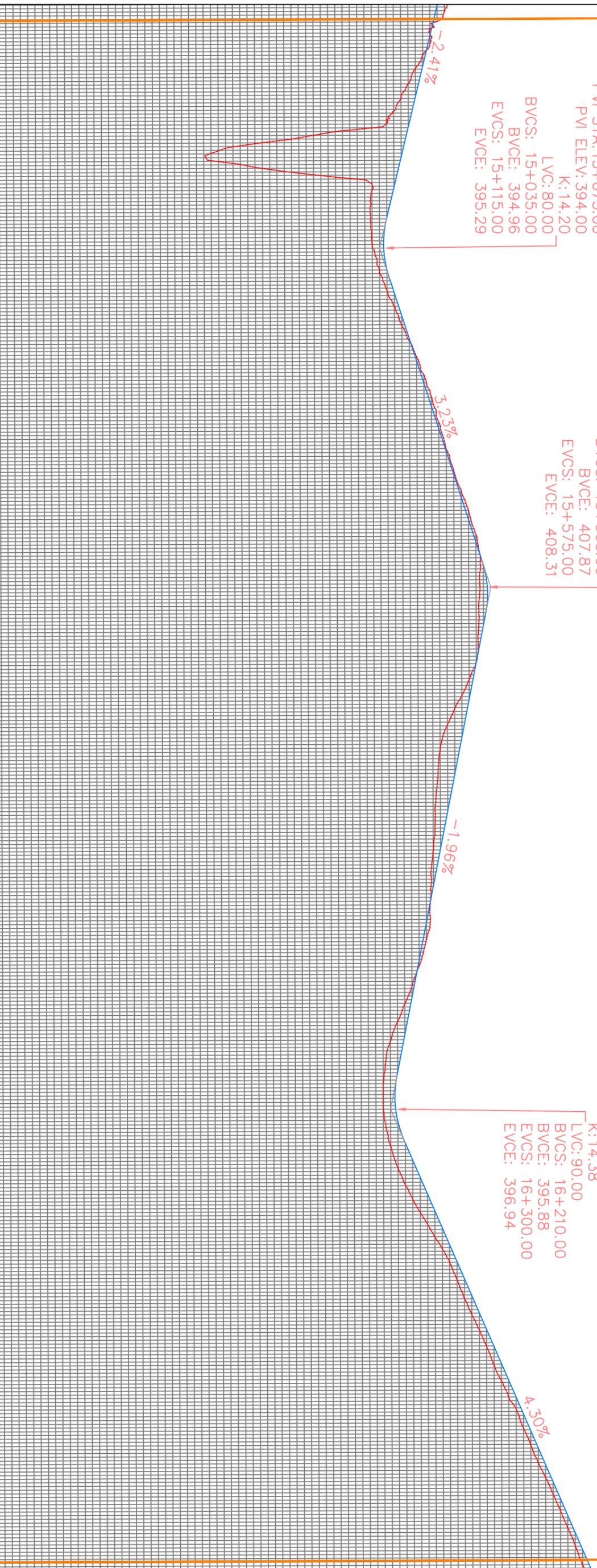
REDACTOR:	Ehedei Gonzalez Santana	TUTOR:	Manuel López Porta	DESIGNACIÓN:	Estudio de efecto del trazado en planta y alzado en la determinación unitaria, en flujo libre, de la huella de carbono asociada a la circulación de vehículos en el tramo Casinos - Tüejar de la Carretera CV-35 (Valencia).	FECHA:	AGOSTO 2018	SITUACIÓN:	Valencia. Carretera CV-35, desde Casinos a Tüejar	ESCALA:	1/5500	PLANO:	Alzado	NUMERO PLANO:	4
Hoja 7 de 17															



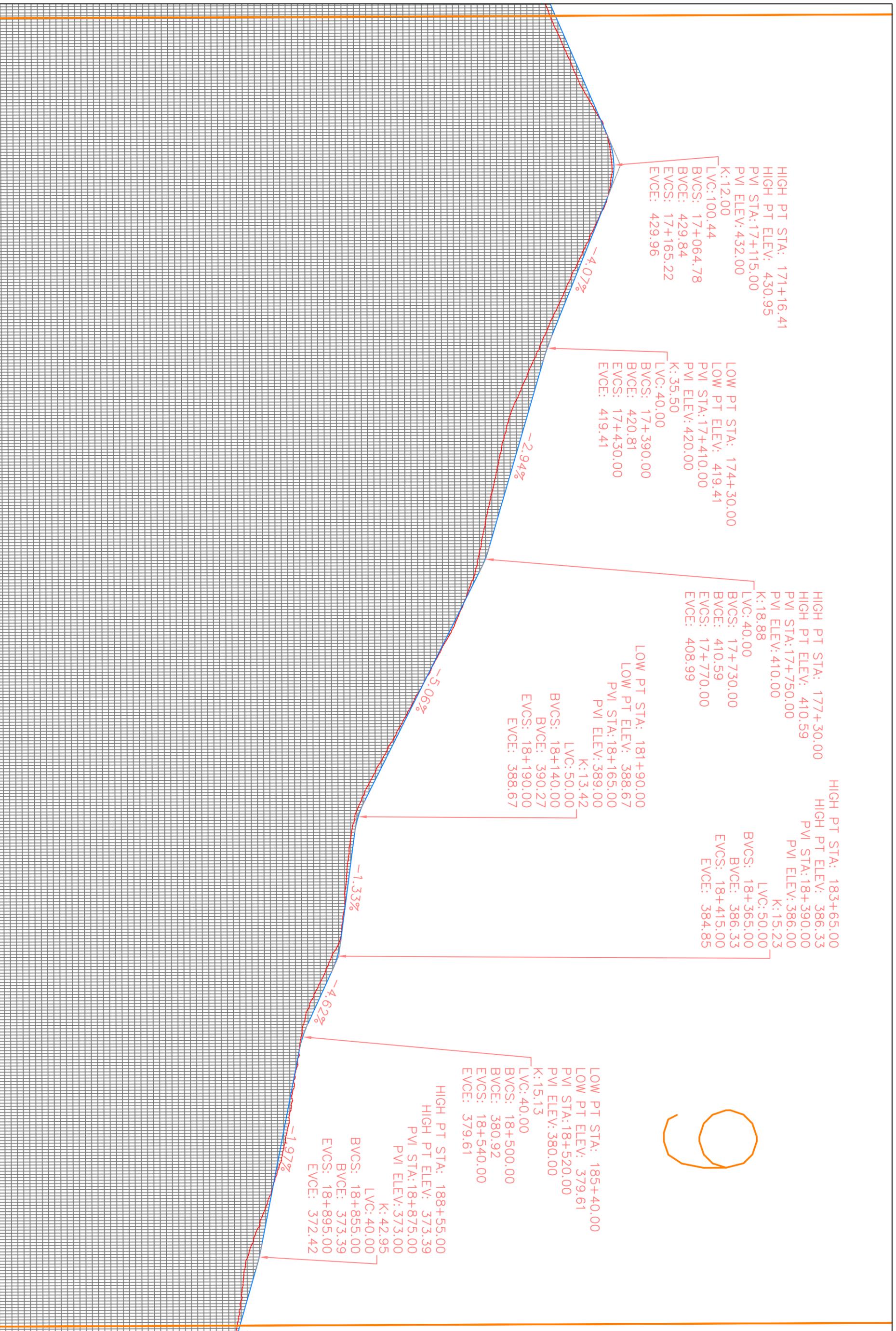
LOW PT STA: 150+69.19  
LOW PT ELEV: 394.55  
PVI STA: 15+075.00  
PVI ELEV: 394.00  
K: 14.20  
LVC: 80.00  
BVCS: 15+035.00  
BVCE: 394.96  
EVCS: 15+115.00  
EVCE: 395.29

HIGH PT STA: 155+48.56  
HIGH PT ELEV: 408.57  
PVI STA: 15+540.00  
PVI ELEV: 409.00  
K: 13.50  
LVC: 70.00  
BVCS: 15+505.00  
BVCE: 407.87  
EVCS: 15+575.00  
EVCE: 408.31

LOW PT STA: 162+38.15  
LOW PT ELEV: 395.61  
PVI STA: 16+255.00  
PVI ELEV: 395.00  
K: 14.38  
LVC: 90.00  
BVCS: 16+210.00  
BVCE: 395.88  
EVCS: 16+300.00  
EVCE: 396.94



REDACTOR:	Ehedeý González Santana	TUTOR:	Manuel López Porta	DESIGNACIÓN:	Estudio de efecto del trazado en planta y alzado en la determinación unitaria, en flujo libre, de la huella de carbono asociada a la circulación de vehículos en el tramo Casinos - Tùejar de la Carretera CV-35 (Valencia).	FECHA:	AGOSTO 2018	SITUACIÓN:	Valencia. Carretera CV-35, desde Casinos a Tùejar	ESCALA:	1/5500	PLANO:	Alzado	NÚMERO PLANO:	4
Hoja 8 de 17															



HIGH PT STA: 171+16.41  
 HIGH PT ELEV: 430.95  
 PVI STA: 17+115.00  
 PVI ELEV: 432.00  
 K: 12.00  
 LVC: 100.44  
 BVCS: 17+064.78  
 BVCE: 429.84  
 EVCS: 17+165.22  
 EVCE: 429.96

LOW PT STA: 174+30.00  
 LOW PT ELEV: 419.41  
 PVI STA: 17+410.00  
 PVI ELEV: 420.00  
 K: 35.50  
 LVC: 40.00  
 BVCS: 17+390.00  
 BVCE: 420.81  
 EVCS: 17+430.00  
 EVCE: 419.41

HIGH PT STA: 177+30.00  
 HIGH PT ELEV: 410.59  
 PVI STA: 17+750.00  
 PVI ELEV: 410.00  
 K: 18.88  
 LVC: 40.00  
 BVCS: 17+730.00  
 BVCE: 410.59  
 EVCS: 17+770.00  
 EVCE: 408.99

LOW PT STA: 181+90.00  
 LOW PT ELEV: 388.67  
 PVI STA: 18+165.00  
 PVI ELEV: 389.00  
 K: 13.42  
 LVC: 50.00  
 BVCS: 18+140.00  
 BVCE: 390.27  
 EVCS: 18+190.00  
 EVCE: 388.67

HIGH PT STA: 183+65.00  
 HIGH PT ELEV: 386.33  
 PVI STA: 18+390.00  
 PVI ELEV: 386.00  
 K: 15.23  
 LVC: 50.00  
 BVCS: 18+365.00  
 BVCE: 386.33  
 EVCS: 18+415.00  
 EVCE: 384.85

LOW PT STA: 185+40.00  
 LOW PT ELEV: 379.61  
 PVI STA: 18+520.00  
 PVI ELEV: 380.00  
 K: 15.13  
 LVC: 40.00  
 BVCS: 18+500.00  
 BVCE: 380.92  
 EVCS: 18+540.00  
 EVCE: 379.61

HIGH PT STA: 188+55.00  
 HIGH PT ELEV: 373.39  
 PVI STA: 18+875.00  
 PVI ELEV: 373.00  
 K: 42.95  
 LVC: 40.00  
 BVCS: 18+855.00  
 BVCE: 373.39  
 EVCS: 18+895.00  
 EVCE: 372.42

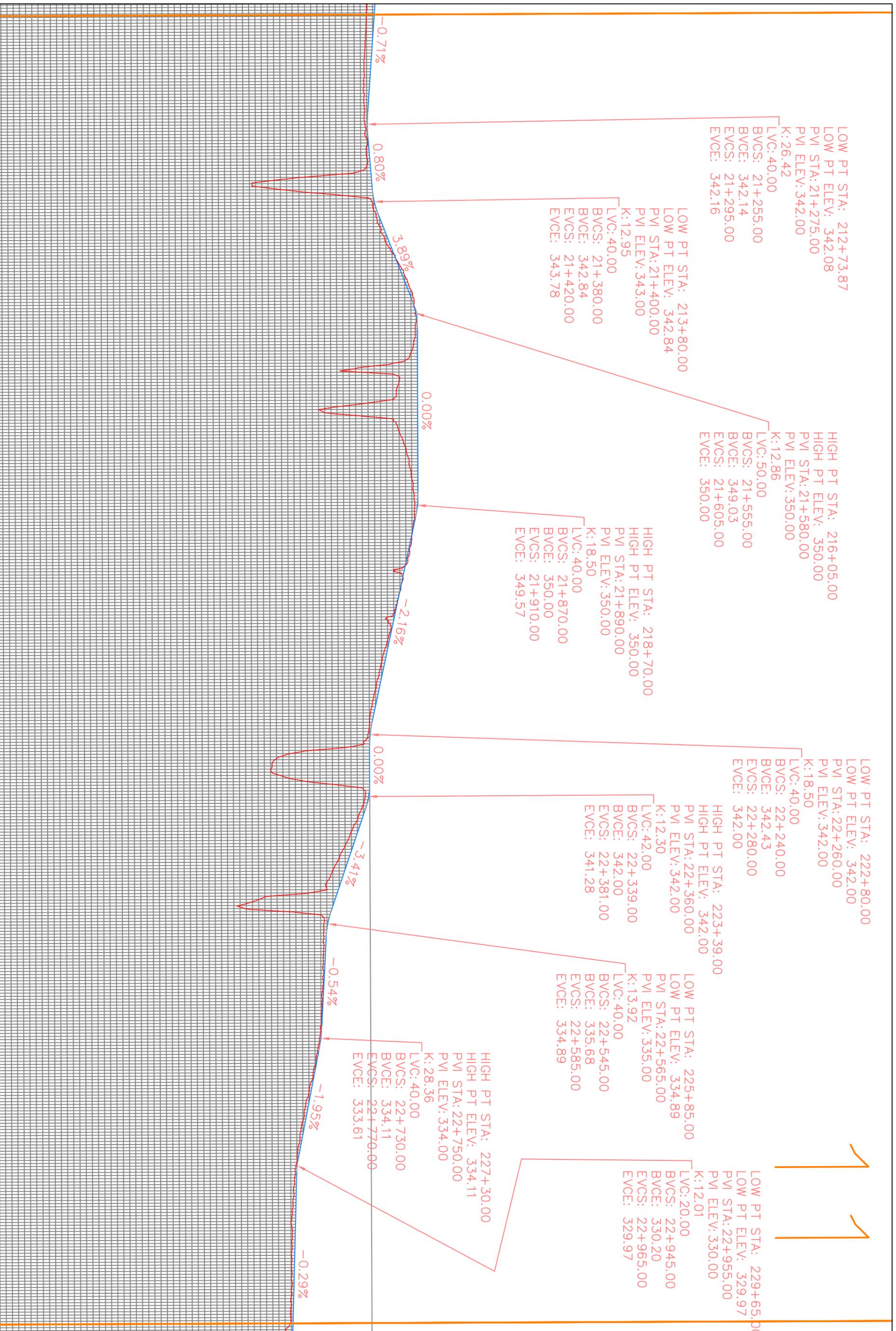
9

REDACTOR:	Ehedeý González Santana	TUTOR:	Manuel López Porta	DESIGNACIÓN:	Estudio de efecto del trazado en planta y alzado en la determinación unitaria, en flujo libre, de la huella de carbono asociada a la circulación de vehículos en el tramo Casinos - Tùejar de la Carretera CV-35 (Valencia).	FECHA:	AGOSTO 2018	SITUACIÓN:	Valencia. Carretera CV-35, desde Casinos a Tùejar	ESCALA:	1/5500	PLANO:	Alzado	NÚMERO PLANO:	4
Hoja 9 de 17															

10



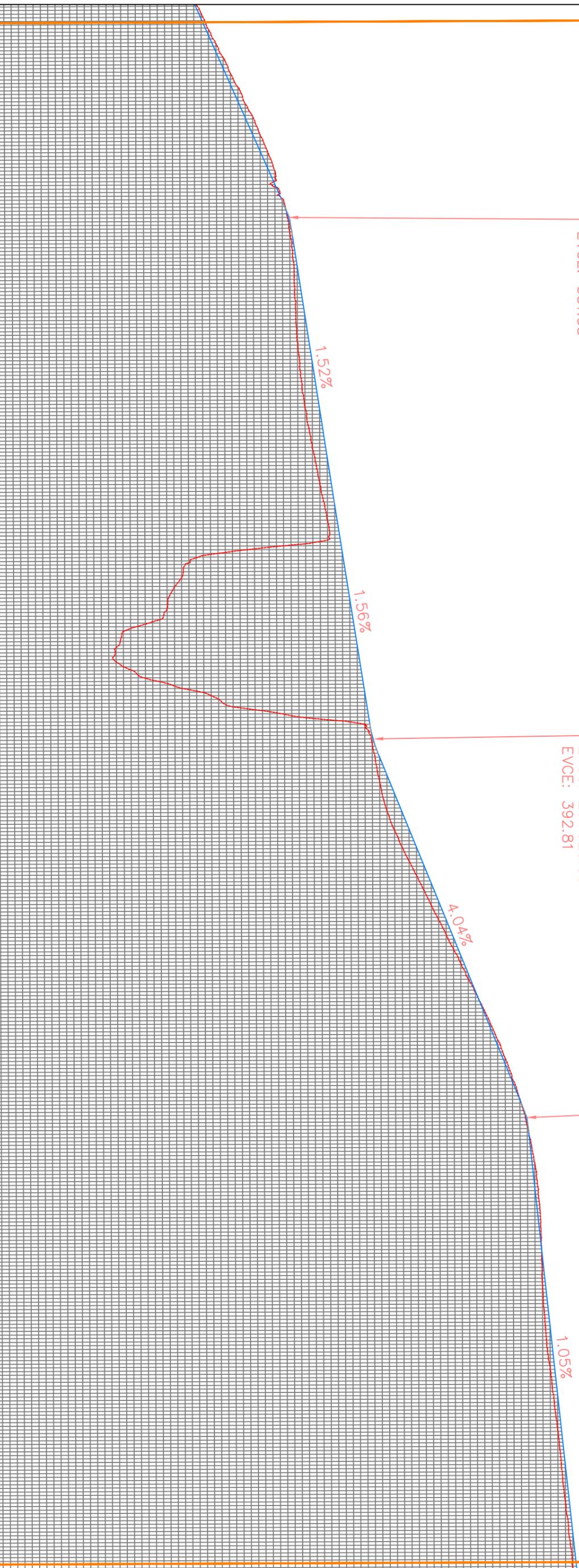
REDACTOR:	Ehedeý González Santana	TUTOR:	Manuel López Porta	DESIGNACIÓN:	Estudio del efecto del trazado en planta y alzado en la determinación unitaria, en flujo libre, de la huella de carbono asociada a la circulación de vehículos en el tramo Casinos - Tùejar de la Carretera CV-35 (Valencia).	FECHA:	AGOSTO 2018	SITUACIÓN:	Valencia. Carretera CV-35, desde Casinos a Tùejar	ESCALA:	1/5500	PLANO:	Alzado	NÚMERO PLANO:	4
Hoja 10 de 17															



REDACTOR:	Ehedei Gonzalez Santana	TUTOR:	Manuel López Porta	DESIGNACIÓN:	Estudio del efecto del trazado en planta y alzado en la determinación unitaria, en flujo libre, de la huella de carbono asociada a la circulación de vehículos en el tramo Casinos - Tùejar de la Carretera CV-35 (Valencia).	FECHA:	AGOSTO 2018	SITUACIÓN:	Valencia. Carretera CV-35, desde Casinos a Tùejar	ESCALA:	1/5500	PLANO:	Alzado	NÚMERO PLANO:	4
Hoja 11 de 17															



13



REDACTOR:	Ehedeý González Santana	TUTOR:	Manuel López Porta	DESIGNACIÓN:	Estudio de efecto del trazado en planta y alzado en la determinación unitaria, en trazo libre, de la huella de carbono asociada a la circulación de vehículos en el tramo Casinos - Tüejjar de la Carretera CV-35 (Valencia).	FECHA:	AGOSTO 2018	SITUACIÓN:	Valencia. Carretera CV-35, desde Casinos a Tüejjar	ESCALA:	1/5500	PLANO:	Alzado	NÚMERO PLANO:	4
Hoja 13 de 17															

# 14



LOW PT STA: 274+65.00  
 LOW PT ELEV: 419.74  
 PVI STA: 27+490.00  
 PVI ELEV: 420.00  
 K: 13.33  
 LVC: 50.00  
 BVCS: 27+465.00  
 BVCE: 419.74  
 EVCS: 27+515.00  
 EVCE: 421.20

LOW PT STA: 287+60.81  
 LOW PT ELEV: 474.11  
 PVI STA: 28+770.00  
 PVI ELEV: 474.00  
 K: 14.59  
 LVC: 40.00  
 BVCS: 28+750.00  
 BVCE: 474.15  
 EVCS: 28+790.00  
 EVCE: 474.40

HIGH PT STA: 288+80.00  
 HIGH PT ELEV: 476.15  
 PVI STA: 28+870.00  
 PVI ELEV: 476.00  
 K: 43.33  
 LVC: 20.00  
 BVCS: 28+860.00  
 BVCE: 475.80  
 EVCS: 28+880.00  
 EVCE: 476.15

LOW PT STA: 289+18.78  
 LOW PT ELEV: 476.75  
 PVI STA: 28+935.00  
 PVI ELEV: 477.00  
 K: 12.00  
 LVC: 32.45  
 BVCS: 28+918.78  
 BVCE: 476.75  
 EVCS: 28+951.22  
 EVCE: 477.69

HIGH PT STA: 286+64.31  
 HIGH PT ELEV: 474.74  
 PVI STA: 28+635.00  
 PVI ELEV: 475.00  
 K: 14.43  
 LVC: 80.00  
 BVCS: 28+595.00  
 BVCE: 473.08  
 EVCS: 28+675.00  
 EVCE: 474.70

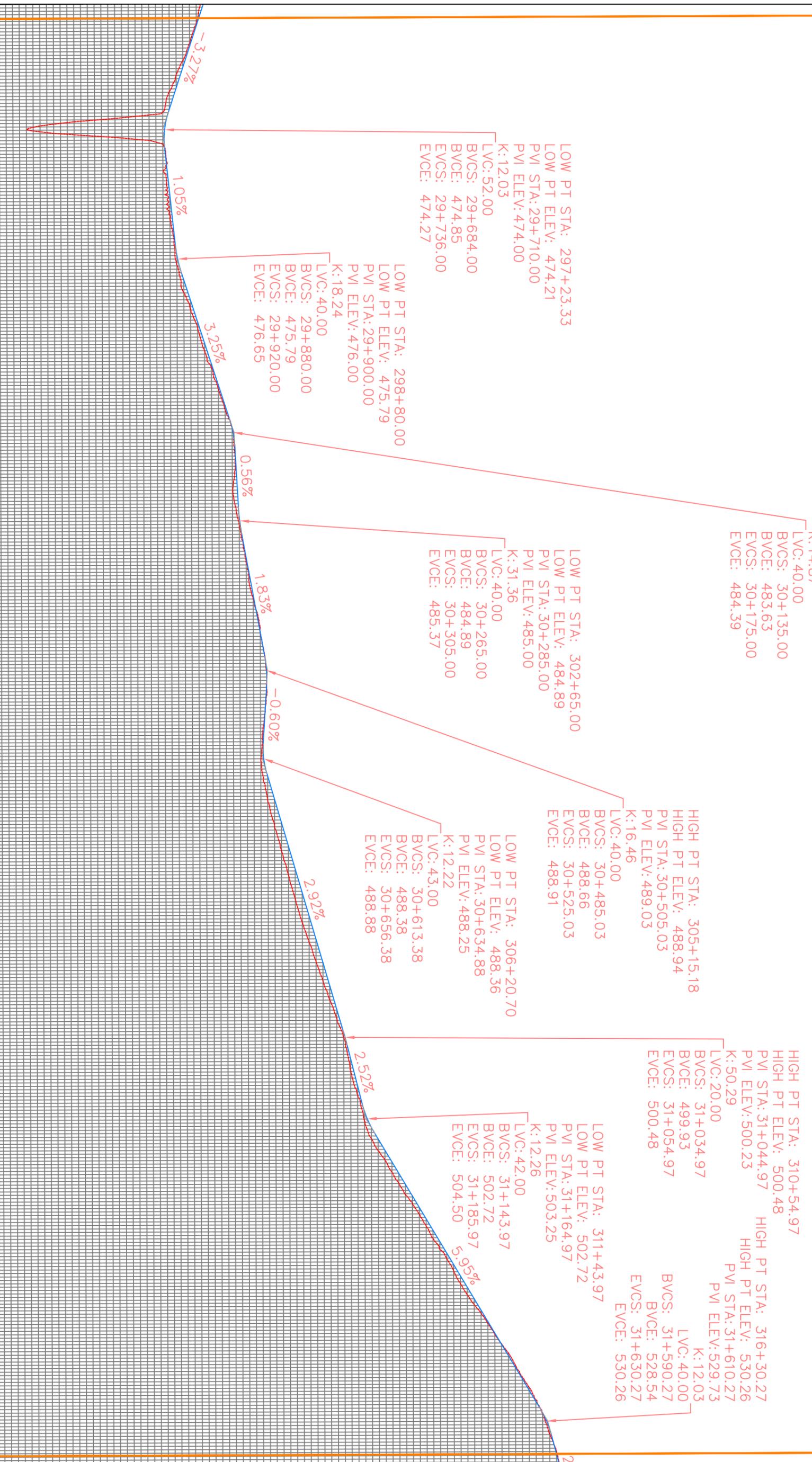
HIGH PT STA: 291+05.87  
 HIGH PT ELEV: 483.17  
 PVI STA: 29+100.00  
 PVI ELEV: 484.00  
 K: 12.00  
 LVC: 90.07  
 BVCS: 29+054.96  
 BVCE: 482.09  
 EVCS: 29+145.04  
 EVCE: 482.53

LOW PT STA: 292+04.20  
 LOW PT ELEV: 481.21  
 PVI STA: 29+185.00  
 PVI ELEV: 481.23  
 K: 12.00  
 LVC: 38.39  
 BVCS: 29+165.80  
 BVCE: 481.85  
 EVCS: 29+204.20  
 EVCE: 481.21

HIGH PT STA: 294+75.00  
 HIGH PT ELEV: 481.04  
 PVI STA: 29+495.00  
 PVI ELEV: 481.03  
 K: 12.48  
 LVC: 40.00  
 BVCS: 29+475.00  
 BVCE: 481.04  
 EVCS: 29+515.00  
 EVCE: 480.37

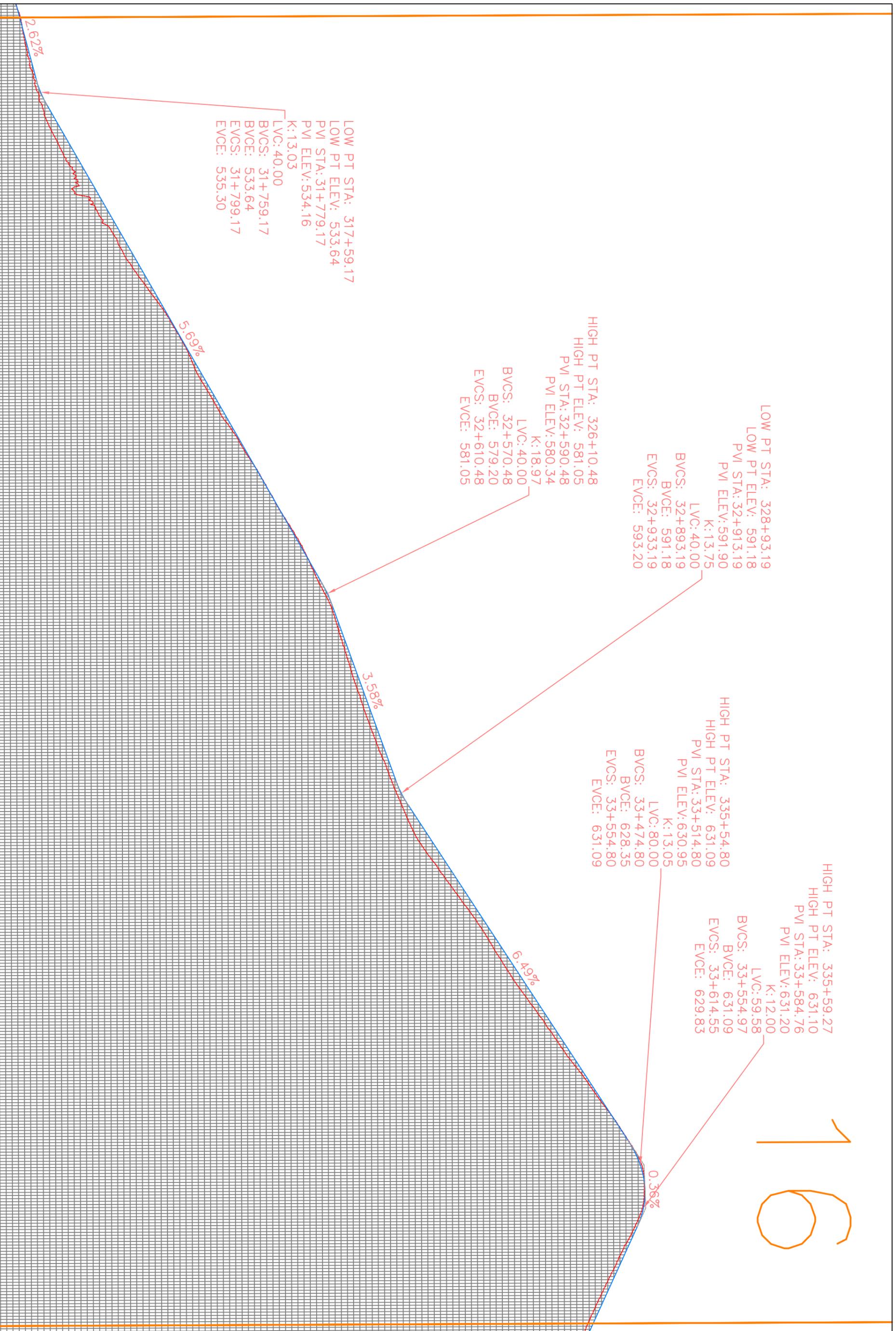
REDACTOR:	Ehedeý González Santana	TUTOR:	Manuel López Porta	DESIGNACIÓN:	Estudio de efecto del trazado en planta y alzado en la determinación unitaria, en flujo libre, de la huella de carbono asociada a la circulación de vehículos en el tramo Casinos - Tüejar de la Carretera CV-35 (Valencia).	FECHA:	AGOSTO 2018	SITUACIÓN:	Valencia. Carretera CV-35, desde Casinos a Tüejar	ESCALA:	1/5500	PLANO:	Alzado	NUMERO PLANO:	4
Hoja 14 de 17															

15



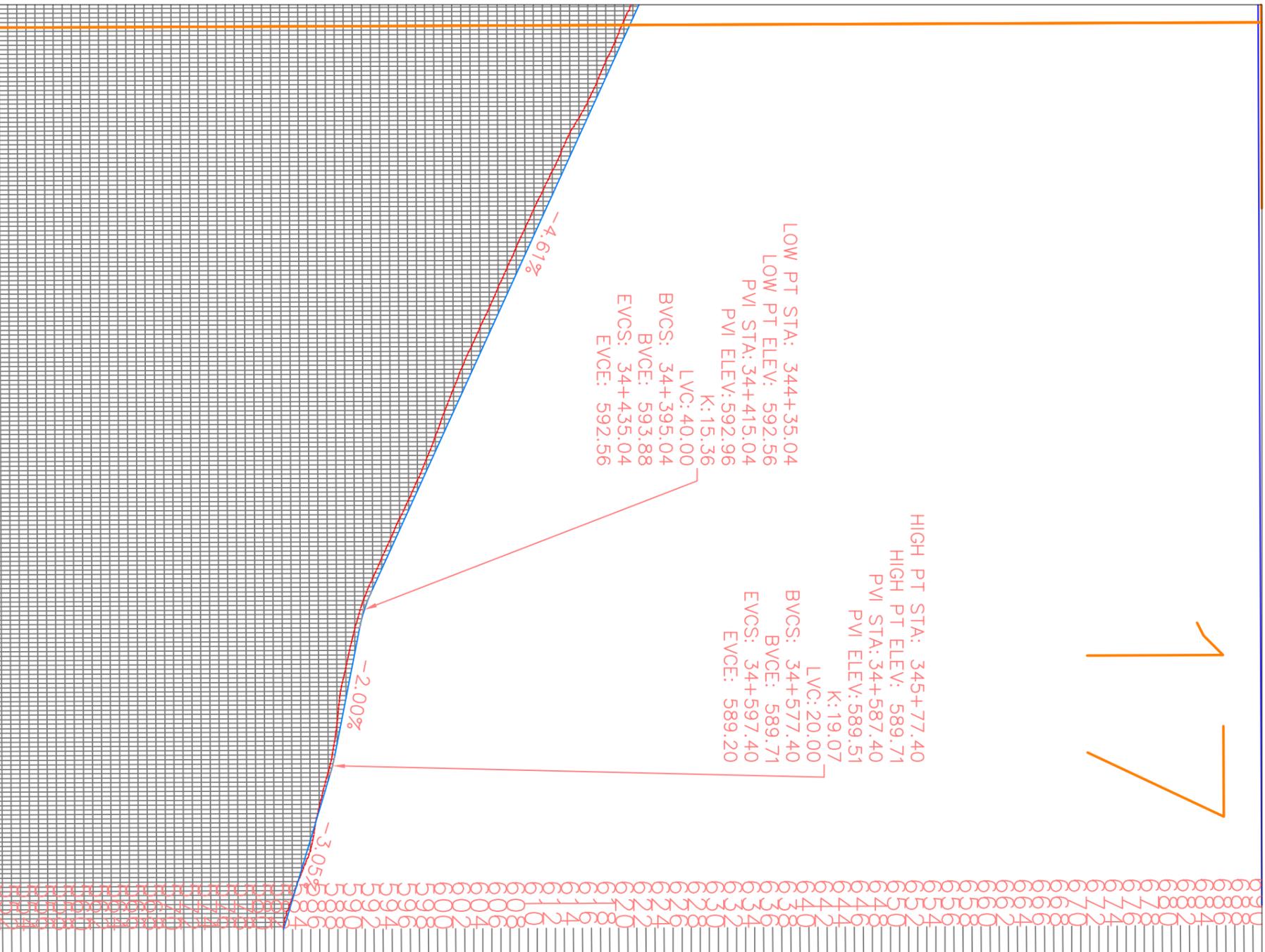
REDACTOR:	Ehedei Gonzalez Santana	TUTOR:	Manuel López Porta	DESIGNACIÓN:	Estudio de efecto del trazado en planta y alzado en la determinación unitaria, en flujo libre, de la huella de carbono asociada a la circulación de vehículos en el tramo Casinos - Tùejar de la Carretera CV-35 (Valencia).	FECHA:	AGOSTO 2018	SITUACIÓN:	Valencia. Carretera CV-35, desde Casinos a Tùejar	ESCALA:	1/5500	PLANO:	Alzado	NÚMERO PLANO:	4
Hoja 15 de 17															

16



REDACTOR:	Ehedeý González Santana	TUTOR:	Manuel López Porta	DESIGNACIÓN:	Estudio del efecto del trazado en planta y alzado en la determinación unitaria, en flujo libre, de la huella de carbono asociada a la circulación de vehículos en el tramo Casinos - Tüejjar de la Carretera CV-35 (Valencia).	FECHA:	AGOSTO 2018	SITUACIÓN:	Valencia. Carretera CV-35, desde Casinos a Tüejjar	ESCALA:	1/5500	PLANO:	Alzado	NUMERO PLANO:	4
Hoja 16 de 17															

17



REDACTOR: Ehedeý González Santana	TUTOR: Manuel López Porta	DESIGNACIÓN: Estudio del efecto del trazado en planta y alzado en la determinación unitaria, en tufo libre, de la huella de carbono asociada a la circulación de vehículos en el tramo Casinos - Tüejjar de la Carretera CV-35 (Valencia).	FECHA: AGOSTO 2018	SITUACIÓN: Valencia. Carretera CV-35, desde Casinos a Tüejjar	ESCALA: 1/5500	PLANO: Alzado	NÚMERO PLANO: 4 Hoja 17 de 17
--------------------------------------	------------------------------	---	-----------------------	--	-------------------	------------------	-------------------------------------

## Anexo 5: Datos para la combinación planta-alzado

**Tabla 43. Muestra de datos obtenidos para la velocidad de operación, aceleración y el tiempo en combinación planta-alzado**

PK	t (s)	V85 (km/h)	Aceleración (m/s <sup>2</sup> )	Aceleración (km/h/s)
0	0,000	100,000	0,000	0,000
27	1,000	101,078	0,398	1,433
56	2,000	102,548	0,398	1,433
84	3,000	103,947	0,398	1,433
113	4,000	105,377	0,398	1,433
143	5,000	106,836	0,398	1,433
173	6,000	108,276	0,398	1,433
203	7,000	109,696	0,398	1,433
236	8,000	110,000	0,000	0,000
267	9,000	110,000	0,000	0,000
298	10,000	110,000	0,000	0,000
328	11,000	110,000	0,000	0,000
359	12,000	110,000	0,000	0,000
389	13,000	110,000	0,000	0,000
420	14,000	110,000	0,000	0,000
450	15,000	110,000	0,000	0,000
481	16,000	110,000	0,000	0,000
511	17,000	110,000	0,000	0,000
542	18,000	110,000	0,000	0,000
573	19,000	110,000	0,000	0,000
603	20,000	110,000	0,000	0,000
634	21,000	110,000	0,000	0,000
664	22,000	110,000	0,000	0,000
695	23,000	110,000	0,000	0,000
725	24,000	110,000	0,000	0,000
756	25,000	110,000	0,000	0,000
786	26,000	110,000	0,000	0,000
817	27,000	110,000	0,000	0,000
848	28,000	110,000	0,000	0,000
878	29,000	110,000	0,000	0,000
909	30,000	110,000	0,000	0,000
939	31,000	110,000	0,000	0,000
970	32,000	112,164	0,000	0,000
1001	33,000	112,164	0,000	0,000
1032	34,000	112,164	0,000	0,000
1064	35,000	112,164	0,000	0,000
1095	36,000	112,164	0,000	0,000

PK	t (s)	V85 (km/h)	Aceleración (m/s <sup>2</sup> )	Aceleración (km/h/s)
1157	38,000	112,164	0,000	0,000
1188	39,000	112,164	0,000	0,000
1219	40,000	112,164	0,000	0,000
1250	41,000	112,164	0,000	0,000
1282	42,000	112,164	0,000	0,000
1313	43	112,164	0,000	0,0000
1344	44	112,164	0,000	0,0000
1375	45	112,164	0,000	0,0000
1406	46	112,164	0,000	0,0000
1437	47	112,164	0,000	0,0000
1469	48	112,164	0,000	0,0000
1500	49	111,296	-0,259	-0,9342
1530	50	110,386	-0,259	-0,9342
1561	51	109,437	-0,259	-0,9342
1591	52	108,512	-0,259	-0,9342
1621	53	107,578	-0,259	-0,9342
1651	54	106,636	-0,259	-0,9342
1680	55	105,717	-0,259	-0,9342
1710	56	104,759	-0,259	-0,9342
1739	57	103,823	-0,259	-0,9342
1767	58	102,912	-0,259	-0,9342
1796	59	101,960	-0,259	-0,9342
1824	60	101,033	-0,259	-0,9342
1852	61	100,163	0,000	0,0000
1880	62	100,163	0,000	0,0000
1908	63	100,163	0,000	0,0000
1935	64	100,008	-0,471	-1,6948
1963	65	98,285	-0,471	-1,6948
1990	66	96,594	-0,471	-1,6948
2017	67	94,874	-0,471	-1,6948
2043	68	94,034	0,000	0,0000
2069	69	94,034	0,000	0,0000
2095	70	94,034	0,000	0,0000
2121	71	94,034	0,000	0,0000
2147	72	94,034	0,000	0,0000
2173	73	94,034	0,000	0,0000
2199	74	94,034	0,000	0,0000
2226	75	94,034	0,000	0,0000
2252	76	94,034	0,000	0,0000
2278	77	94,034	0,000	0,0000
2304	78	94,034	0,000	0,0000
2330	79	94,034	0,000	0,0000
2356	80	92,087	0,066	0,2379

PK	t (s)	V85 (km/h)	Aceleración (m/s <sup>2</sup> )	Aceleración (km/h/s)
2407	82	92,521	0,061	0,2184
2433	83	92,742	0,061	0,2190
2459	84	92,963	0,061	0,2195
2485	85	93,184	0,061	0,2200
2511	86	93,405	0,061	0,2205
2537	87	93,626	0,061	0,2211
2563	88	93,847	0,062	0,2216
2589	89	94,000	0,000	0,0000
2615	90	94,000	0,000	0,0000
2641	91	94,000	0,000	0,0000
2667	92	94,000	0,000	0,0000
2693	93	94,000	0,000	0,0000
2719	94	94,000	0,000	0,0000
2745	95	94,000	0,000	0,0000
2771	96	94,000	0,000	0,0000
2798	97	94,000	0,000	0,0000
2824	98	94,000	0,000	0,0000
2850	99	94,000	0,000	0,0000
2876	100	94,000	0,000	0,0000
2902	101	94,000	0,000	0,0000
2928	102	94,000	0,000	0,0000
2954	103	94,000	0,000	0,0000
2980	104	94,000	0,000	0,0000
3006	105	94,000	0,000	0,0000
3033	106	94,000	0,000	0,0000
3059	107	94,000	0,000	0,0000
3085	108	94,000	0,000	0,0000
3111	109	94,000	0,000	0,0000
3137	110	94,000	0,000	0,0000
3163	111	94,000	0,000	0,0000
3189	112	94,000	0,000	0,0000
3215	113	94,000	0,000	0,0000
3241	114	94,000	0,000	0,0000
3268	115	94,000	0,000	0,0000
3294	116	94,000	0,000	0,0000
3320	117	94,000	0,000	0,0000
3346	118	94,000	0,000	0,0000
3372	119	94,000	0,000	0,0000
3398	120	94,000	0,000	0,0000
3424	121	98,388	0,000	0,0000
3452	122	98,388	0,000	0,0000
3479	123	98,388	0,000	0,0000
3506	124	98,388	0,000	0,0000

Estudio del efecto del trazado en planta y alzado en la determinación unitaria, en flujo libre, de la huella de carbono asociada a la circulación de vehículos en el tramo Casinos - Tuéjar de la Carretera CV-35 (Valencia).

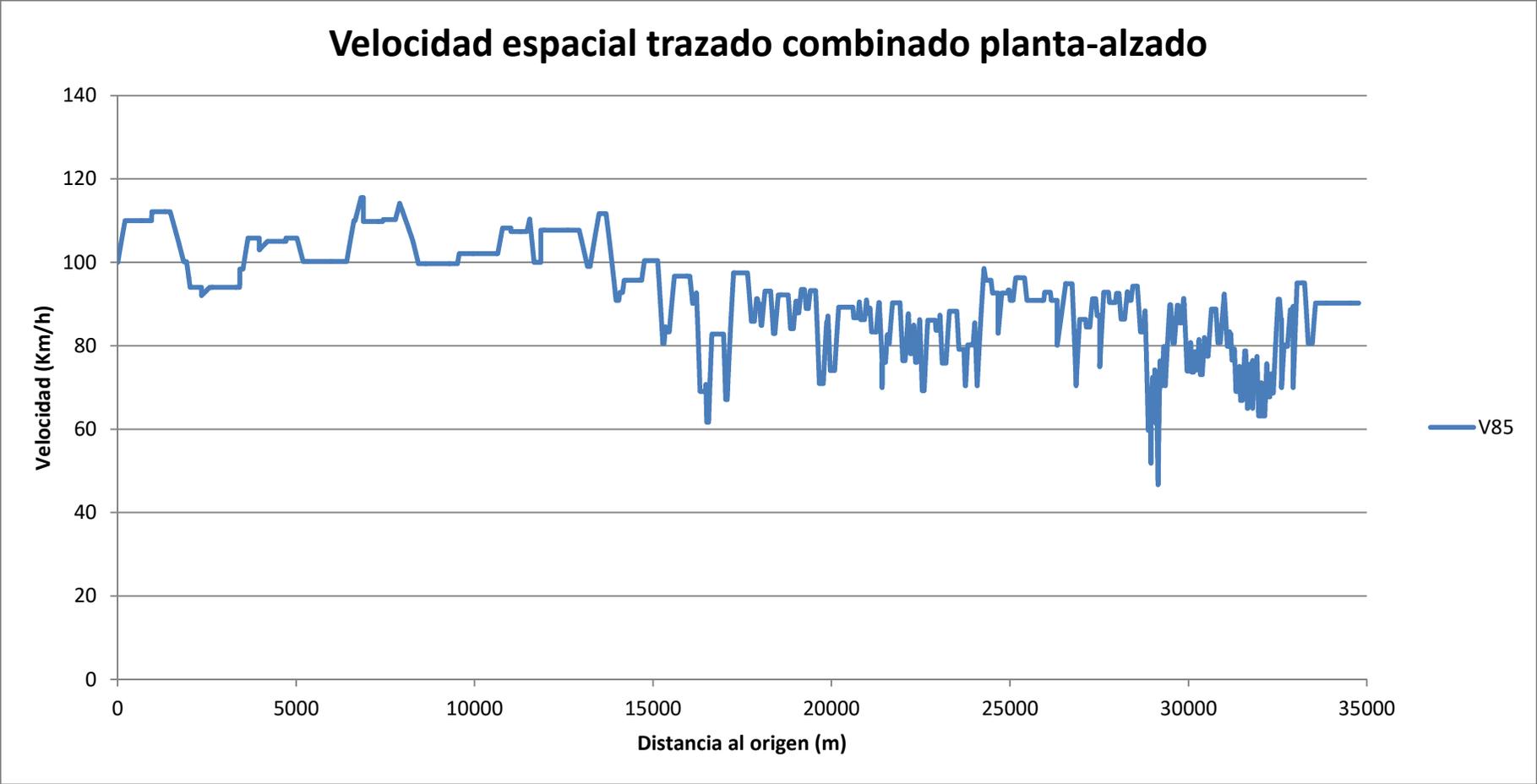


Figura 49. Velocidad espacial para combinación trazado en planta y alzado

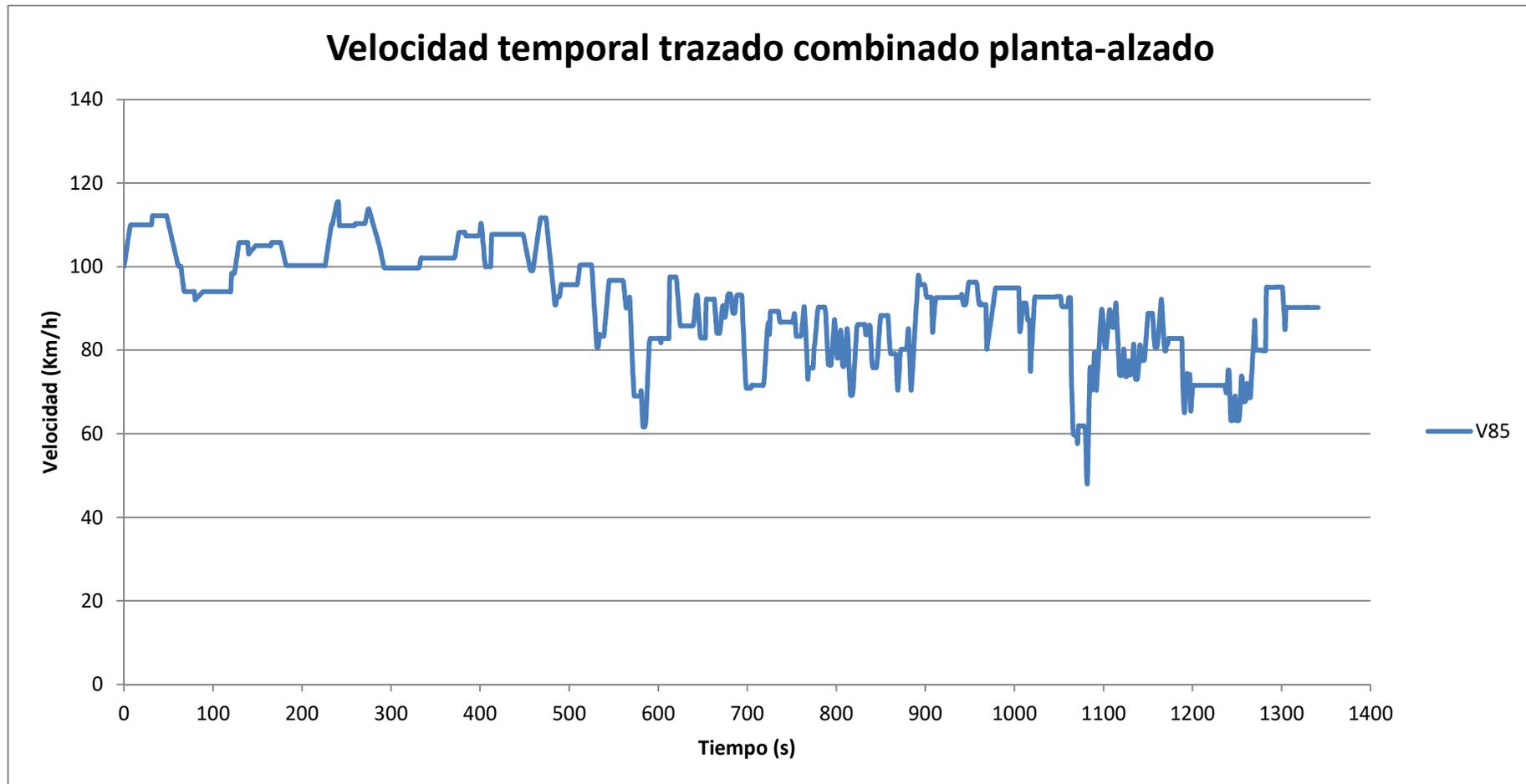


Figura 50. Velocidad temporal para combinación trazado en planta y alzado

## Anexo 6: Datos de producción de CO<sub>2</sub>

**Tabla 44. Muestra de datos de producción de CO<sub>2</sub> por un vehículo ligero en el trazado en planta, en alzado y en la combinación de ambos**

Vehículo ligero (LDV1)											
TRAZADO PLANTA				TRAZADO ALZADO				TRAZADO PLANTA-ALZADO			
PK	t (s)	V (km/h)	CO2 (gr)	PK	t (s)	V (km/h)	CO2 (gr)	PK	t (s)	V (km/h)	CO2 (gr)
0	1	100,00	3,443	0	1	100,00	3,294	0	1	100,00	3,457
27	2	101,08	3,099	27	2	101,08	2,899	27	2	101,08	3,099
56	3	102,55	2,827	56	3	102,55	2,610	56	3	102,55	2,835
85	4	104,00	2,621	84	4	103,95	2,409	84	4	103,95	2,628
115	5	105,48	2,464	113	5	105,38	2,292	113	5	105,38	2,468
145	6	106,93	2,353	143	6	106,84	2,276	143	6	106,84	2,356
175	7	108,37	2,284	173	7	108,28	2,276	173	7	108,28	2,286
206	8	109,84	2,256	203	8	109,70	2,276	203	8	109,70	2,276
236	9	111,24	2,263	234	9	111,14	2,276	236	9	110,00	2,276
267	10	112,16	2,263	265	10	112,16	2,276	267	10	110,00	2,276
298	11	112,16	2,263	296	11	112,16	2,276	298	11	110,00	2,276
328	12	112,16	2,263	327	12	112,16	2,276	328	12	110,00	2,276
359	13	112,16	2,263	358	13	112,16	2,276	359	13	110,00	2,276
389	14	112,16	2,263	389	14	112,16	2,276	389	14	110,00	2,276
420	15	112,16	2,263	421	15	112,16	2,276	420	15	110,00	2,276
450	16	112,16	2,263	452	16	112,16	2,276	450	16	110,00	2,276
481	17	112,16	2,263	483	17	112,16	2,276	481	17	110,00	2,276
511	18	112,16	2,263	514	18	112,16	2,276	511	18	110,00	2,276
542	19	112,16	2,263	545	19	112,16	2,276	542	19	110,00	2,276
573	20	112,16	2,263	576	20	112,16	2,276	573	20	110,00	2,276
603	21	112,16	2,263	608	21	112,16	2,276	603	21	110,00	2,276
634	22	112,16	2,263	639	22	112,16	2,276	634	22	110,00	2,276
664	23	112,16	2,263	670	23	112,16	2,276	664	23	110,00	2,276
695	24	112,16	2,263	701	24	112,16	2,276	695	24	110,00	2,276
725	25	112,16	2,263	732	25	112,16	2,276	725	25	110,00	2,276
756	26	112,16	2,263	763	26	112,16	2,276	756	26	110,00	2,276
786	27	112,16	2,263	795	27	112,16	2,276	786	27	110,00	2,276
817	28	112,16	2,263	826	28	112,16	2,276	817	28	110,00	2,276
848	29	112,16	2,263	857	29	112,16	2,276	848	29	110,00	2,276
878	30	112,16	2,263	888	30	112,16	2,276	878	30	110,00	2,276
909	31	112,16	2,263	919	31	112,16	2,276	909	31	110,00	2,276
939	32	112,16	2,263	950	32	112,16	2,263	939	32	110,00	2,263
970	33	112,16	2,263	981	33	112,16	2,263	970	33	112,16	2,263
1001	34	112,16	2,263	1013	34	112,16	2,263	1001	34	112,16	2,263
1032	35	112,16	2,263	1044	35	112,16	2,263	1032	35	112,16	2,263
1095	37	112,16	2,263	1106	37	112,16	2,263	1095	37	112,16	2,263

Estudio del efecto del trazado en planta y alzado en la determinación unitaria, en flujo libre, de la huella de carbono asociada a la circulación de vehículos en el tramo Casinos - Tuéjar de la Carretera CV-35 (Valencia).

PK	t (s)	V (km/h)	CO2 (gr)	PK	t (s)	V (km/h)	CO2 (gr)	PK	t (s)	V (km/h)	CO2 (gr)
1157	39	112,16	2,263	1168	39	112,16	2,263	1157	39	112,16	2,263
1188	40	112,16	2,263	1200	40	112,16	2,263	1188	40	112,16	2,263
1219	41	112,16	2,263	1231	41	112,16	2,263	1219	41	112,16	2,263
1250	42	112,16	2,263	1262	42	112,16	2,263	1250	42	112,16	2,2628
1282	43	112,16	2,263	1293	43	112,16	2,263	1282	43	112,16	2,2628
1313	44	112,16	2,263	1324	44	112,16	2,263	1313	44	112,16	2,2628
1344	45	112,16	2,263	1355	45	112,16	2,263	1344	45	112,16	2,2628
1375	46	112,16	2,263	1386	46	112,16	2,263	1375	46	112,16	2,2628
1406	47	112,16	2,263	1418	47	112,16	2,263	1406	47	112,16	2,2628
1437	48	112,16	2,259	1449	48	112,16	2,263	1437	48	112,16	2,2628
1469	49	112,16	2,257	1480	49	111,90	2,255	1469	49	112,16	2,2554
1500	50	111,30	2,276	1511	50	110,96	2,266	1500	50	111,30	2,2663
1530	51	110,39	2,311	1542	51	110,02	2,296	1530	51	110,39	2,2960
1561	52	109,44	2,363	1572	52	109,10	2,342	1561	52	109,44	2,3420
1591	53	108,51	2,433	1602	53	108,17	2,405	1591	53	108,51	2,4054
1621	54	107,58	2,522	1632	54	107,23	2,487	1621	54	107,58	2,4874
1651	55	106,64	2,629	1662	55	106,29	2,586	1651	55	106,64	2,5860
1680	56	105,72	2,758	1691	56	105,37	2,710	1680	56	105,72	2,7104
1710	57	104,76	2,913	1720	57	104,44	2,856	1710	57	104,76	2,8561
1739	58	103,82	2,959	1749	58	103,50	3,024	1739	58	103,82	2,9807
1767	59	102,91	2,904	1778	59	102,55	3,231	1767	59	102,91	2,9233
1796	60	101,96	2,851	1806	60	101,63	3,470	1796	60	101,96	2,8695
1824	61	101,03	3,732	1834	61	100,70	3,732	1824	61	101,03	3,7321
1852	62	100,16	3,732	1862	62	100,16	3,732	1852	62	100,16	3,7321
1880	63	100,16	3,732	1890	63	100,16	3,732	1880	63	100,16	3,7321
1908	64	100,16	2,235	1918	64	100,16	3,783	1908	64	100,16	2,2619
1935	65	100,01	2,164	1945	65	99,40	3,904	1935	65	100,01	2,1894
1963	66	98,29	2,099	1973	66	97,66	3,796	1963	66	98,29	2,1229
1990	67	96,59	2,039	2000	67	95,96	3,692	1990	67	96,59	2,0598
2017	68	94,87	3,644	2026	68	94,29	3,644	2017	68	94,87	3,6437
2043	69	94,03	3,644	2052	69	94,03	3,644	2043	69	94,03	3,6437
2069	70	94,03	3,644	2078	70	94,03	2,521	2069	70	94,03	3,6437
2095	71	94,03	3,644	2105	71	94,03	2,521	2095	71	94,03	3,6437
2121	72	94,03	3,644	2131	72	94,03	2,521	2121	72	94,03	3,6437
2147	73	94,03	3,644	2157	73	94,03	2,521	2147	73	94,03	3,6437
2173	74	94,03	3,644	2183	74	94,03	2,521	2173	74	94,03	3,6437
2199	75	94,03	3,644	2209	75	94,03	2,521	2199	75	94,03	3,6437
2226	76	94,03	3,644	2235	76	94,03	2,521	2226	76	94,03	3,6437
2252	77	94,03	3,644	2261	77	94,03	2,521	2252	77	94,03	3,6437
2278	78	94,03	3,644	2287	78	94,03	2,521	2278	78	94,03	3,6437
2304	79	94,03	3,644	2313	79	94,03	2,521	2304	79	94,03	3,6437
2330	80	94,03	3,644	2340	80	94,03	2,440	2330	80	94,03	3,9627
2382	82	94,03	3,644	2392	82	94,03	2,457	2382	82	92,31	3,9557
2407	83	94,03	3,644	2418	83	94,03	2,466	2407	83	92,52	3,9711

Estudio del efecto del trazado en planta y alzado en la determinación unitaria, en flujo libre, de la huella de carbono asociada a la circulación de vehículos en el tramo Casinos - Tuéjar de la Carretera CV-35 (Valencia).

PK	t (s)	V (km/h)	CO2 (gr)	PK	t (s)	V (km/h)	CO2 (gr)	PK	t (s)	V (km/h)	CO2 (gr)
2459	85	94,03	3,644	2470	85	94,03	3,596	2459	85	92,96	4,0018
2485	86	94,03	3,644	2496	86	94,03	3,608	2485	86	93,18	4,0174
2511	87	94,03	5,534	2522	87	94,03	3,621	2511	87	93,40	4,0332
2537	88	94,03	3,674	2549	88	94,10	2,024	2537	88	93,63	4,0490
2563	89	94,56	3,674	2575	89	94,56	2,029	2563	89	93,85	3,6418
2589	90	94,56	3,674	2601	90	94,56	2,029	2589	90	94,00	3,6418
2615	91	94,56	3,674	2627	91	94,56	3,642	2615	91	94,00	3,6418
2641	92	94,56	3,653	2654	92	94,56	3,642	2641	92	94,00	3,6418
2667	93	94,46	3,642	2680	93	94,20	3,642	2667	93	94,00	3,6418
2693	94	94,01	3,642	2706	94	94,01	3,642	2693	94	94,00	3,6418
2719	95	94,01	3,642	2732	95	94,01	3,642	2719	95	94,00	3,6418
2745	96	94,01	3,642	2758	96	94,01	3,642	2745	96	94,00	3,6418
2771	97	94,01	3,642	2784	97	94,01	3,642	2771	97	94,00	3,6418
2798	98	94,01	3,642	2810	98	94,01	3,642	2798	98	94,00	3,6418
2824	99	94,01	3,642	2837	99	94,01	3,642	2824	99	94,00	3,6418
2850	100	94,01	3,642	2863	100	94,01	3,642	2850	100	94,00	3,6418
2876	101	94,01	3,642	2889	101	94,01	3,642	2876	101	94,00	3,6418
2902	102	94,01	3,642	2915	102	94,01	3,642	2902	102	94,00	3,6418
2928	103	94,01	3,642	2941	103	94,01	3,642	2928	103	94,00	3,6418
2954	104	94,01	3,642	2967	104	94,01	4,053	2954	104	94,00	3,6418
2980	105	94,01	3,642	2993	105	94,01	4,053	2980	105	94,00	3,6418
3006	106	94,01	3,642	3019	106	94,01	4,054	3006	106	94,00	3,6418
3033	107	94,01	3,642	3045	107	94,01	4,054	3033	107	94,00	3,6418
3059	108	94,01	3,642	3072	108	94,01	4,056	3059	108	94,00	3,6418
3085	109	94,01	3,642	3098	109	94,01	4,056	3085	109	94,00	3,6418
3111	110	94,01	5,307	3124	110	94,01	4,058	3111	110	94,00	3,6418
3137	111	94,34	4,840	3150	111	95,18	4,058	3137	111	94,00	3,6418
3163	112	96,02	3,911	3177	112	96,92	3,642	3163	112	94,00	3,6418
3189	113	97,68	3,911	3204	113	98,39	3,642	3189	113	94,00	3,6418
3215	114	98,39	3,911	3231	114	98,39	3,642	3215	114	94,00	3,6418
3241	115	98,39	3,911	3259	115	98,39	3,642	3241	115	94,00	3,6418
3268	116	98,39	3,911	3286	116	98,39	3,642	3268	116	94,00	3,6418
3294	117	98,39	3,911	3313	117	98,39	3,642	3294	117	94,00	3,6418
3320	118	98,39	3,911	3341	118	98,39	3,642	3320	118	94,00	3,6418
3346	119	98,39	3,911	3368	119	98,39	3,642	3346	119	94,00	3,6418
3372	120	98,39	3,911	3395	120	98,39	3,642	3372	120	94,00	3,6418
3398	121	98,39	3,911	3422	121	98,39	3,911	3398	121	94,00	3,9106
3424	122	98,39	3,911	3450	122	98,39	3,911	3424	122	98,39	3,9106
3452	123	98,39	3,911	3477	123	98,39	3,911	3452	123	98,39	3,9106
3479	124	98,39	3,987	3504	124	98,39	3,911	3479	124	98,39	3,9106
3506	125	98,39	3,495	3532	125	99,43	3,947	3506	125	98,39	3,9471

**Tabla 45. Muestra de datos de producción de CO<sub>2</sub> por un vehículo pesado en la combinación del trazado en planta y el alzado.**

Vehículo pesado (HEV1)			
TRAZADO PLANTA-ALZADO			
PK	t (s)	V(km/h)	CO2 (gr)
0	1	100,00	3,783
27	2	101,08	3,259
56	3	102,55	2,910
84	4	103,95	2,666
113	5	105,38	2,508
143	6	106,84	2,426
173	7	108,28	2,402
203	8	109,70	2,403
236	9	110,00	2,403
267	10	110,00	2,403
298	11	110,00	2,403
328	12	110,00	2,403
389	14	110,00	2,403
420	15	110,00	2,403
450	16	110,00	2,403
481	17	110,00	2,403
511	18	110,00	2,403
542	19	110,00	2,403
573	20	110,00	2,403
603	21	110,00	2,403
634	22	110,00	2,403
664	23	110,00	2,403
695	24	110,00	2,403
725	25	110,00	2,403
756	26	110,00	2,403
786	27	110,00	2,403
817	28	110,00	2,403
848	29	110,00	2,403
878	30	110,00	2,403
909	31	110,00	2,403
939	32	110,00	2,464
970	33	112,16	2,464
1001	34	112,16	2,464
1032	35	112,16	2,464
1064	36	112,16	2,464
1095	37	112,16	2,464
1126	38	112,16	2,464
1157	39	112,16	2,464

PK	t (s)	V(km/h)	CO2 (gr)
1219	41	112,16	2,464
1250	42	112,16	2,4636
1282	43	112,16	2,4636
1313	44	112,16	2,4636
1344	45	112,16	2,4636
1375	46	112,16	2,4636
1406	47	112,16	2,4636
1437	48	112,16	2,4636
1469	49	112,16	2,4294
1500	50	111,30	2,4073
1530	51	110,39	2,4023
1561	52	109,44	2,4181
1591	53	108,51	2,4578
1621	54	107,58	2,5252
1651	55	106,64	2,6215
1680	56	105,72	2,7588
1710	57	104,76	2,9357
1767	59	102,91	3,0347
1796	60	101,96	2,9737
1824	61	101,03	4,2141
1852	62	100,16	4,2141
1880	63	100,16	4,2141
1908	64	100,16	2,2483
1935	65	100,01	2,1655
1963	66	98,29	2,0903
1990	67	96,59	2,0195
2017	68	94,87	4,2208
2043	69	94,03	4,2208
2069	70	94,03	4,2208
2095	71	94,03	4,2208
2121	72	94,03	4,2208
2147	73	94,03	4,2208
2173	74	94,03	4,2208
2199	75	94,03	4,2208
2226	76	94,03	4,2208
2252	77	94,03	4,2208
2278	78	94,03	4,2208
2304	79	94,03	4,2208
2330	80	94,03	4,5846
2356	81	92,09	4,5604
2382	82	92,31	4,5791
2407	83	92,52	4,5988
2433	84	92,74	4,6184
2459	85	92,96	4,6381

PK	t (s)	V(km/h)	CO2 (gr)
2511	87	93,40	4,6782
2537	88	93,63	4,6982
2563	89	93,85	4,2182
2589	90	94,00	4,2182
2615	91	94,00	4,2182
2641	92	94,00	4,2182
2667	93	94,00	4,2182
2693	94	94,00	4,2182
2719	95	94,00	4,2182
2745	96	94,00	4,2182
2771	97	94,00	4,2182
2798	98	94,00	4,2182
2824	99	94,00	4,2182
2850	100	94,00	4,2182
2876	101	94,00	4,2182
2902	102	94,00	4,2182
2954	104	94,00	4,2182
2980	105	94,00	4,2182
3006	106	94,00	4,2182
3033	107	94,00	4,2182
3059	108	94,00	4,2182
3085	109	94,00	4,2182
3111	110	94,00	4,2182
3137	111	94,00	4,2182
3163	112	94,00	4,2182
3189	113	94,00	4,2182
3215	114	94,00	4,2182
3241	115	94,00	4,2182
3268	116	94,00	4,2182
3294	117	94,00	4,2182
3320	118	94,00	4,2182
3346	119	94,00	4,2182
3372	120	94,00	4,2182
3398	121	94,00	4,5696
3424	122	98,39	4,5696
3452	123	98,39	4,5696
3479	124	98,39	4,5696
3506	125	98,39	4,5668
3534	126	99,54	3,7945
3562	127	101,05	3,2612
3590	128	102,54	2,8862

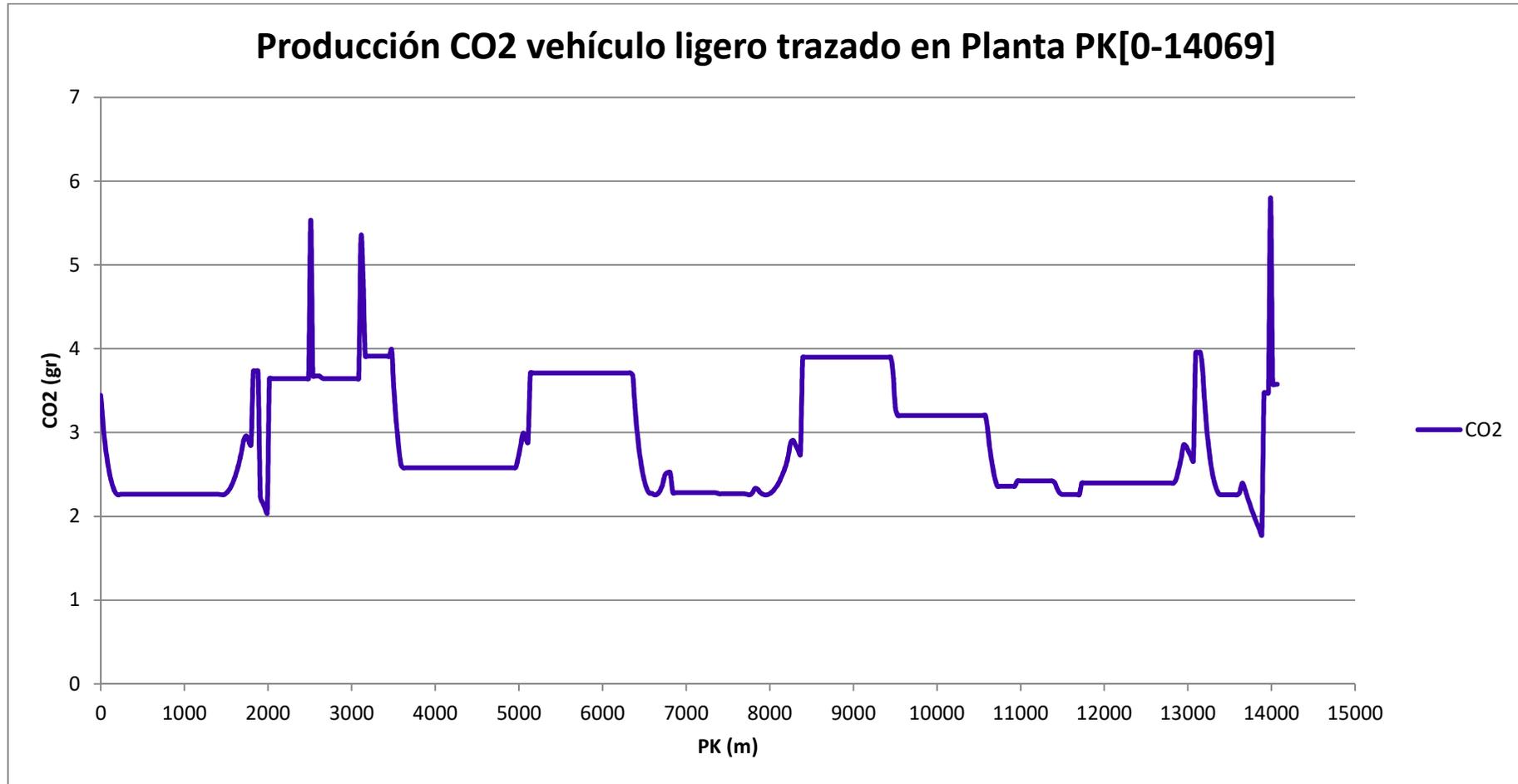


Figura 49. Gráfica CO2 Vs. PK para planta y un vehículo ligero (LDV1) en el tramo 1

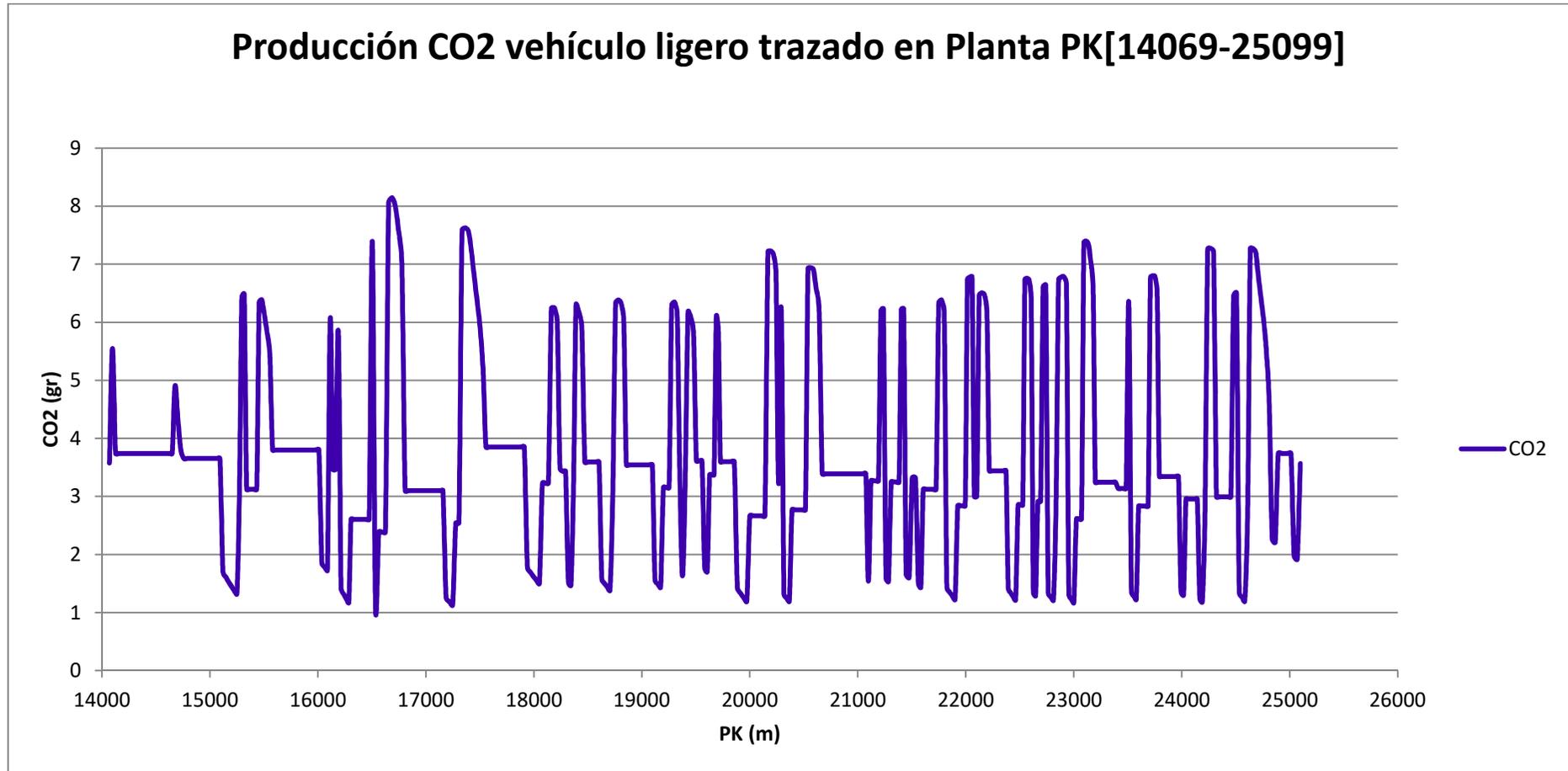


Figura 50. Gráfica CO2 Vs. PK para planta y un vehículo ligero (LDV1) en el tramo 2

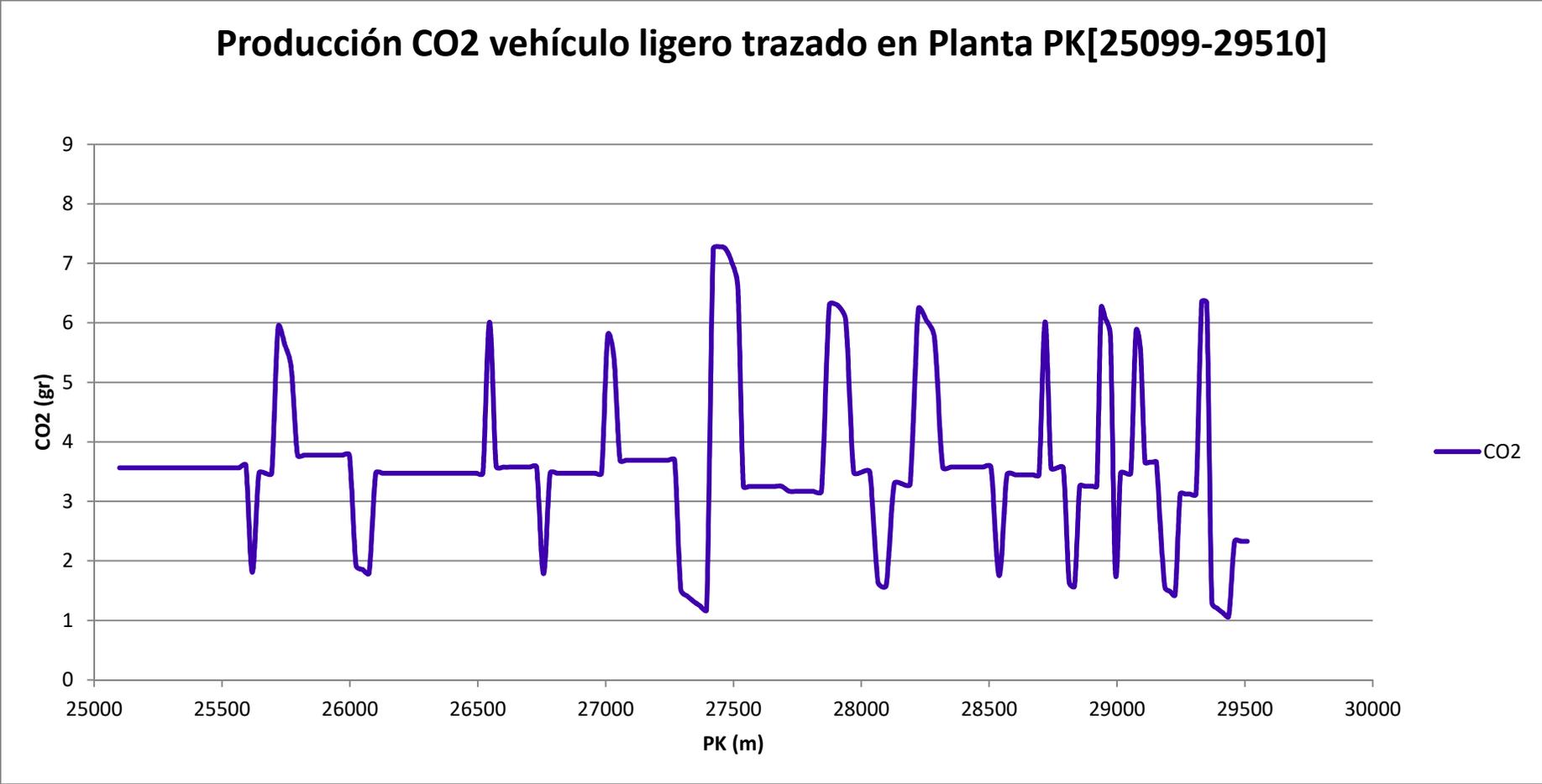


Figura 51. Gráfica CO2 Vs. PK para planta y un vehículo ligero (LDV1) en el tramo 3

Estudio del efecto del trazado en planta y alzado en la determinación unitaria, en flujo libre, de la huella de carbono asociada a la circulación de vehículos en el tramo Casinos - Tuéjar de la Carretera CV-35 (Valencia).

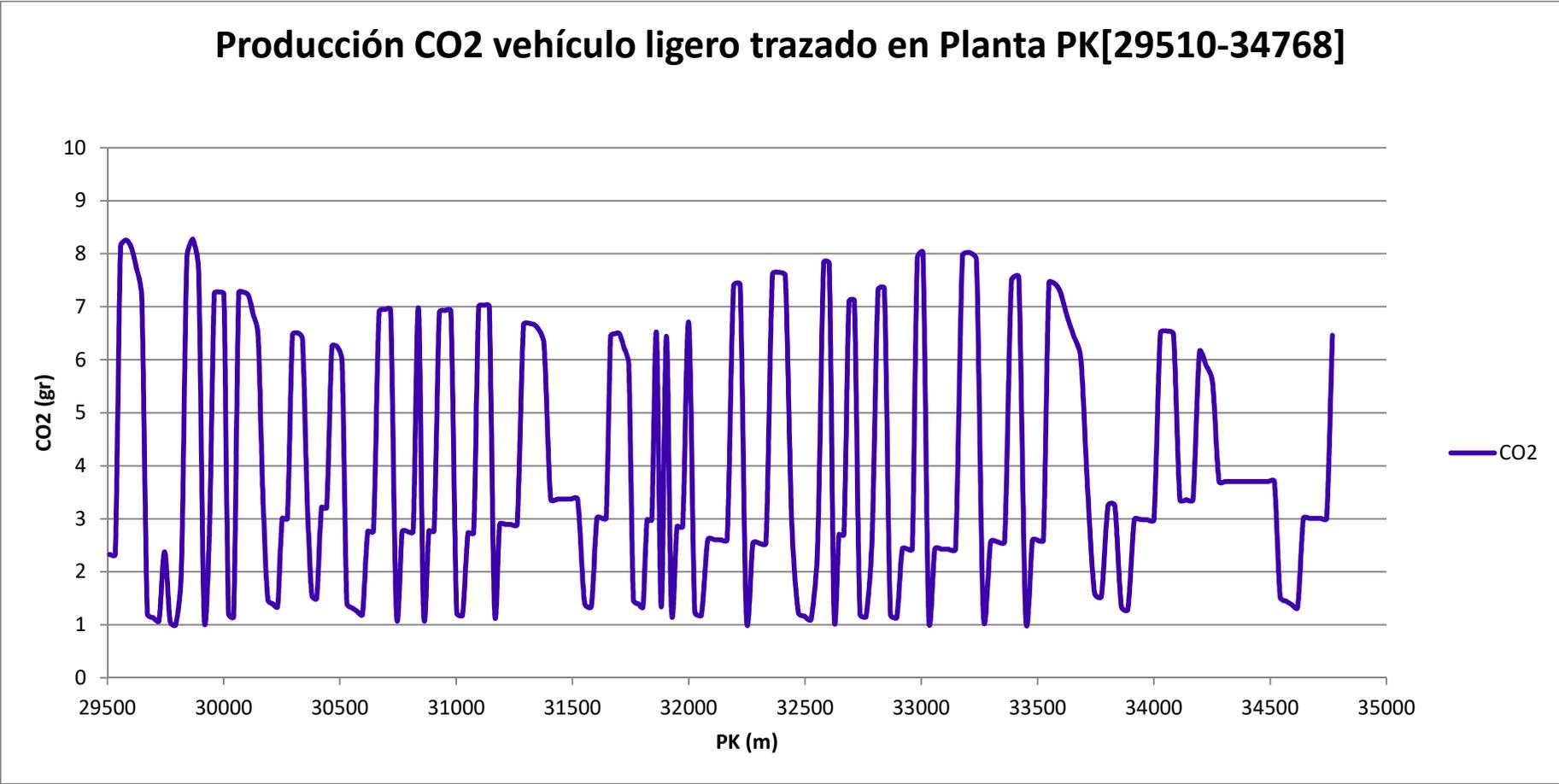


Figura 52. Gráfica CO2 Vs. PK para planta y un vehículo ligero (LDV1) en el tramo 4

Estudio del efecto del trazado en planta y alzado en la determinación unitaria, en flujo libre, de la huella de carbono asociada a la circulación de vehículos en el tramo Casinos - Tuéjar de la Carretera CV-35 (Valencia).

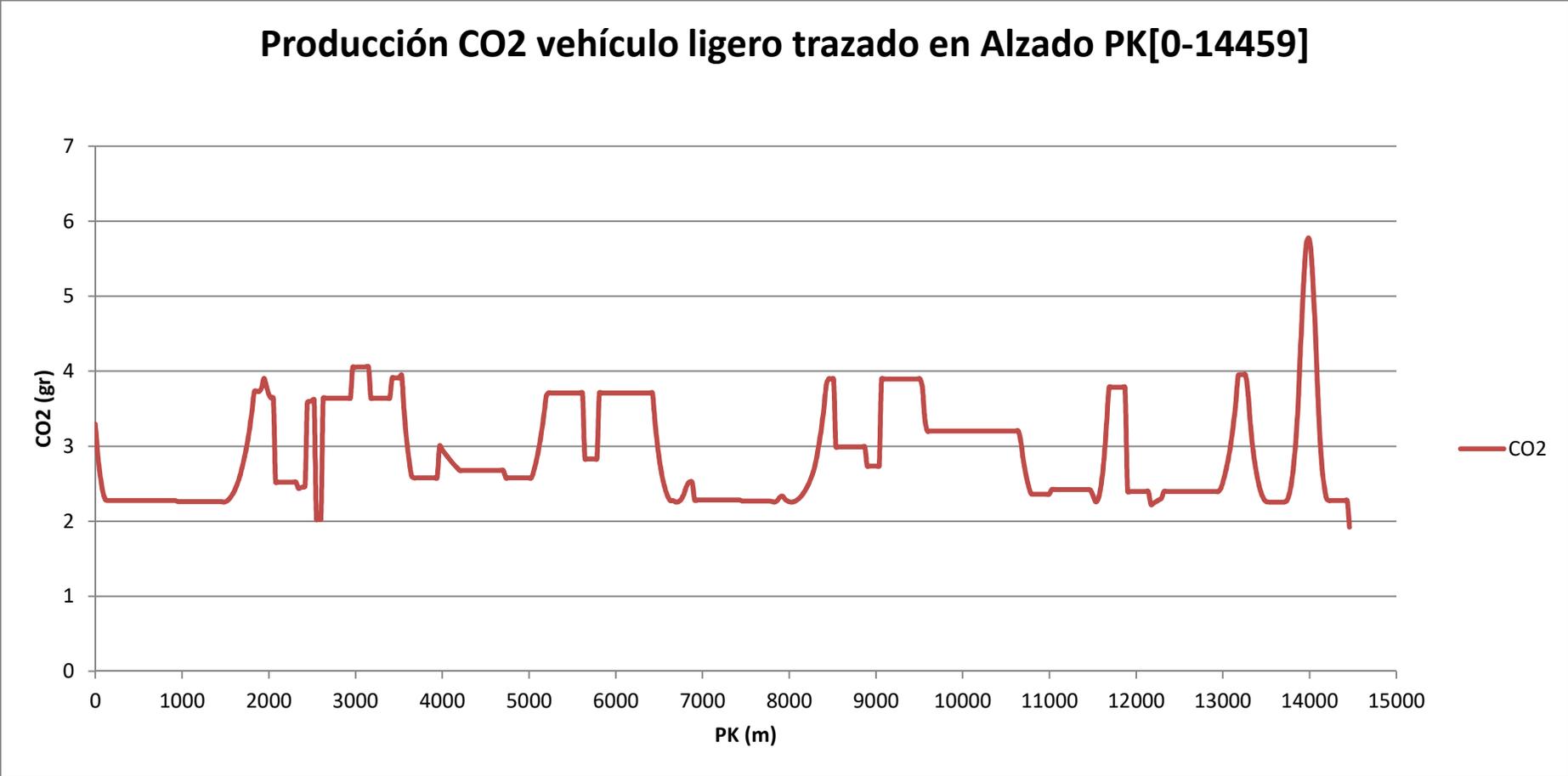


Figura 53. Gráfica CO2 Vs. PK para alzado y un vehículo ligero (LDV1) en el tramo 1

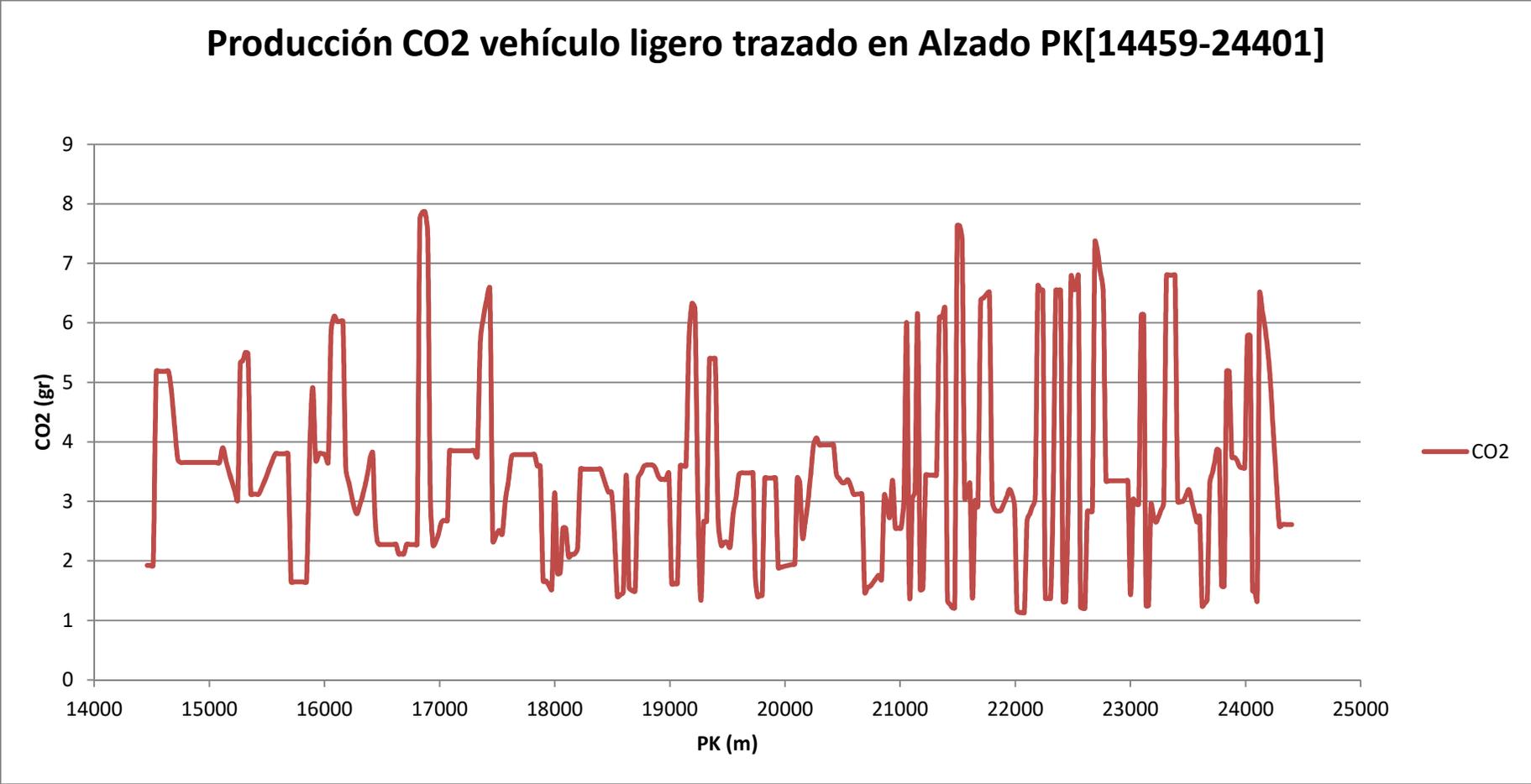


Figura 54. Gráfica CO2 Vs. PK para alzado y un vehículo ligero (LDV1) en el tramo 2

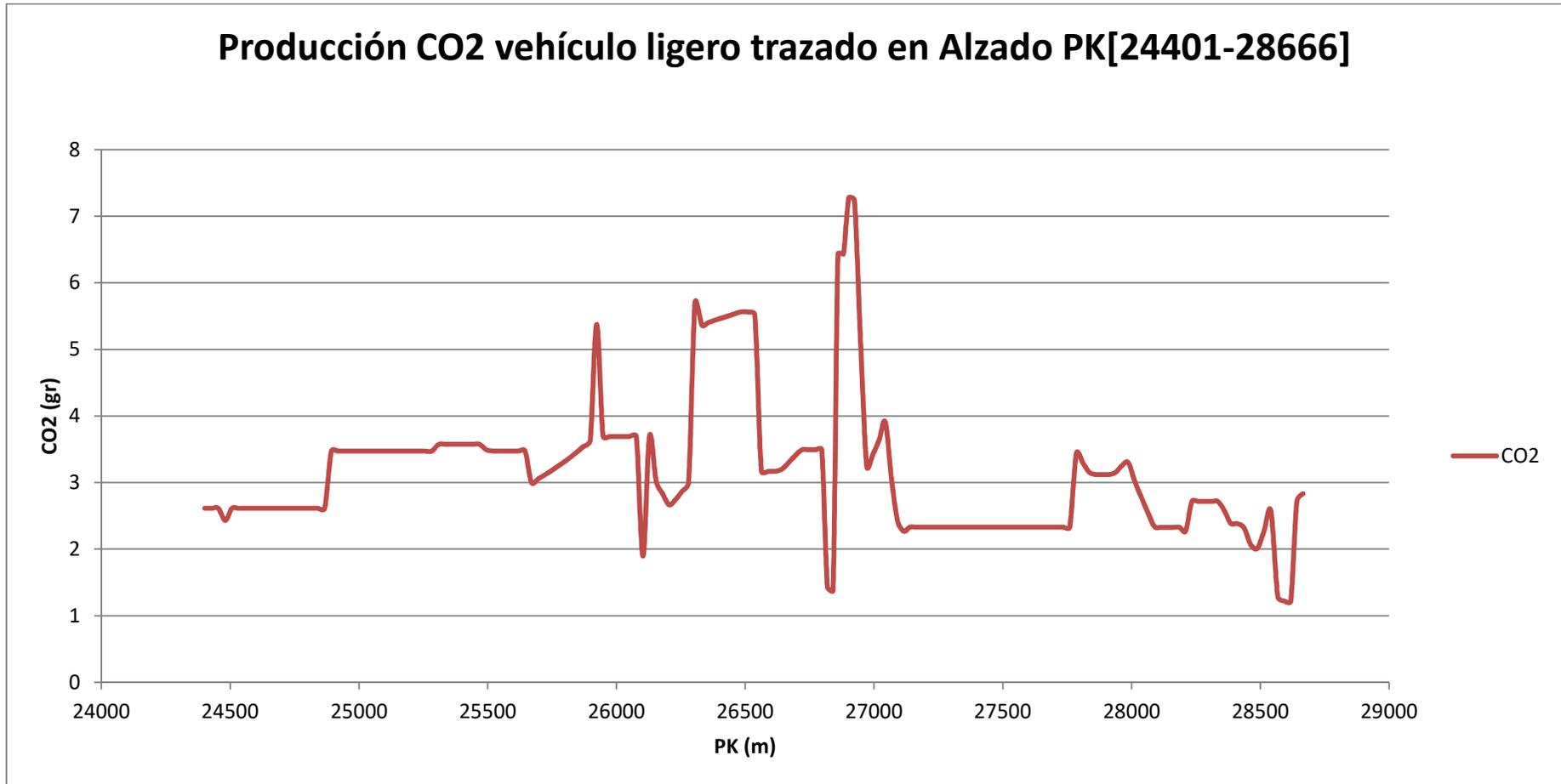


Figura 55. Gráfica CO2 Vs. PK para alzado y un vehículo ligero (LDV1) en el tramo 3

Estudio del efecto del trazado en planta y alzado en la determinación unitaria, en flujo libre, de la huella de carbono asociada a la circulación de vehículos en el tramo Casinos - Tuéjar de la Carretera CV-35 (Valencia).

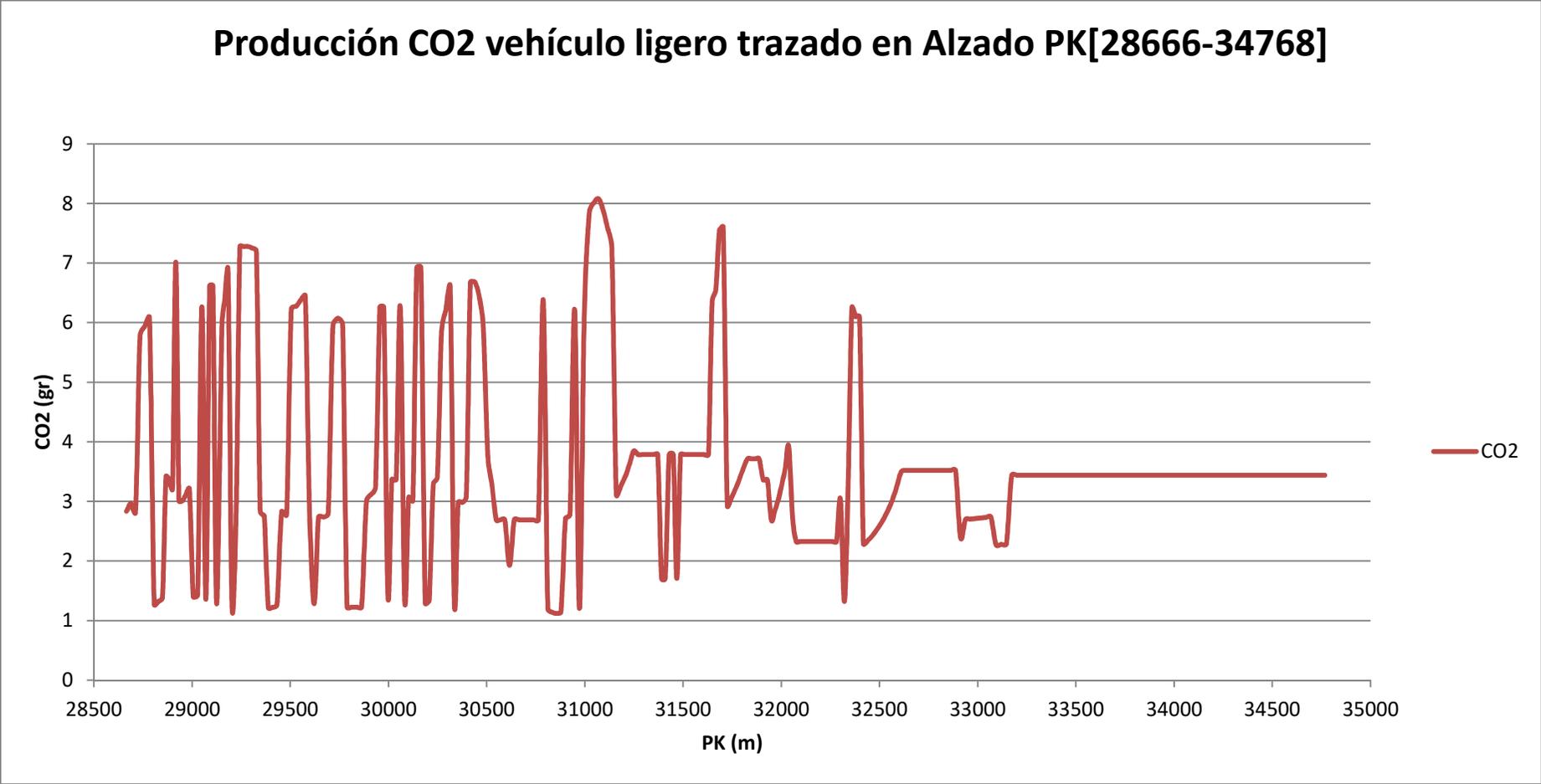


Figura 56. Gráfica CO2 Vs. PK para alzado y un vehículo ligero (LDV1) en el tramo 4

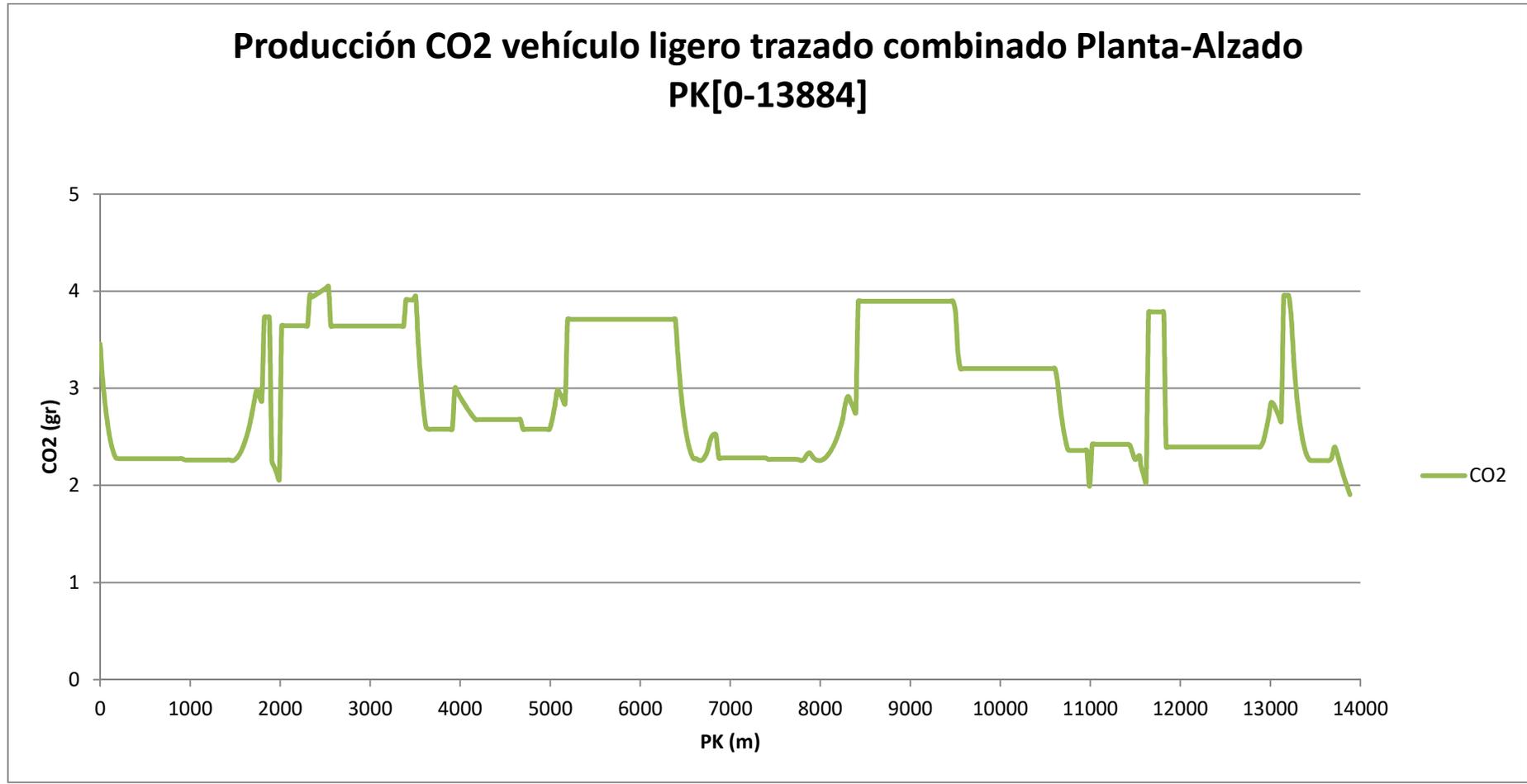


Figura 57. Gráfica CO2 Vs. PK para combinación planta y alzado para un vehículo ligero (LDV1) en el tramo 1

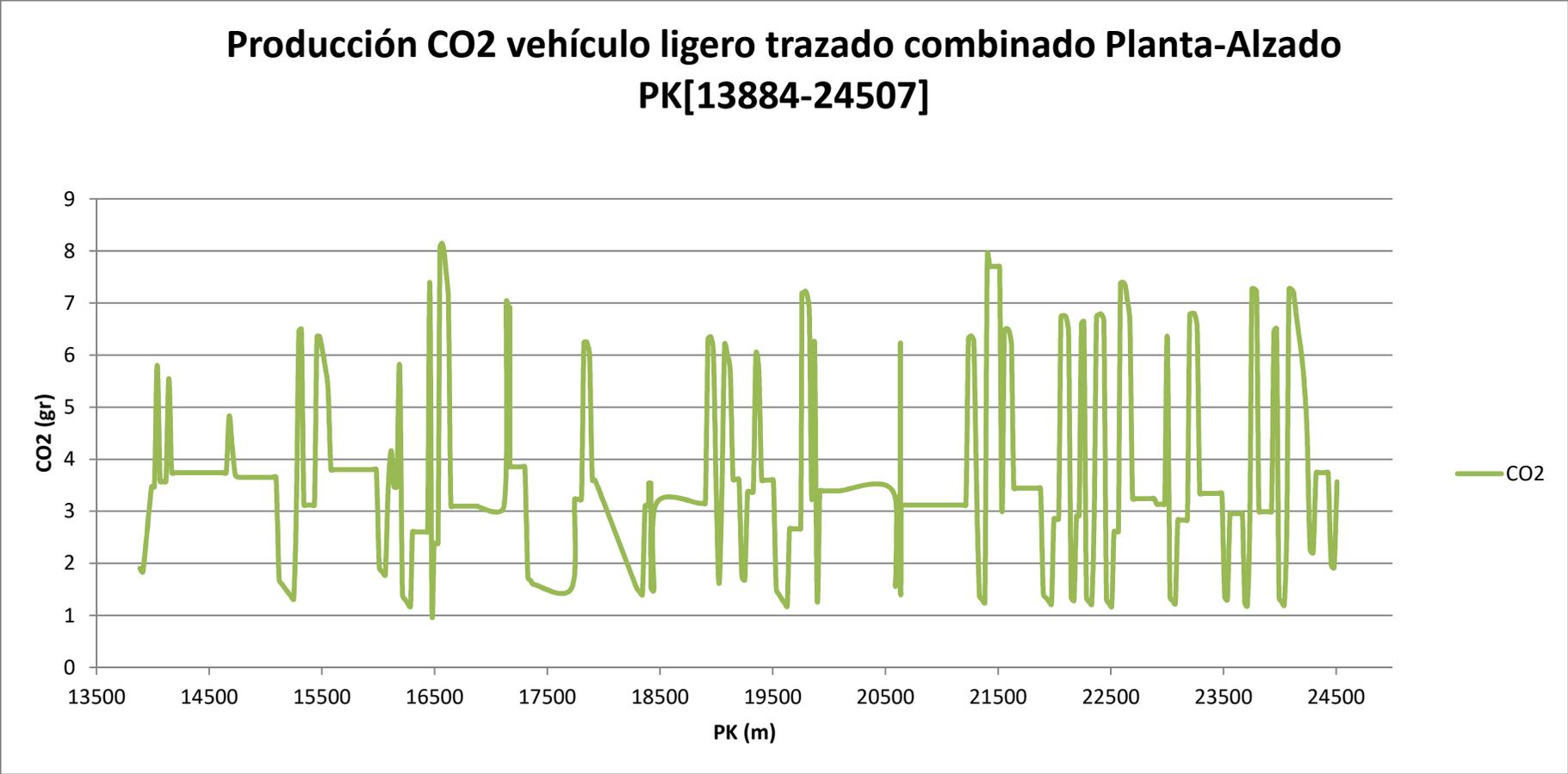


Figura 58. Gráfica CO2 Vs. PK para combinación planta y alzado para un vehículo ligero (LDV1) en el tramo 2

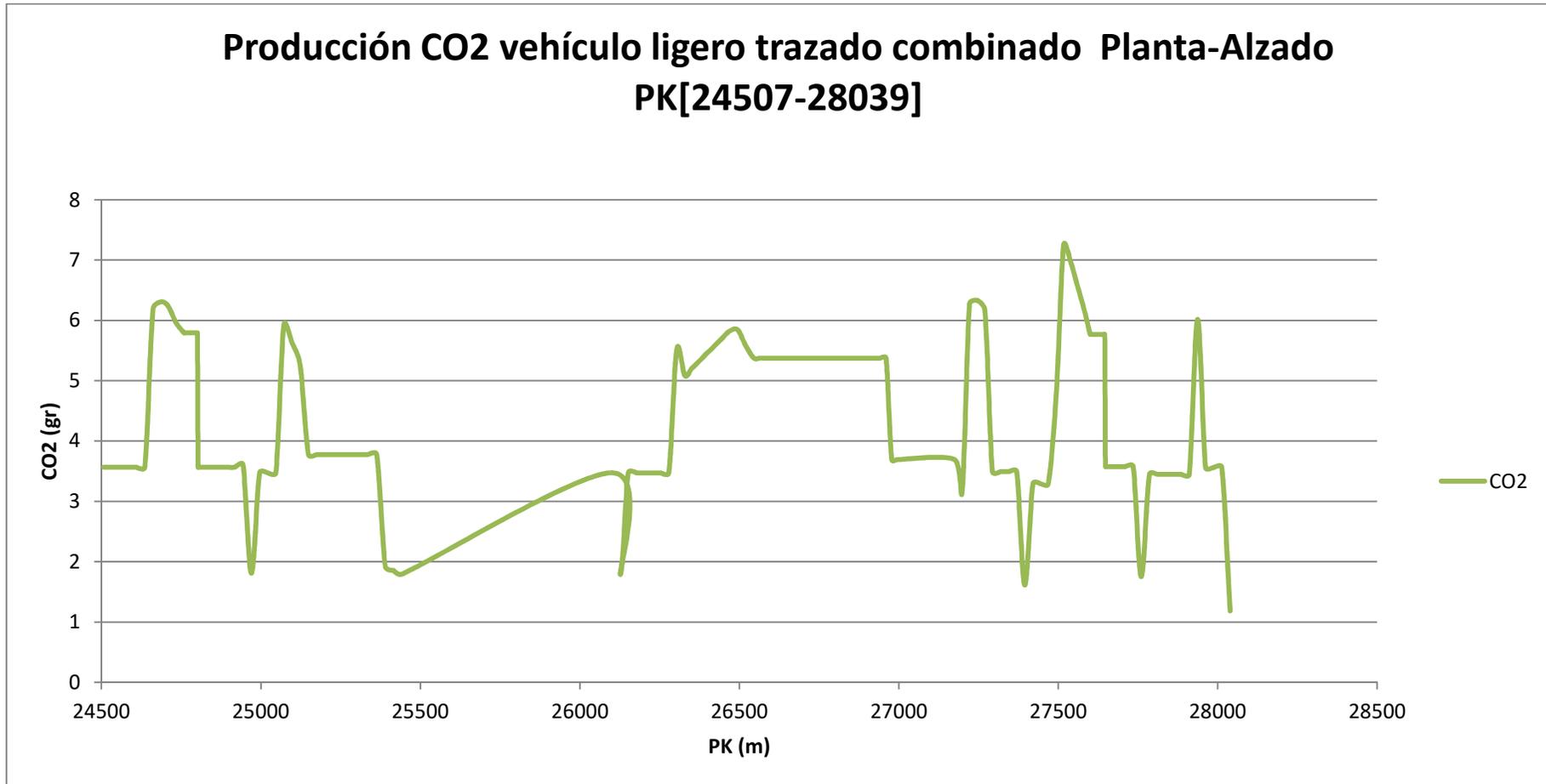


Figura 59. Gráfica CO2 Vs. PK para combinación planta y alzado para un vehículo ligero (LDV1) en el tramo 3

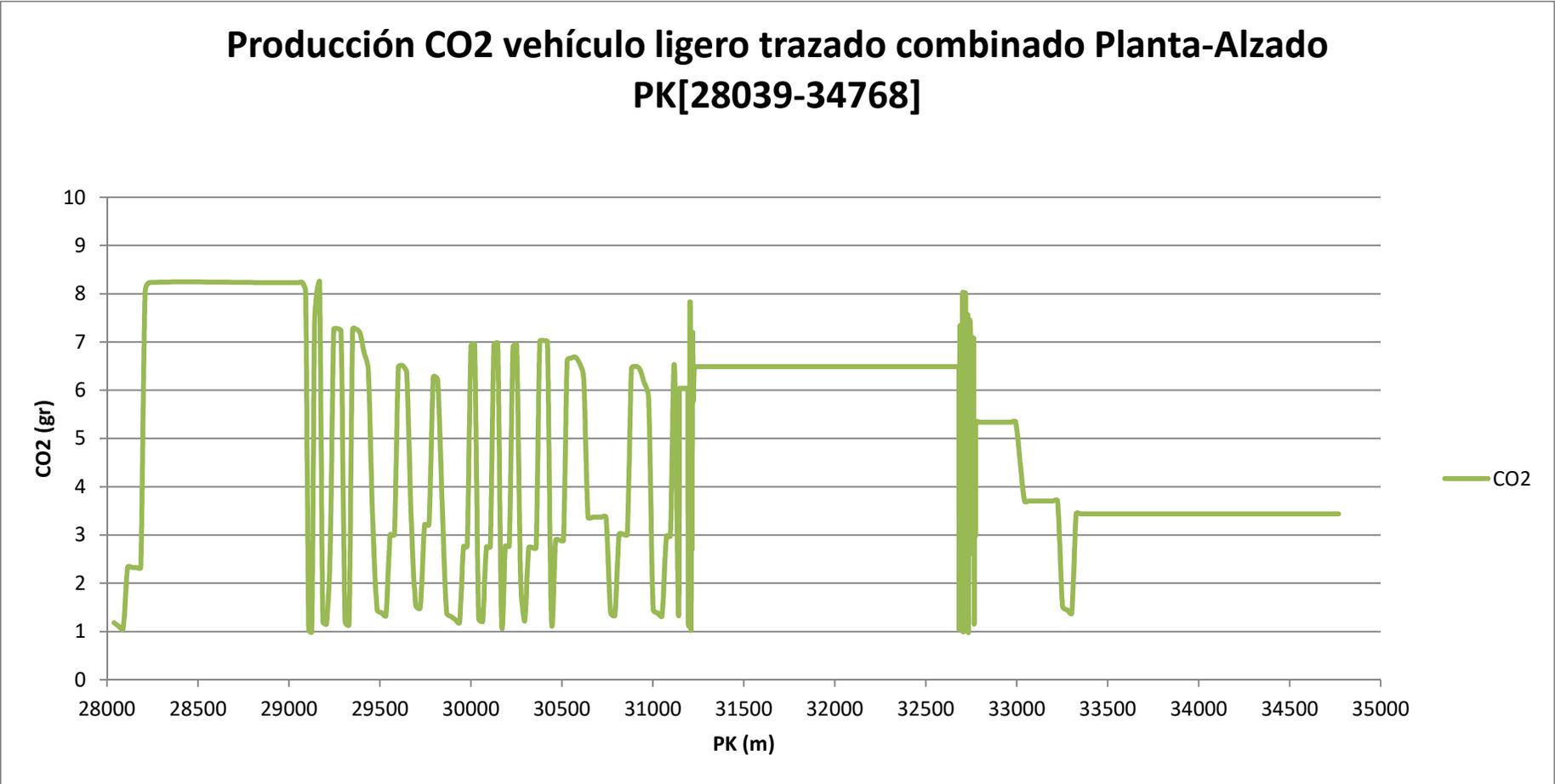


Figura 60. Gráfica CO2 Vs. PK para combinación planta y alzado para un vehículo ligero (LDV1) en el tramo 4

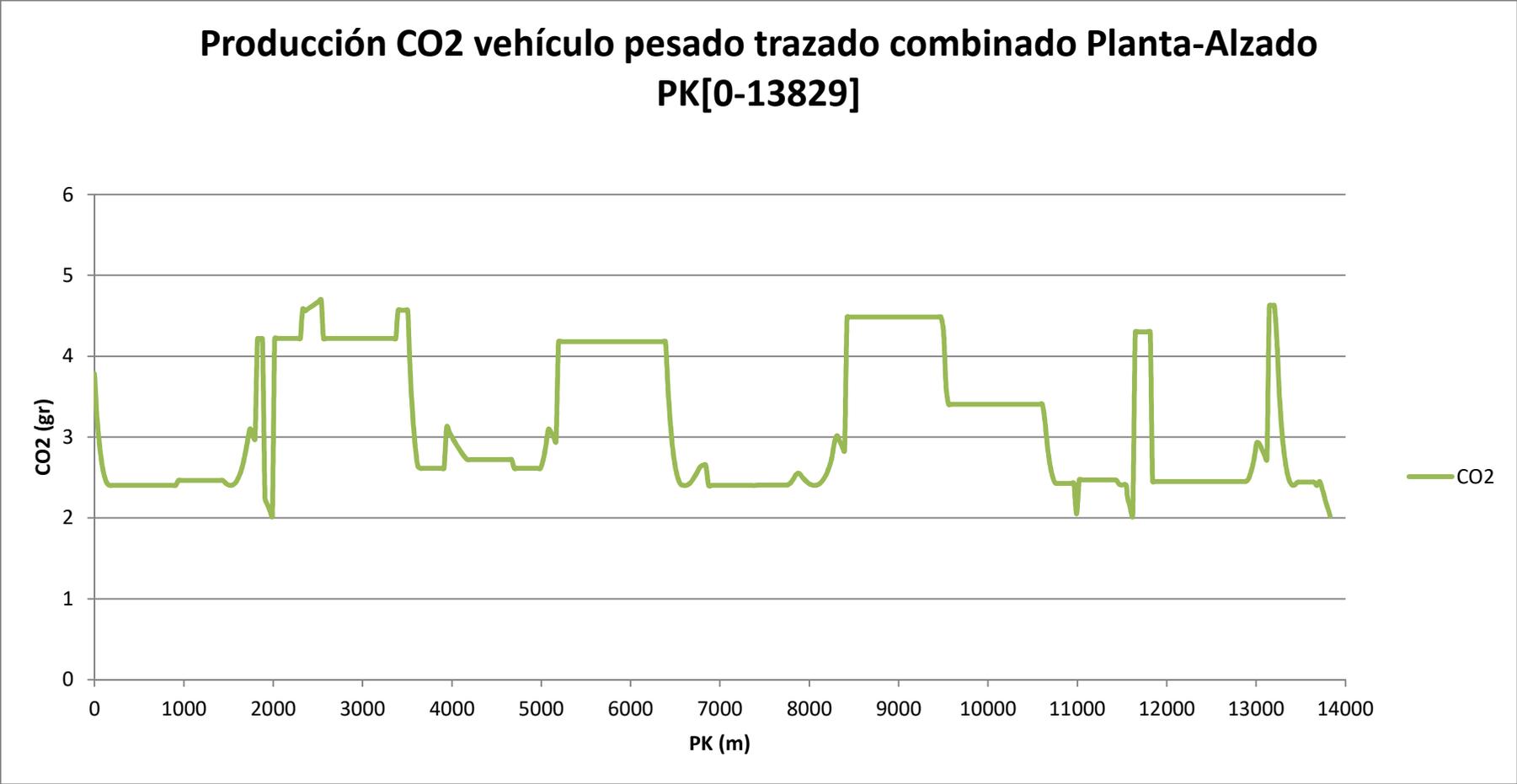


Figura 61. Gráfica CO2 Vs. PK para combinación planta y alzado para un vehículo pesado (HEV1) en el tramo 1

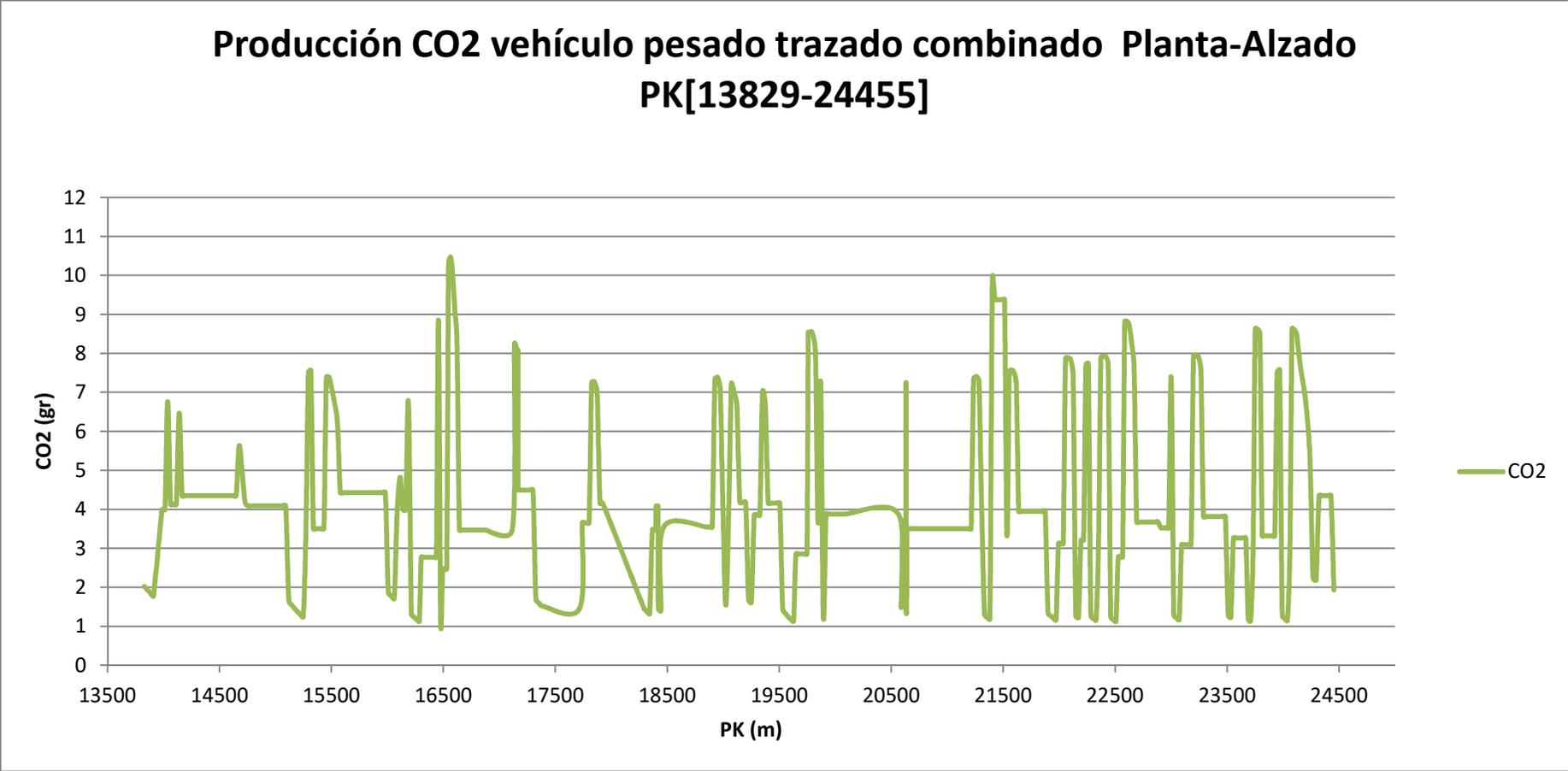


Figura 62. Gráfica CO2 Vs. PK para combinación planta y alzado para un vehículo pesado (HEV1) en el tramo 2

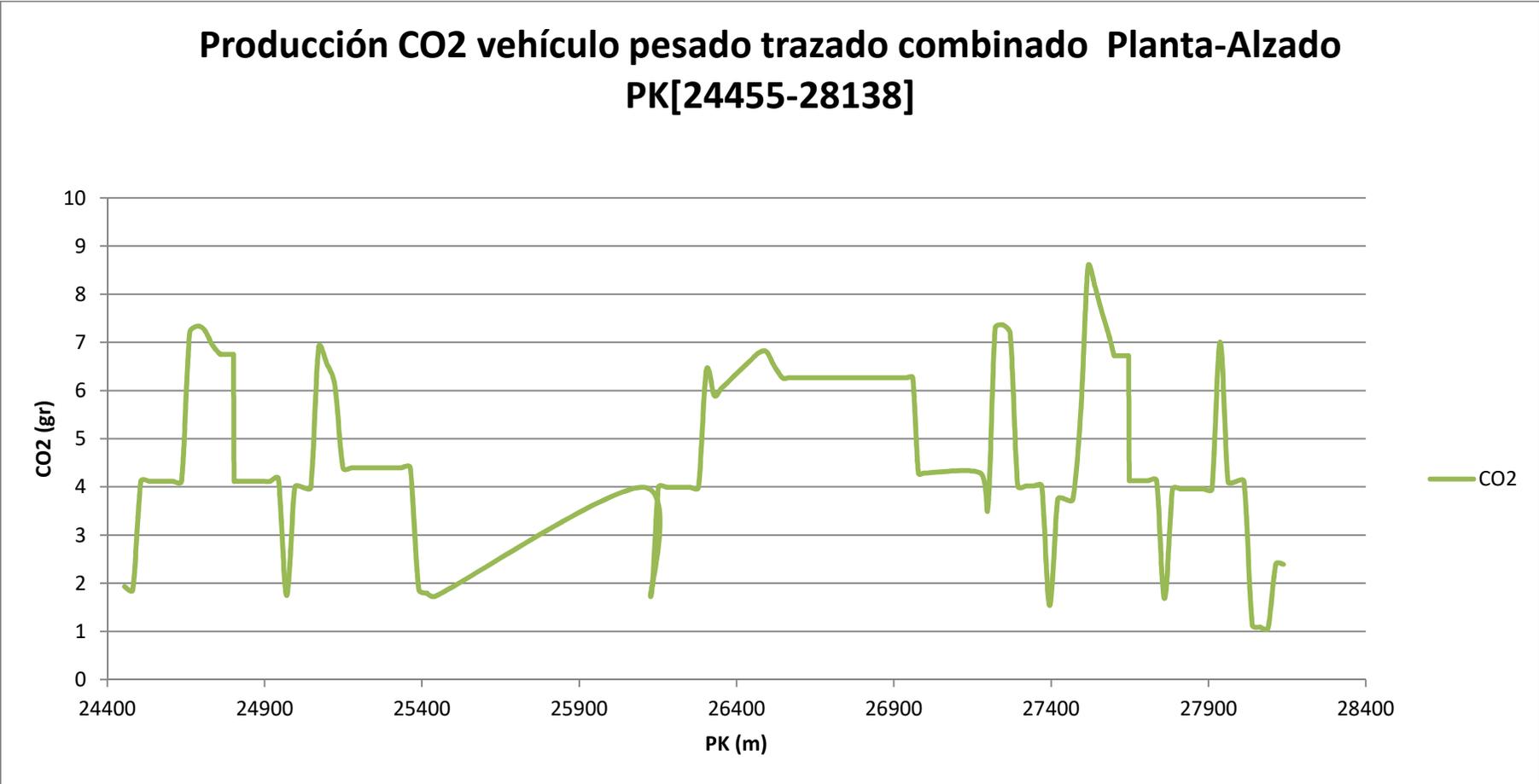


Figura 63. Gráfica CO2 Vs. PK para combinación planta y alzado para un vehículo pesado (HEV1) en el tramo 3

Estudio del efecto del trazado en planta y alzado en la determinación unitaria, en flujo libre, de la huella de carbono asociada a la circulación de vehículos en el tramo Casinos - Tuéjar de la Carretera CV-35 (Valencia).

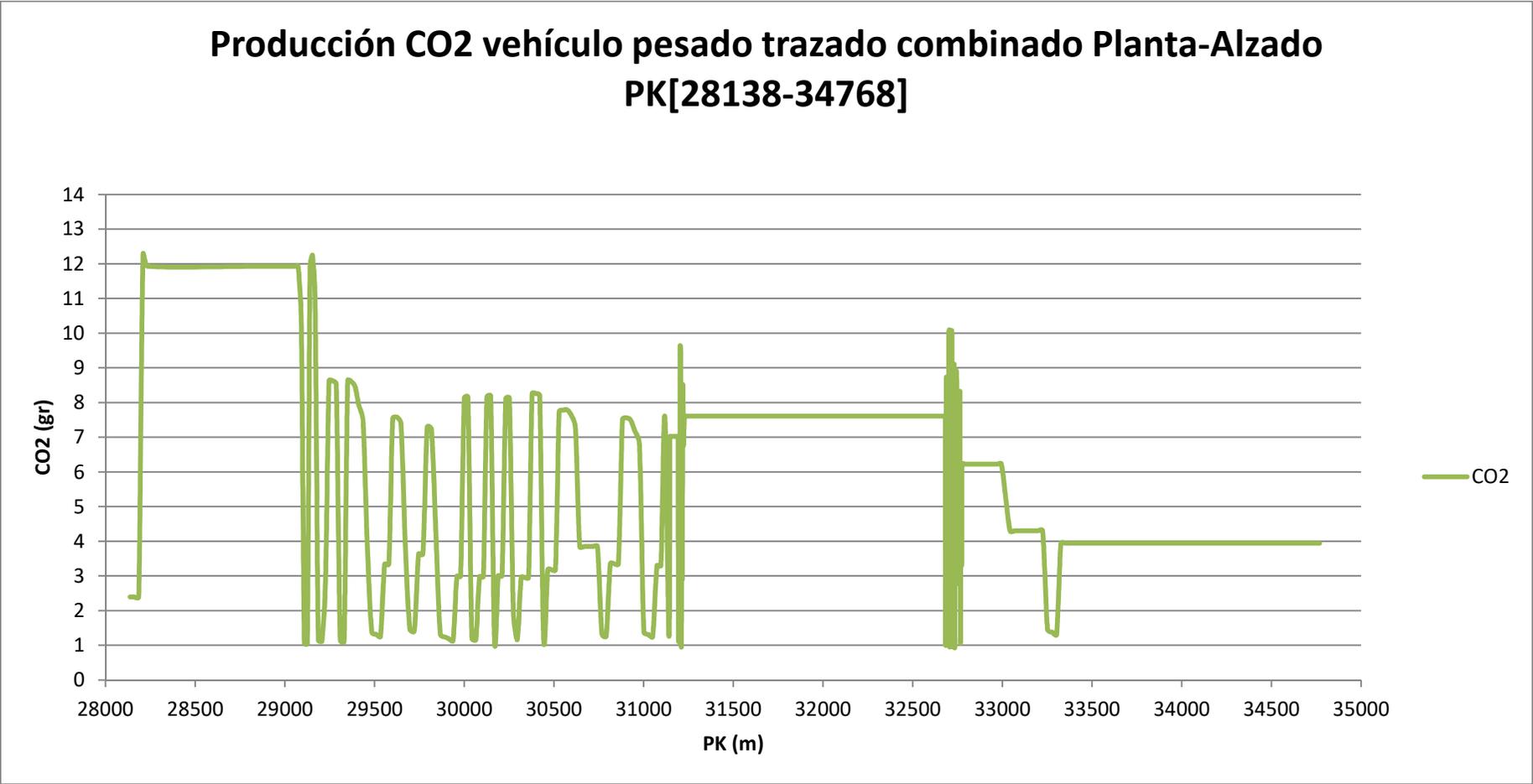


Figura 64. Gráfica CO2 Vs. PK para combinación planta y alzado para un vehículo pesado (HEV1) en el tramo 4