

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**

**DOBLE TITULACIÓN  
CONVENIO DE INTERCAMBIO DE ESTUDIANTES  
PUCP – UPM de Madrid**



**PONTIFICIA  
UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
DEL PERÚ**



**POLITÉCNICA**

**“PROYECTO CONSTRUCTIVO VARIANTE DE POBLACIÓN DE LA  
CARRETERA NACIONAL N-122 A SU PASO POR TARAZONA  
(ZARAGOZA – ESPAÑA)”**

Tesis para obtener el título Profesional de **INGENIERO CIVIL**

**AUTOR:**

**Hofman Mayhuire Ponce**

**ASESORES:**

José Félix Alejandro Benavides Vargas (PUCP)

Miguel Núñez Fernández (UPM)

Lima, noviembre del 2020

## RESUMEN

La presente tesis tuvo como objetivo el diseño geométrico de una nueva carretera de índole nacional para aliviar el concurrido tráfico rodado pesado que circula en la actual travesía (carretera N-122) en la localidad de Tarazona en una extensión de poco más de 9 kilómetros; para efectuar dicho propósito se realizó un estudio exhaustivo de los diferentes condicionantes y servicios existentes en el emplazamiento del proyecto, a su vez se hicieron los estudios topográficos, geológicos/geotécnicos e hidrológicos, así como también los cálculos hidráulicos para diseñar las obras de drenaje necesarias.

Una vez realizado todos los estudios previos mencionados se procede al diseño geométrico de la carretera para una velocidad de proyecto de 90 km/h siguiendo los parámetros de la normativa española en lo que concierne al transporte y sus infraestructuras tanto para la planta, alzado y sección. A continuación, se realizó un estudio detallado de coordinación planta – alzado y de visibilidad de adelantamiento y parada para evaluar posibles tramos de conflicto que fueron solucionados modificando el trazado levemente. La sección transversal será la misma a las carreteras convencionales de calzada única: arcenes de 1,50m con bermas de 1,00m y carriles de 3.50m de ancho. Más adelante, se realizó el estudio del tráfico y análisis de demanda para el año futuro 2045, considerando un nivel de servicio del tipo “D”; donde se destaca que la mejor opción, resultado del análisis económico y funcional, es el paquete de firmes que está formado por una capa de suelocemento y capas de mezcla bituminosa en caliente. Una vez conociendo la información anterior, se procedió a realizar un balance de masas donde se obtuvo que gran parte del suelo extraído de desmonte se utilizará como terraplén, quedando un déficit de volumen de tierra que se compensará con una cantera cercana al emplazamiento del proyecto. Finalmente, se realizó el análisis de la señalización y balizamiento que se implementaría y ubicará a lo largo de la carretera para garantizar la seguridad vial de los usuarios.

## ABSTRACT

This thesis aimed to geometric design a new national road to alleviate the busy heavy traffic that runs on the current road (N-122) in the town of Tarazona over a length of just over 9 kilometers; to fulfill this purpose, a thorough study of the different conditions and services existing at the project site was developed, at the same time the topographical, geological/geotechnical and hydrological studies were carried out, as well as the hydraulic calculations to design the necessary drainage works.

Once all the previous studies mentioned were accomplished, the geometric design of the road is carried out for a project speed of 90 km/h following the thresholds of Spanish regulations concerning transport and its infrastructures for respective parameters of plant, elevation, and cross-section. A detailed plant-elevation coordination and overtaking and stop visibility study was then conducted to assess possible stretches of conflict that were resolved by modifying the layout slightly. The cross-section will be the same as conventional single carriageway roads: 1.50 m maples with 1.00 m berms and 3.50 m wide lanes. Later, the traffic study and demand analysis were carried out for the future year 2045 and considering a service level of type "D"; where it stands out that the best option, result of economic and functional analysis, is the firm package that consists of a layer of flooring and layers of hot bituminous mixing. Once the above information was known, a mass balance was performed where it was obtained that much of the soil extracted from clearing will be used as an embankment, still missing a volume of land that will be compensated with a quarry near the project site. Finally, the analysis of the signage and beaconing that will be implemented and located along the road was carried out to ensure the road safety of the users.

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a Dios, a la Virgen María Auxiliadora y a Don Bosco, por permitirme estar hoy aquí y poder vivir todo esto.

A mi padre y madre, que son mi motivación para esforzarme cada día más y por sus palabras de aliento cuando más lo necesitaba, sin ellos nada esto hubiera sido posible, gracias. A mis hermanos, Harold y Andrés, por apoyarme, ser mis guías y mentores en todas las dudas relacionadas a la carrera.

A mi abuela Delfina por siempre estar pendientes de mí en todo momento, a mis abuelos Fidel, Bernardina, Modesto y Marcelina que desde el cielo me cuidan y me guían en cada paso que doy. A mis tíos, tías, primos y primas con quienes sé que puedo contar en todo momento. En general, quiero agradecer a toda mi familia por su apoyo incondicional.

A todos mis amigos, desde mi primer día de universidad en la PUCP hasta la culminación del máster en la UPM, de los cuales me llevo grandes recuerdos, aventuras, vivencias, viajes y anécdotas.

Por último, quiero agradecer a todos los que me dieron un consejo, un apoyo, una crítica, para poder lograr mis objetivos. Me faltan palabras para agradecer a cada una de estas personas.

## TABLA DE CONTENIDOS

TABLA DE CONTENIDOS .....	iv
Índice de tablas .....	vii
Índice de figuras .....	viii
Índice fotográfico .....	ix
Índice de gráficos .....	ix
1. Capítulo I: Definiciones importantes .....	1
1.1. Travesía .....	1
1.2. Variante de población .....	1
1.3. Firme .....	1
1.4. Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana .....	2
1.5. Software CLIP .....	2
1.6. Proyecto constructivo .....	2
1.7. Acuerdo Vertical .....	2
2. Capítulo II: Generalidades .....	3
2.1. Introducción .....	3
2.2. Alcance y Justificación del Proyecto .....	4
2.3. Objetivos .....	5
2.3.1. Objetivo general .....	5
2.3.2. Objetivos específicos .....	5
2.4. Metodología .....	6
3. Capítulo III: Situación actual del proyecto .....	8
4. Capítulo IV: Características del proyecto .....	11
4.1. Condicionantes y servicios existentes .....	11
4.1.1. Condicionantes ambientales .....	11
4.1.2. Condicionantes técnico-funcionales .....	16
4.1.3. Condicionantes territoriales .....	19
4.1.4. Servicios existentes .....	21
4.2. Cartografía, topografía y replanteo .....	22
4.2.1. Red geodésica y sistema de referencia .....	23
4.2.2. Red altimétrica .....	24
4.2.3. Red básica .....	25
4.2.4. Red de replanteo .....	26
4.2.5. Cartografía .....	28
4.3. Geología y geotecnia .....	29

4.3.1.	Geología .....	29
4.3.1.1.	Litología y estratigrafía.....	30
4.3.1.2.	Tectónica .....	31
4.3.1.3.	Hidrogeología .....	31
4.3.1.4.	Condicionantes y características geotécnicas generales .....	32
4.3.1.5.	Descripción geológica del trazado .....	34
4.3.2.	Geotecnia .....	35
4.3.2.1.	Descripción geotécnica del trazado .....	35
4.3.2.2.	Campaña de reconocimiento .....	36
4.3.2.3.	Caracterización geotécnica de los materiales.....	38
4.3.2.4.	Coefficiente de paso.....	41
4.3.2.5.	Desmontes .....	42
4.3.2.6.	Terraplenes .....	43
4.3.2.7.	Formación de la explanada .....	44
4.4.	Climatología, hidrología y drenaje .....	45
4.4.1.	Descripción climatológica de la zona .....	45
4.4.2.	Climatología .....	46
4.4.2.1.	Temperatura .....	47
4.4.2.2.	Precipitaciones .....	49
4.4.3.	Hidrología.....	52
4.4.3.1.	Datos previos .....	52
4.4.3.2.	Determinación de cuencas.....	53
4.4.4.	Drenaje.....	54
4.4.4.1.	Obras de drenaje transversal .....	54
4.4.4.2.	Obras de drenaje longitudinal.....	55
4.4.4.3.	Drenaje subterráneo .....	56
4.5.	Trazado.....	57
4.5.1.	Parámetros de diseño .....	58
4.5.2.	Trazado en planta .....	59
4.5.2.1.	Alineaciones rectas .....	59
4.5.2.2.	Radio mínimos .....	61
4.5.2.3.	Desarrollos mínimos .....	63
4.5.2.4.	Curvas de transición y peralte.....	64
4.5.3.	Trazado en alzado .....	64
4.5.3.1.	Pendientes máximas y mínimas.....	64
4.5.3.2.	Longitud entre vértices .....	65

4.5.3.3.	Acuerdos convexos y cóncavos.....	66
4.5.4.	Coordinación planta-alzado .....	67
4.5.5.	Visibilidad de parada y adelantamiento .....	72
4.5.5.1.	Visibilidad de parada.....	72
4.5.5.2.	Visibilidad de adelantamiento .....	72
4.5.6.	Sección transversal .....	73
4.5.7.	Descripción del trazado.....	75
4.5.8.	Presencia y reposición de caminos de servicio.....	80
4.5.9.	Coordinación con los tramos contiguos (punto de origen y final) e intersección con las carreteras existentes.....	81
4.5.10.	Infraestructuras adicional necesaria.....	81
4.6.	Tráfico, demanda y firme.....	81
4.6.1.	Tráfico actual.....	81
4.6.2.	Tráfico futuro .....	83
4.6.3.	Estudio del nivel de servicio.....	85
4.6.4.	Dimensionamiento del firme .....	86
4.6.4.1.	Categoría de tráfico pesado.....	86
4.6.4.2.	Elección del firme.....	87
4.7.	Movimiento de tierras .....	88
4.7.1.	Zona de préstamos.....	89
4.7.2.	Zona de vertederos.....	89
4.7.3.	Distancias medias de transporte.....	90
4.7.4.	Balace de tierras .....	91
4.8.	Señalización y balizamiento .....	91
4.8.1.	Señalización horizontal .....	92
4.8.2.	Señalización vertical.....	92
4.8.3.	Balizamiento.....	94
4.8.4.	Barreras de seguridad .....	95
5.	Capítulo V: Conclusiones y recomendaciones .....	98
5.1.	Conclusiones .....	98
5.2.	Recomendaciones.....	101
6.	Capítulo VI: Anexos .....	103
7.	Capítulo VII: Referencias .....	104

## Índice de tablas

Tabla 4.1 Líneas eléctricas afectadas (Fuente: propia).....	21
Tabla 4.2 Líneas telefónicas afectadas (Fuente: propia) .....	21
Tabla 4.3 Vértices geodésico (Fuente: propia) .....	23
Tabla 4.4 Vértices altimétrica (Fuente: propia) .....	24
Tabla 4.5 Puntos de red básica (Fuente: Propia) .....	26
Tabla 4.6 Descripción geológica del trazado (Fuente: propia) .....	34
Tabla 4.7 UG.1 según el PG-3 (Fuente: propia).....	39
Tabla 4.8 UG.2 según el PG-3 (Fuente: propia).....	40
Tabla 4.9 UG.3 según el PG-3 (Fuente: propia).....	40
Tabla 4.10 UG.4 según el PG-3 (Fuente: propia).....	40
Tabla 4.11 Suelo vegetal según el PG-3 (Fuente: propia) .....	41
Tabla 4.12 Coeficiente de paso de las UG del terreno. (Fuente: propia) .....	41
Tabla 4.13 Estaciones climatológicas (Fuente: propia).....	46
Tabla 4.14 Media de temperaturas para todos los meses de los últimos 25 años (Fuente: propia) ...	47
Tabla 4.15 Media de precipitaciones de todos los meses de los últimos 25 años (Fuente: propia) ....	49
Tabla 4.16 Cuadro resumen datos climatológicos (Fuente: propia).....	51
Tabla 4.17 Clasificación agroclimática (Fuente: propia) .....	51
Tabla 4.18 Precipitaciones halladas por diferentes métodos y para distintos periodos de retorno (Fuente: propia) .....	52
Tabla 4.19 Caudales de las cuencas para un periodo de retorno de 100 años (Fuente: propia) .....	53
Tabla 4.20 Drenaje subterráneo dispuesto a lo largo de la traza (Fuente: propia) .....	57
Tabla 4.21 Longitudes de las alineaciones rectas (Fuente: propia) .....	61
Tabla 4.22 Alineaciones curvas (Fuente: propia).....	62
Tabla 4.23 Desarrollos de las curvas (Fuente: propia).....	63
Tabla 4.24 Estaciones de aforo a lo largo de la N-122 (Fuente: propia).....	82
Tabla 4.25 Incremento del tráfico según el periodo (Fuente: Norma 3.1-IC).....	84
Tabla 4.26 Nivel de servicio en función del porcentaje de tiempo siguiendo a otro vehículo (Fuente: propia).....	85
Tabla 4.27 Nivel de servicio en función de la velocidad media ajustada en la dirección congestionada (Fuente: propia) .....	85
Tabla 4.28 Zonas de préstamos y su distancia hacia la traza (Fuente: propia) .....	89
Tabla 4.29 Zona de vertederos y su distancia a la traza (Fuente: propia) .....	90
Tabla 4.30 Distancia media de transporte (Fuente: propia).....	90
Tabla 4.31 Balance de masas (Fuente: propia) .....	91
Tabla 4.32 Puntos kilométricos de cruce con otras carreteras (Fuente: propia).....	94
Tabla 4.33 Tipos de barreras de seguridad con su longitud en puntos kilométricos de la variante (Fuente: propia) .....	97

## Índice de figuras

Figura 3.1 Situación actual del proyecto (Fuente: Propia).....	8
Figura 4.1 Zona de proyecto afectada por el PORN (Fuente: IDEARAGON) .....	13
Figura 4.2 Zona de proyecto afectada por ZEPAs (Fuente: IDEARAGON).....	14
Figura 4.3 Zona de proyecto delimitada por LIC's (Fuente: IDEARAGON) .....	14
Figura 4.4 Zona de proyecto afectada por la Fauna Silvestre El Val (Fuente: IDEARAGON) .....	15
Figura 4.5 Zona de proyecto afectada por vías pecuarias (Fuente: IDEARAGON).....	16
Figura 4.6 Zona de proyecto afectada por BIC's (Fuente: IDEARAGON).....	16
Figura 4.7 Zona de proyecto afectada por Red hidrográfica (Fuente: IDEARAGON).....	18
Figura 4.8 Planes urbanísticos. Fuente: IDEARAGON .....	20
Figura 4.9 Clasificación del suelo en la zona de proyecto (Fuente: IDEARAGON).....	20
Figura 4.10 Red geodésica (Fuente: propia) .....	24
Figura 4.11 Red altimétrica (Fuente: propia).....	25
Figura 4.12 Red básica (Fuente: propia) .....	26
Figura 4.13 Replanteo de intersección directa (Fuente: Métodos topográficos, UC) .....	27
Figura 4.14 Tramo de carretera con las Bases de Replanteo (Fuente: propia) .....	28
Figura 4.15 Cartografía hoja N°320 (Fuente: Propia).....	29
Figura 4.16 Mapa geológico zona de proyecto (Fuente: Instituto Geológico y Minero de España) ....	31
Figura 4.17 Trazado de la variante sobre mapa geológico (Fuente: propia) .....	35
Figura 4.18 Trazado de la variante sobre mapa geotécnico (Fuente: Propia).....	36
Figura 4.19 Esquema explanada de la carretera (Fuente: Norma 3.1-IC).....	44
Figura 4.20 Clima en la zona de proyecto (Fuente: PGOU 2015) .....	46
Figura 4.21 Cuencas hidrográficas que cruzan el trazado (Fuente: propia) .....	54
Figura 4.22 Longitud máxima y mínima en función de la Vp (Fuente: Norma 3.1-IC).....	60
Figura 4.23 Longitud de rectas para la velocidad de proyecto (Fuente: Norma 3.1-IC).....	61
Figura 4.24 Radio mínimo y peralte (Fuente: Norma 3.1-IC).....	62
Figura 4.25 Inclinación máxima y excepcional (Fuente: Norma 3.1-IC).....	65
Figura 4.26 Parámetros mínimos de los acuerdos verticales para disponer de visibilidad de parada y de visibilidad de adelantamiento (Fuente: Norma 3.1-IC).....	67
Figura 4.27 Coordinación Planta-Alzado (Fuente: propia).....	69
Figura 4.28 Coordinación Planta-Alzado (Fuente: propia).....	70
Figura 4.29 Coordinación Planta-Alzado (Fuente: propia).....	71
Figura 4.30 Dimensiones de la sección transversal (Fuente: Norma 3.1-IC) .....	74
Figura 4.31 Sección tipo a media ladera en programa CLIP (Fuente: propia) .....	74
Figura 4.32 Primer tramo de la variante (Fuente: propia).....	76
Figura 4.33 Segundo tramo de la variante (Fuente: propia).....	77
Figura 4.34 Tercer tramo de la variante (Fuente: propia) .....	78
Figura 4.35 Cuarto tramo de la variante (Fuente: propia).....	79
Figura 4.36 Quinto tramo de la variante (Fuente: propia) .....	80
Figura 4.37 Mapa de tráfico año 2018 (Fuente: MITMA) .....	82
Figura 4.38 Categorías de tráfico pesado (Fuente: Norma 3.1-IC) .....	87
Figura 4.39 Sección del firme de la variante a proyectar (Fuente: propia) .....	88
Figura 4.40 Esquema de zonas de préstamos y vertederos hacia la traza (Fuente: propia) .....	90
Figura 4.41 Diagrama de masas en programa CLIP (Fuente: propia) .....	91
Figura 4.42 Señal de orientación en intersección (Fuente: propia).....	94
Figura 4.43 Bionda (izquierda) y pretil (derecha) (Fuente: Orden Circular 18/2004).....	96

## Índice fotográfico

Fotografía 3.1 Tráiler circulando por la travesía de Tarazona (Fuente: propia) .....	10
Fotografía 3.2 Observación situación actual de la N-122 en la visita de campo (Fuente: propia) .....	10
Fotografía 4.1 Orografía punto de inicio de la carretera (Fuente: propia) .....	17
Fotografía 4.2 Orografía último tramo de carretera (Fuente: propia) .....	17
Fotografía 4.3 Río Queiles en Tarazona (Fuente: propia) .....	18
Fotografía 4.4 Punto de inicio de la variante (Fuente: propia) .....	75
Fotografía 4.5 Localizando puntos importantes del trazado en la visita de campo (Fuente: propia) ..	76
Fotografía 4.6 Carretera CV-678bis dirección a Grisel (Fuente: propia) .....	77
Fotografía 4.7 Entrada Santa Cruz del Moncayo (Fuente: propia) .....	78
Fotografía 4.8 Localización de servicios afectados (Fuente: propia) .....	79
Fotografía 4.9 Localización del viaducto en la visita de campo (Fuente: propia) .....	80

## Índice de gráficos

Gráfico 4.1 Media de temperaturas mensuales de los últimos 25 años (Fuente: propia) .....	48
Gráfico 4.2 Media de días con temperatura mínima de los últimos 25 años (Fuente: propia) .....	48
Gráfico 4.3 Media de días con temperatura máxima de los últimos 25 años (Fuente: propia) .....	48
Gráfico 4.4 Media de precipitaciones ponderadas de los últimos 25 años (Fuente: propia) .....	49
Gráfico 4.5 Número de días para diferentes acontecimientos climatológicos en los últimos 25 años (Fuente: propia) .....	50
Gráfico 4.6 Evolución tráfico 2015-2019 (Fuente: propia) .....	83
Gráfico 4.7 Evolución tráfico pesado 2015-2019 (Fuente: propia) .....	83

## **1. Capítulo I: Definiciones importantes**

Este al ser un trabajo académico de proyecto constructivo realizado en un contexto europeo en el territorio español, se ve conveniente introducir una serie de términos y definiciones técnicas utilizados a lo largo del documento.

### **1.1. Travesía**

Una travesía se designa así al tramo de carretera que atraviesa un centro urbano con un considerable número de habitantes y que no necesariamente cumple con las características del vial principal, pero que sí tiene que volver a conectarse o ser la continuación de este.

### **1.2. Variante de población**

Una variante de población es una infraestructura civil de obra lineal, básicamente consiste en una alternativa viaria para eliminar la travesía de una población; es decir, es un tramo de carretera que discurre en el exterior a una población y que se une en sus extremos con una geometría cuya función principal es la de absorber el tráfico de paso.

### **1.3. Firme**

El firme es llamado así a la estructura estratificada que permite circular permanentemente con seguridad y comodidad, debe soportar las acciones del tráfico y del clima, manteniendo su integridad. Se apoya sobre la explanada o subrasante (a veces, sobre el tablero de una estructura). En la capa de un firme el cimiento es llamado explanada, después le sigue la subbase, base, capa intermedia y la capa de rodadura, si el firme es de superficie asfáltica; en caso la superficie sea de hormigón, empieza por la explanada, la base, subbase y el pavimento de hormigón.

#### **1.4. Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana**

El MITMA antes conocido como Ministerio de Fomento, es el Departamento de la Administración General del Estado Español que se encarga en el ámbito de propuesta y ejecución de las infraestructuras de transporte terrestre, aéreo y marítimo. Se encarga del control, ordenación y regulación de los servicios de transporte con el fin de garantizar una movilidad segura y sostenible. Además, tiene competencias sobre la vivienda, políticas urbanas y del suelo.

#### **1.5. Software CLIP**

Es un programa desarrollado por la empresa TOOL S.A. que dispone de todas las herramientas necesarias para conseguir un adecuado diseño en la carretera a proyectar. Gracias a que lleva integrado la normativa actualizada ha sido posible garantizar que el diseño cumpla correctamente con todos los parámetros, pues este resalta las modificaciones que no respeten la Norma.

#### **1.6. Proyecto constructivo**

La Ley 9/2017, de 8 de noviembre, de Contratos del Sector Público, define como Proyecto Constructivo aquel proyecto que comprende al menos una Memoria, Plano, Pliego de Prescripciones Técnicas, Presupuesto y un Estudio de Seguridad y Salud. En estos se deben exponer por escrito los cálculos, dibujos de cómo se debe realizar una obra de arquitectura o ingeniería.

#### **1.7. Acuerdo Vertical**

Los acuerdos verticales son, según la norma 3.1-IC, curvas parabólicas simétricas que cuentan con un eje vertical, unen alineaciones rectas y son estudiadas en alzado. Dependiendo de la forma de la parábola, que puede ser cóncavo o convexo, se hace el análisis y evaluación de visibilidad.

## **2. Capítulo II: Generalidades**

### **2.1. Introducción**

A lo largo de esta última década el transporte por carretera en Europa aumentó considerablemente haciendo que el flujo de vehículos se incremente exponencialmente, sobre todo los vehículos pesados en el transporten de mercancías, y vehículos ligeros en los viajes intermunicipales, provinciales, entre comunidades autonómicas, etc. Todo esto obliga a que las administraciones inviertan en construir infraestructuras viales eficientes y sostenibles que puedan resolver posibles conflictos de atasco en carreteras importantes. Asimismo, poblaciones de un considerable número de habitantes, por donde el paso de vehículos no se preveía que aumentará en mucho tiempo, ahora presentan travesías que ocasionan problemas en la circulación para los vehículos de paso y malestar en los habitantes por tener que convivir con estos, comprometiendo así la seguridad y comodidad tanto para los habitantes y los conductores. Este es el caso de Tarazona, donde el tránsito de vehículos pesados se ve afectada por la actual travesía, ocasionando demoras en ese tramo de carretera de la nacional N-122.

Es por tal motivo la necesidad del desarrollo de este Proyecto Constructivo cuyo objetivo básico es absorber y soportar el tráfico de vehículos ligeros y pesados para un año horizonte mínimo de 2045. De esta manera, los diferentes Anexos corresponden al estudio específico centrado en cada ámbito de este proyecto constructivo como Antecedentes, Condicionantes, Topografía, Geología, Hidrología, etc. Sin embargo, el enfoque del estudio de este trabajo es el diseño lineal de la carretera y el firme, los cuales empiezan por el estudio de los condicionantes de la zona, la recolección de datos y el análisis de los perfiles geológicos y ensayos geotécnicos, seguido de los cálculos de los caudales para un periodo de retorno según las solicitaciones del proyecto para pasar después al diseño del trazado de la carretera y del firme, finalmente la instalación de señales horizontales, verticales y el balizamiento a lo largo

de esta. Asimismo, este proyecto deberá cumplir con los requisitos de construcción, operación y conservación especificados en la normativa española.

## **2.2. Alcance y Justificación del Proyecto**

El presente documento pretende definir el Proyecto Constructivo variante de población de la carretera nacional N-122 a su paso por Tarazona (Zaragoza), cumplimentando lo especificado en las normativas españolas en temas de transporte y seguridad vial. Asimismo, se cumplimentará con los objetivos que se plantean para solucionar las diferentes dificultades que actualmente comprende la travesía de Tarazona. De esta manera, se podrá definir el trazado que mejor se adecue a las necesidades de circulación de los usuarios de los vehículos, sobre todo del tráfico pesado.

Como en todo proyecto constructivo de nueva infraestructura, es importante la recopilación de datos, el estudio detallado de los condicionantes y servicios existentes en el emplazamiento de la traza, así como también los diferentes documentos previos necesarios en los que destacan los topográficos, replanteo, geológicos y geotécnicos, climatológicos e hidrológicos para posteriormente realizar el diseño de la carretera.

Con respecto al apartado de drenaje, no se diseñará todos los elementos estructurales hidráulicos de forma detallada, sino que se comprobará las dimensiones de estas según las instrucciones de la normativa española. En otras palabras, se abordará la obra de drenaje transversal que soportará las solicitaciones máximas del proyecto en la situación más desfavorable.

Finalmente, con la información de los apartados previos, se realizará el diseño geométrico completo de la carretera y el análisis de las capas de rodadura que se utilizarán para el tipo de firme que soportará el tráfico de paso según las solicitaciones para un año futuro de proyecto.

En adición, la razón principal para la construcción de esta variante de población es aliviar el tráfico pesado en la actual carretera N-122 comprendida entre el P.K 80+000 y P.K. 95+000 en la ciudad de Tarazona, entre los beneficios que trae consigo se encuentran:

- Mejores condiciones para los usuarios en lo que respecta a seguridad vial y comodidad en la circulación, sobre todo para los vehículos de transporte de mercancías ligeras, pesadas e industriales.
- Reducción del tráfico automotor y niveles de ruido producto del constante flujo de vehículos pesados que circulan el viario urbano en la ciudad de Tarazona, lo que se traduce en mejores condiciones de vida para los habitantes.
- Crecimiento en la coyuntura económica y social de la región ya que se creará una nueva vía de acceso que conectará en mejores condiciones con las poblaciones aledañas a esta, así como también mejora de la infraestructura en la Red de Carreteras del Estado.

### **2.3. Objetivos**

#### ***2.3.1. Objetivo general***

Comprender a profundidad y desarrollar el estudio de un proyecto constructivo de infraestructura de obra lineal utilizando la normativa español de trazado e instrucciones europeas de transporte, para el diseño geométrico, estudio de las capas del firme e instalación de las señalización y balizamiento en la variante de población carretera N-122 a su paso por Tarazona en Zaragoza.

#### ***2.3.2. Objetivos específicos***

- Comprender los diferentes documentos que abarca proyectar una infraestructura de obra lineal de este tipo de envergadura, así como también valorar los resultados obtenidos de modo que tenga congruencia con las solicitudes que se exigen y que satisfaga las necesidades sociales y funcionales.

- Diseñar el trazado geométrico para una velocidad de proyecto de 90km/h para la construcción de una variante de población de calzada única y estudiar el tipo de firme que soporte el flujo concurrido de vehículos pesados para un año objetivo de servicio (2045).
- Estudiar el emplazamiento del proyecto mediante una visita de campo donde se identifique los diferentes condicionantes y servicios existentes a tomarse en cuenta para seleccionar la solución óptima de trazado.

#### **2.4. Metodología**

La metodología empleada para el desarrollo de este proyecto es de carácter mixto; es decir, abarca temas tanto cualitativo y cuantitativo. Además, este el ser un proyecto de carácter académico, si bien el objeto es la redacción de un Proyecto Constructivo, el principal objetivo está orientado sobre todo al diseño geométrico del trazado de la carretera, el estudio del tráfico y al dimensionamiento del firme.

En primer lugar, se realizó el estudio y análisis de la situación actual de la zona del proyecto, también se estudiaron los condicionantes y servicios existentes que se podrían encontrar a lo largo del trazado, y se evaluó los escenarios por los que fue conveniente que discurra la carretera. Para tener una mejor visión de esto se realizó una visita de campo a la zona de proyecto para poder familiarizarse y observar los puntos singulares que a priori se localizaron mediante imágenes satelitales y ortofotos de alta resolución.

Seguidamente, al realizar el estudio de los documentos previos al cálculo, como el topográfico, geológico, geotécnico, climatológico e hidrológico, ya se pueden obtener datos suficientes para poder plantear las diferentes soluciones del trazado.

Posteriormente, una vez escogida la solución óptima, se pasa a desarrollar los documentos del cálculo estructural, el cual es el núcleo central del proyecto. Estos documentos abarcan el

diseño del trazado, diseño de las obras de drenaje, el estudio del tráfico y la demanda, el diseño del firme y el análisis de masas. Seguidamente se pasa a analizar el tipo de señalización horizontal y vertical que será necesaria instalar a lo largo de la variante, así como también el balizamiento y las barreras de contención en temas de seguridad vial.

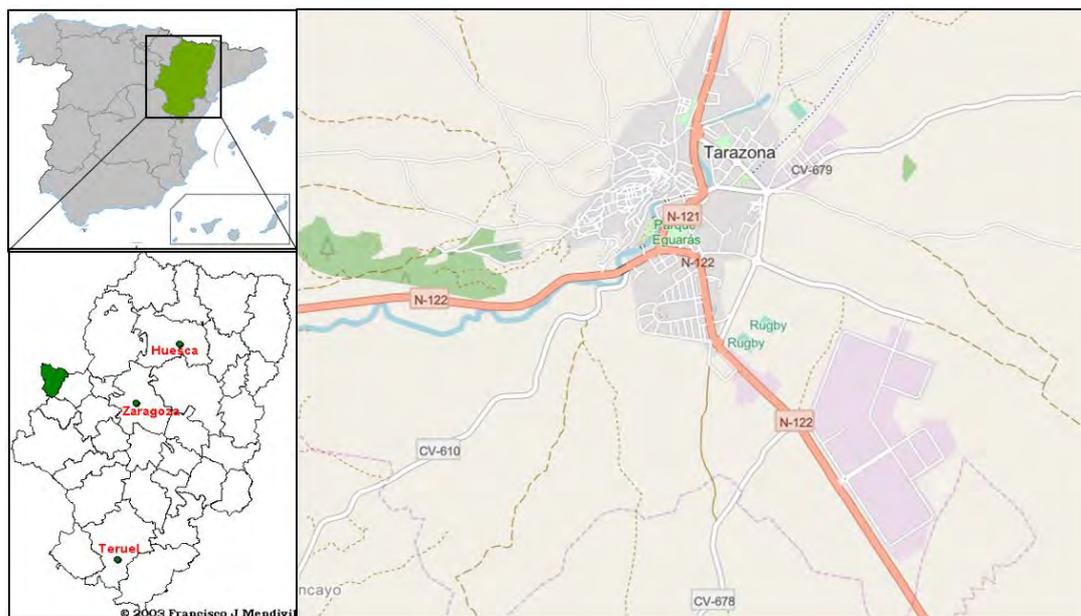
Finalmente, una vez definida la estructura en cuestión, se pasa a desarrollar los planos más representativos en base a los resultados anteriores.

De esta manera, el presente documento se organiza de la siguiente manera:

- Capítulo II: Introducción del trabajo, alcance, justificación del proyecto, objetivos y metodología empleada.
- Capítulo III: Situación actual del proyecto. Este apartado brinda una perspectiva general de lo que se tiene actualmente en el emplazamiento del proyecto.
- Capítulo IV: Características del proyecto. Se desarrolla lo más importante y relevante de cada Anexo adjunto a la Memoria, principalmente los documentos que se relacionan con el diseño de la variante.
- Capítulo V: Conclusiones y recomendaciones: Se desarrolla las principales conclusiones y resultados del desarrollo del proyecto.
- Capítulo VI: Anexos. Se presenta la estructura de las partes del Proyecto Constructivo como anexos, resultado del orden para la presentación académica de este trabajo.
- Capítulo VII: Referencias. Se muestra las referencias bibliográficas y la normativa consultada.

### 3. Capítulo III: Situación actual del proyecto

La carretera a proyectar se encuentra en España, en la comunidad Autónoma de Aragón, en la provincia de Zaragoza, en la comarca de Tarazona y el Moncayo. Esta obra lineal se emplaza entre el lado sureste de la actual carretera N-122 hasta la zona oeste de la misma, un poco antes de pasar a la comunidad autónoma de Castilla y León, como se puede apreciar en la figura 3.1.



**Figura 3.1 Situación actual del proyecto (Fuente: Propia)**

La carretera N-122, cuyo titular es el Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (antes conocido como Ministerio de Fomento), es una carretera nacional española que comunica las comunidades autónomas de Aragón con Castilla y León, y Portugal a través del Valle del Duero, donde atraviesa las ciudades de Soria, Valladolid y Zamora en un tramo de 490 kilómetros; sin embargo, para el proyecto nos interesará las zonas que pertenezcan y estén dentro de los puntos kilométricos P.K 80+000 hasta el P.K 95+000.

En la actualidad, la carretera N-122 es una vía de doble sentido de circulación, que parte del este en Zaragoza y se dirige hacia el oeste enlazando con la AP-68 (autovía); en su recorrido se atraviesa con las poblaciones de Magallón, Borja, Maleján, Bulbuenta y Tarazona.

Posteriormente, se adentra en Castilla y León en la provincia de Soria y continua su recorrido hasta llegar al Valle del Duero.

En cuanto al diseño geométrico de la actual carretera, en todos los casos las curvas son de radio inferior a 400 metros, en algunos tramos se llega a tener 750 metros de radio como por ejemplo en la entrada a Tarazona. Asimismo, según el mapa de velocidades publicado por el Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana para carreteras nacionales (Ministerio de Fomento, 2018b) la velocidad media de recorrido es de 67 km/h aproximadamente, una velocidad reducida que se debe al paso por el casco urbano de Tarazona, pero que se incrementará con la construcción de la variante.

En cuanto al trazado, la actual carretera está sujeta a la topografía del terreno, aunque mantiene una rasante llana al inicio, en su último tramo existen tramos de pendientes y rampas pronunciadas debido a la orografía ondulada por la presencia del río Queiles, para evitar desarrollar terraplenes y desmontes de gran magnitud, se prevé la construcción de 3 viaductos a lo largo de la traza, esto se abordará en detalle en el apartado de trazado.

En cuanto a los aforos cercanos al emplazamiento del proyecto, se concluye que la intensidad media diaria (IMD) de la carretera entre el P.K 80+000 y P.K 95+000 ha sido durante el año 2018 de 5000 vehículos/día y la intensidad media diaria de vehículos pesados (IMDp) para el mismo tramo y año de 1390 vehículos/día (Ministerio de Fomento, 2018a)

Por último, el estado del firme se contempla adecuado en su mayoría, aunque en algunos tramos presentan signos de agotamiento por la constante circulación de vehículos pesados.

De la visita de campo se pudo observar y corroborar la situación actual de la carretera N-122 en su travesía hacia la población de Tarazona, así como también ver las condiciones a las que se enfrentan los habitantes a la fecha en la que se realizó la correspondiente visita: 15 de abril de 2020. Algunas fotografías se presentan a continuación; sin embargo, en el Anexo

Fotográfico se aprecian todas las fotografías que se llegaron a captar y donde se puede observar mejor el recorrido por el tramo antes mencionado, así como también algunas singularidades a efectos del desarrollo del proyecto constructivo y que complementan la información en los siguientes apartados como por ejemplo condicionantes ambientales, servicios afectados, geología, ubicación de infraestructuras, entre otros.



**Fotografía 3.1 Tráiler circulando por la travesía de Tarazona (Fuente: propia)**



**Fotografía 3.2 Observación situación actual de la N-122 en la visita de campo (Fuente: propia)**

#### **4. Capítulo IV: Características del proyecto**

Se procede a exponer los principales apartados que contiene el presente Proyecto Constructivo, se seguirá la metodología y el orden que se expuso en apartados anteriores.

##### **4.1. Condicionantes y servicios existentes**

Las condicionantes que son consideradas en la elaboración de este Proyecto Constructivo son de tres tipos: condicionantes ambientales, técnico-funcionales y territoriales; los servicios existentes que se exponen los que se pudieron observar a priori de la visita de campo. Cada uno de estos se detalla a continuación.

###### **4.1.1. Condicionantes ambientales**

Este es uno de los condicionantes más importantes puesto que la carretera proyectada se encuentra dentro del denominado Parque Regional de la Sierra Moncayo, este es un territorio que, atendiendo a sus importantes valores naturales y ecológicos, mereció su declaración como parque natural.

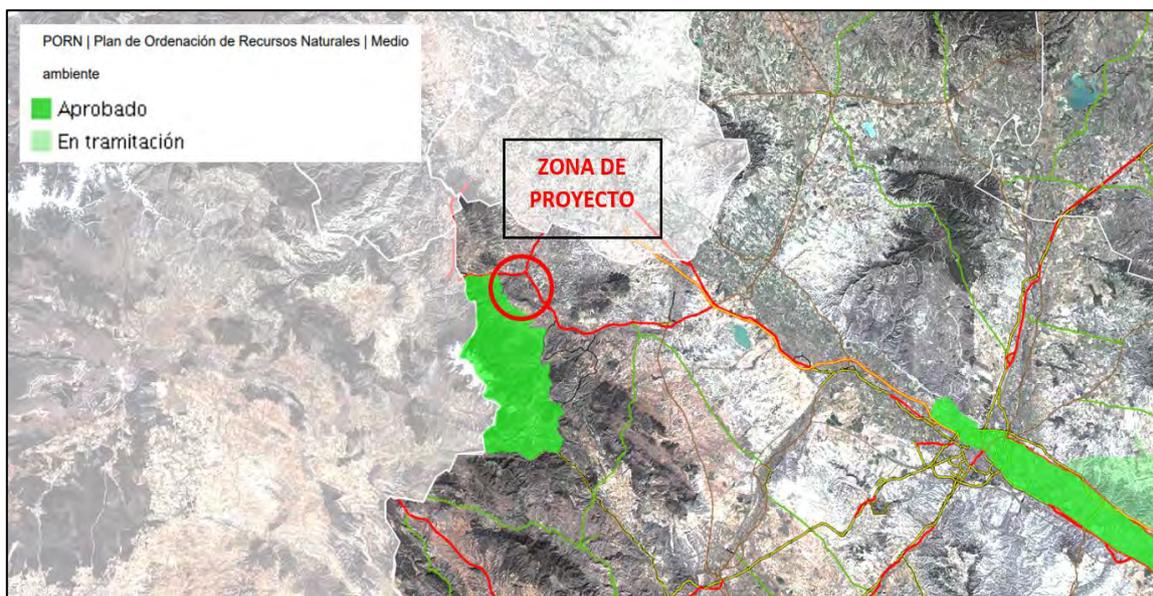
El trazado discurrirá en su último tramo por la zona limítrofe que se considera parte del PORN (Plan de Ordenación Regional Natural), si bien es cierto que en esa zona no se verá totalmente afectada puesto que está en el borde limítrofe de la superficie de afección, se tomarán las medidas correctoras correspondientes conforme a lo que establece el artículo 1.1 de la Ley 8/2004 de 20 de diciembre, de medidas urgentes en materia de Medio Ambiente, modificada por la disposición final cuarta de la Ley 15/2006 (BOE, 2006) de 28 de diciembre, de Montes de Aragón, para proyectos de nueva construcción, en este caso para las carreteras. Asimismo, dicha Ley pone en manifiesto el Plan Red Natura 2000 (Gobierno de Aragón, 2019), que aparece como uno de los grandes ejes de la política comunitaria en materia de conservación de la naturaleza, además de preservar espacios puramente naturales, pretende la conservación de los espacios seminaturales, modelados a lo largo de los años por la acción del hombre.

Del mismo modo, considerando el Estudio Ambiental Estratégico del Término Municipal de Tarazona (Gobierno de Aragón, 2010) se manifiesta los siguientes espacios de protección ambiental:

- Espacios Naturales Protegidos: Parque Natural del Moncayo.
- Red Natura 2000: ZEPA Sierra del Moncayo-Los Fayos-Sierra de Armas y LIC Sierra del Moncayo.
- Árboles Singulares: Haya (*Fagus sylvatica* L.), Roble albar (*Quercus petraea*), Álamo blanco (*Populus alba* L.), Níspero (*Eriobotrya japonica* Lindl.), Acebo (*Ilex aquifolium* L).
- Otros espacios de interés para la fauna en la Comunidad Autónoma de Aragón: Refugio de Fauna Silvestre El Val.

Además, según lo que abarca el PORN, una pequeña zona del proyecto estaría afectando este espacio, como se puede apreciar en la figura 4.1, por lo que según el artículo 62 del PORN: Infraestructuras viarias y de transporte, se cita: *“La construcción, modificación y/o ampliación de carreteras o líneas ferroviarias, cuyo itinerario transcurra en todo o en parte del ámbito del espacio natural protegido, se someterá al procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental conforme a las determinaciones del Plan”*. La afección de las acciones que se presentarían por los trabajos de construcción y explotación de la variante se analizarán mediante una matriz acción-factor; asimismo, se realizará la matriz de valoración en base a los subconceptos contemplado de los factores tanto para la etapa de construcción como la explotación para cada alternativa de trazado contemplada. Por último, para cuantificar dichos valores, se elaborará un análisis multicriterio de cada alternativa y se comparará para ver cuál de ellas resulta la que menor impacto y mayor integridad tenga con el medio biótico y antrópico de la zona. Los resultados y la explicación de lo anteriormente dicho se exponen a detalle en el Anexo N°1 de

ordenación ambiental, estética y paisajística, también se mencionan las medidas correctoras que se considerarán para mitigar los trabajos constructivos a desarrollarse.



**Figura 4.1 Zona de proyecto afectada por el PORN (Fuente: IDEARAGON)**

Los espacios naturales más relevantes que se consideran en el análisis de los condicionantes del proyectos se exponen a continuación.

➤ **ZEPAS's (Zona de especial protección para las aves)**

Según las actuaciones planteadas, el futuro proyecto constructivo de la variante de la carretera N-122 no se sitúa en ninguna zona de especial protección para las aves según La Ley 6/1998, de 19 de mayo de Espacios Naturales Protegidos de Aragón. Esto mismo también se indica en el Decreto 49/1995 de 28 de marzo de la Diputación General de Aragón, por el que se regula el Catálogo de Especies Amenazadas de Aragón, modificado por el Decreto, 181/2005, de 6 de septiembre del Gobierno de Aragón. Esto se puede comprobar en la figura 4.2, al estar próximo a la zona del proyecto se deberá tener en cuenta ciertas medidas correctoras que se detallan en el Anexo N°1 Ordenación ambiental, estética y paisajística.

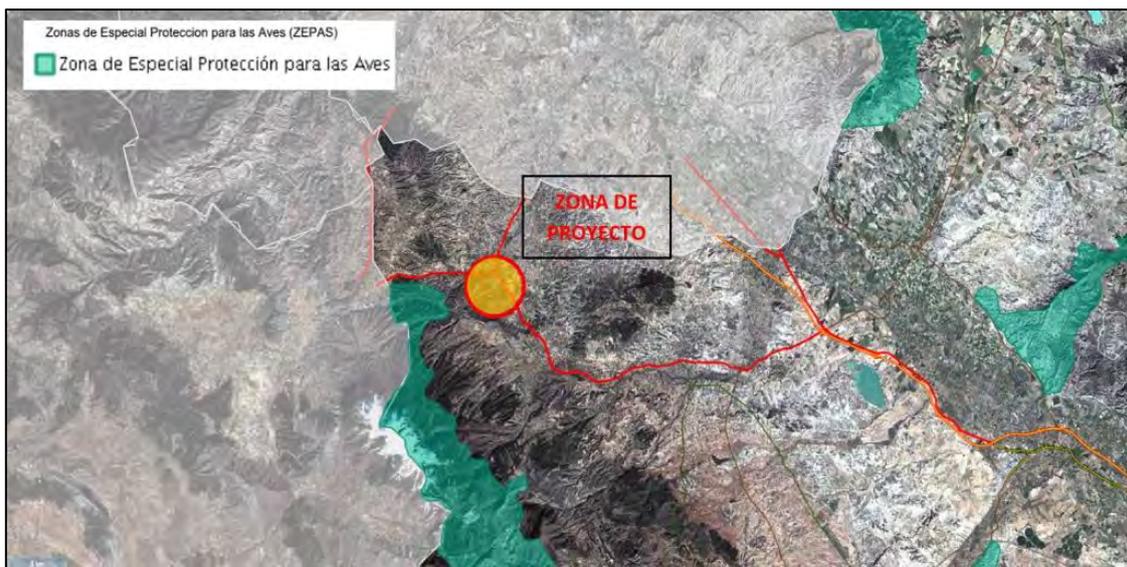


Figura 4.2 Zona de proyecto afectada por ZEPAs (Fuente: IDEARAGON)

➤ **LIC's (Lugar de interés comunitario)**

En el municipio de Tarazona 1.510 hectáreas corresponden a la superficie del Parque Natural del Moncayo, un 13,7% del total de su área. El LIC más cercano a la zona de proyecto es Sierra del Moncayo y según las actividades que abarcará la construcción de la futura carretera, esta no se sitúa en ningún lugar de importancia comunitaria según la Ley 11/2014 de Prevención y Protección Ambiental de Aragón, como se puede apreciar en la figura 4.3; sin embargo, al igual que las ZEPAs, en el Anexo N°1 se explica más a detalle las medidas preventivas a considerarse.

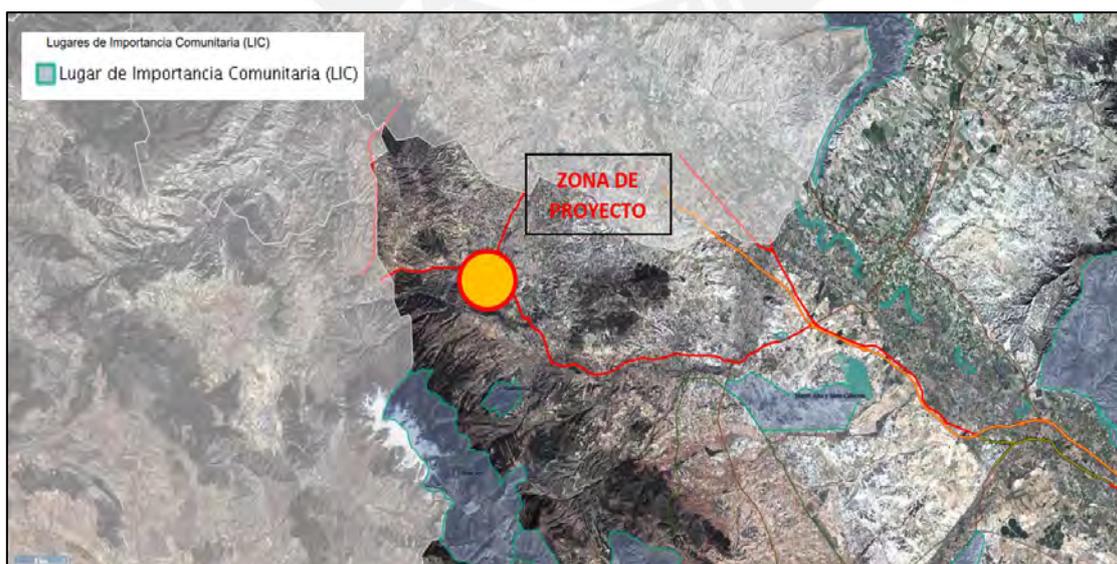


Figura 4.3 Zona de proyecto delimitada por LIC's (Fuente: IDEARAGON)

### ➤ Refugio de Fauna Silvestre “El Val”

Se puede observar que la futura carretera no confluiría a priori con algunas zonas de especial protección de flora y fauna, como se puede apreciar en la figura 4.4. Con respecto a la información del medio biótico (flora y fauna) que se puede encontrar en la Comarca de Tarazona y el Moncayo, se expone en su totalidad en el Anexo N°1, así como las también las medidas correctoras respectivas que se abordarán.

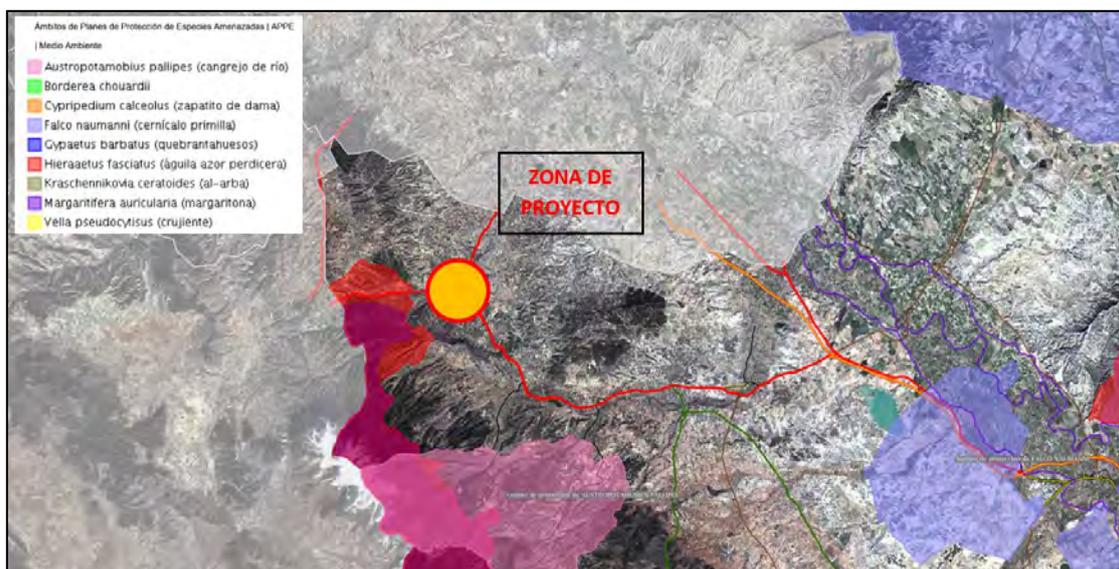


Figura 4.4 Zona de proyecto afectada por la Fauna Silvestre El Val (Fuente: IDEARAGON)

### ➤ Vías pecuarias

Dentro del municipio de Tarazona discurren las vías pecuarias de “Cordel de Ágreda a Cascante” y la cabañera “Cordel de la Senda de Cascante”. La vías pecuarias existentes se localizan próximas a la zona del proyecto y cercanas a ciudad de Tarazona, mas no se atraviesan en el trazado de la variante, por lo que en la zona no habrá ningún inconveniente en la ejecución, pero sí se deberán tomar medidas preventivas a estas. Al igual de los demás apartados, la valoración de las actuaciones está definido en el Anexo N°1.

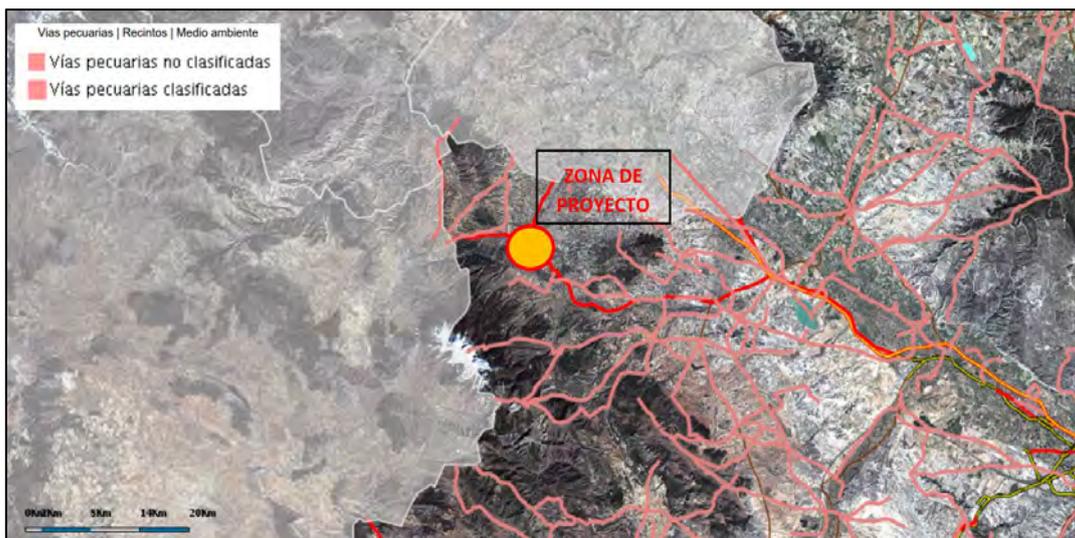


Figura 4.5 Zona de proyecto afectada por vías pecuarias (Fuente: IDEARAGON)

#### ➤ BIC's (Bienes de interés comunitario)

Los BIC inventariados en la zona se sitúan en el interior de los cascos urbanos, por lo que no supondrán condicionantes a tener en consideración para el diseño de la traza de la carretera.

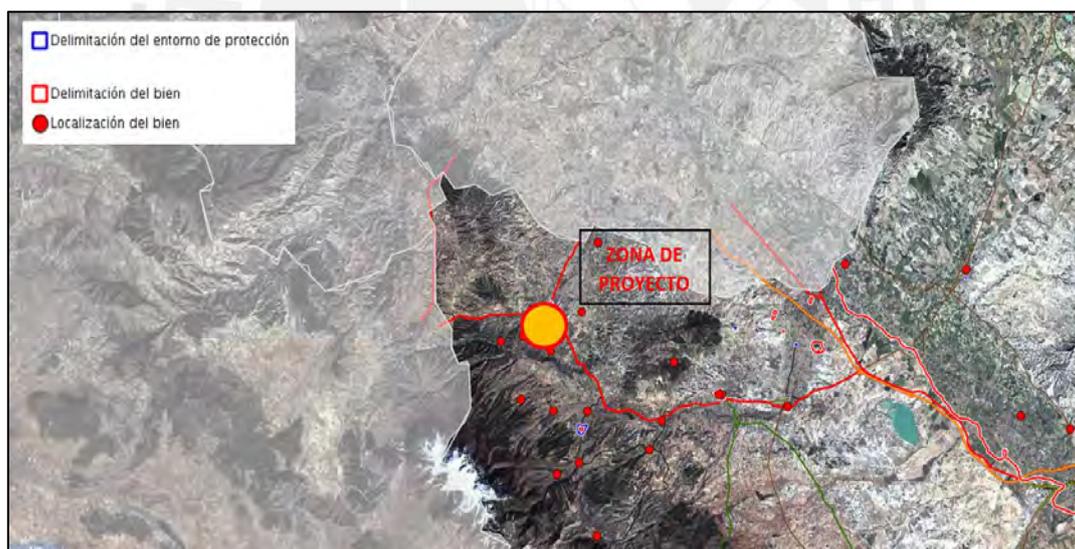


Figura 4.6 Zona de proyecto afectada por BIC's (Fuente: IDEARAGON)

#### 4.1.2. Condicionantes técnico-funcionales

##### ➤ Orografía de la zona

Desde el punto de vista orográfico, la zona corresponde a una llanura situada en torno a la cota 480 m.s.n.m, con una ligera inclinación hacia el norte y el oeste, con una oscilación de alturas

en suaves lomas y colinas, como se puede apreciar en la fotografía 4.1. Conforme se avanza hacia el noroeste, esta superficie llana-ondulada se va cortando ligeramente por los valles de las acequias y los arroyos, que introducen ligeros desniveles que dan origen a pequeñas vegas lo que hace que el terreno está ocupado en su mayoría por zonas de cultivos (secanos). Por el último tramo, donde la cota asciende a unos 720 m.s.n.m, se puede encontrar el paso del río Queiles y la formación de su rambla con plena presencia de vegetación en los bordes de su cauce, propio del microclima que se forma por el paso del agua, como se puede apreciar en la fotografía 4.2; además, en este tramo el terreno empieza a tornarse ondulado por los pequeños afluentes de agua que desembocan en el río. La nueva carretera tratará de ajustarse en la medida de lo posible al perfil del terreno, a el fin de obtener el menor número de movimiento de tierras.



**Fotografía 4.1 Orografía punto de inicio de la carretera (Fuente: propia)**



**Fotografía 4.2 Orografía último tramo de carretera (Fuente: propia)**

## ➤ Hidrología

La zona de estudio está enclavada dentro de la cuenca del Ebro, en el área de actuación se encuentran acuíferos de alta vulnerabilidad dada la escasa profundidad del nivel freático. La red fluvial de la zona está constituida por el río Queiles y la acequia de Magallón Fiel que sigue la misma dirección que el río antes mencionado. El Queiles tiene dirección noreste hacia el oeste, cruzando la actual carretera N-122 y el núcleo urbano de la ciudad de Tarazona; además, cabe mencionar que el caudal del río Queiles no es tan prometente, aproximadamente en un año normal tiene 0.95 m<sup>3</sup>/s (Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico, 2020), como se puede apreciar en la fotografía 4.3 tomada en temporada de verano.

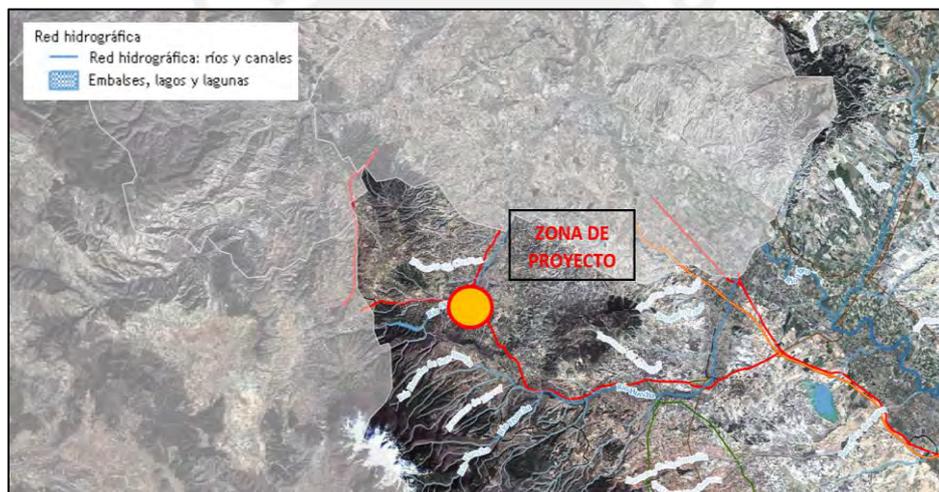


Figura 4.7 Zona de proyecto afectada por Red hidrográfica (Fuente: IDEARAGON)



Fotografía 4.3 Río Queiles en Tarazona (Fuente: propia)

### ➤ Carreteras existentes

Se debe considerar la actual red viaria, entendido como tal la correspondiente a carreteras pavimentadas, sin incluir caminos, y por la cual atravesaría la futura variante a construir. Así como también es preciso destacar las carreteras de orden inferior que se conectarán con la nueva variante.

- Carretera CV-678bis que conecta la N-122 con la población de Grisel. Se trata de una carretera de carácter municipal que se cruza en el PK 84+200 de la carretera N-122 y termina en la población de Grisel
- Carretera SO-382 que conecta Tarazona con Agreda. Se trata de una carretera de carácter provincial perteneciente a Soria que se inicia en la ciudad de Tarazona y termina en la población de Agreda.
- Carretera CV-639 que conecta la nacional N-122 con la población de los Fayos. Se trata de una carretera que se cruza en el PK 88+600 de la carretera N-122 y termina cerca de la presa Del Val.

#### **4.1.3. Condicionantes territoriales**

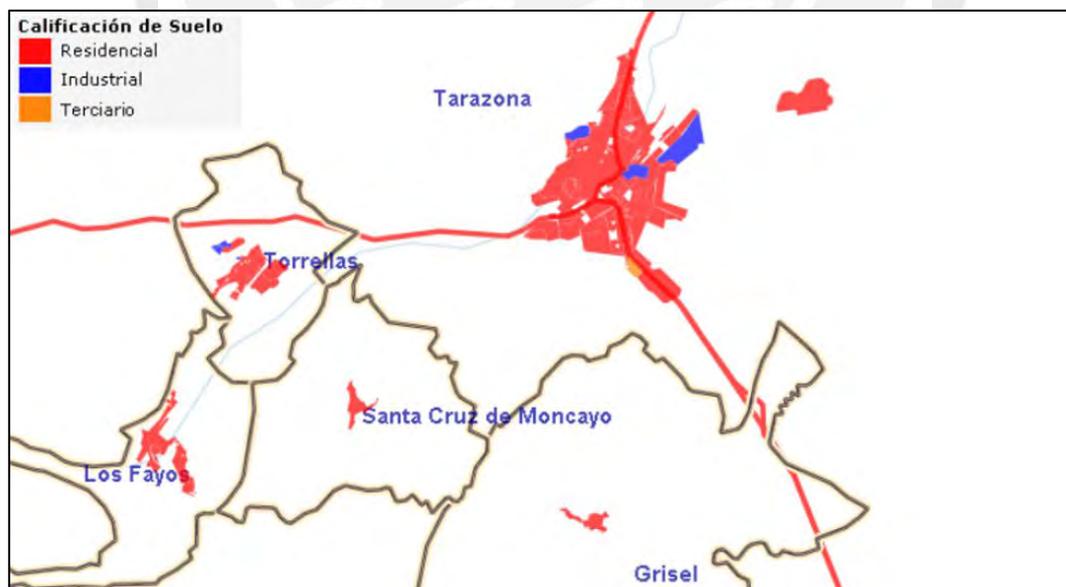
En la zona de estudio existen diferentes núcleos urbanos que pueden resultar afectados en cierta medida por el trazado de la carretera planteada, si bien éstos no son atravesados en ningún momento por la N-122, se deben tomar en cuenta para la proyección de la futura variante; es decir, para futuros proyectos. Estos municipios que se encuentran en las proximidades de la zona de estudio son Grisel, Santa Cruz del Moncayo y Torrellas.

En adición, los términos municipales de Tarazona y Torrellas siguen un Plan General de Ordenación Urbana (PGOU) mientras que los términos municipales de Grisel y Santa Cruz del Moncayo siguen el Proyecto de Delimitación de Suelos Urbanos (PDSU).



**Figura 4.8 Planes urbanísticos. Fuente: IDEARAGON**

Tras la observación de los Planes Urbanísticos de los municipios que forman el área de estudio, se comprueba que la mayoría de su suelo es clasificado como suelo no urbanizable, destinado exclusivamente a cultivos y explotación; asimismo, se aprecia la abundancia de zonas de cultivo, plantaciones de secanos, cultivos herbáceos, arbustos y algunas zonas industriales cercanas a estas.



**Figura 4.9 Clasificación del suelo en la zona de proyecto (Fuente: IDEARAGON)**

#### 4.1.4. Servicios existentes

Respecto a la presencia de líneas eléctricas o telefónicas, en un principio fue complicado encontrar dicha información puesto que las empresas propietarias son las que manejan estos datos; por lo que, con la ayuda de la herramienta informática Google Street View se pudo hacer una aproximación de por donde discurre el tendido eléctrico y telefónico de estas líneas.

Posteriormente, con la visita a campo se pudo corroborar que efectivamente se tendrán que reponer y reubicar ciertos servicios, mientras que otros no serán necesarios puesto que estos discurren a una cierta distancia de la traza de la futura carretera. Los servicios afectados puntuales y de cómo se abordará su posterior reposición se explican a detalle en el Anexo N°2; en resumen, se tienen los siguientes.

**Tabla 4.1 Líneas eléctricas afectadas (Fuente: propia)**

SERVICIOS AFECTADOS POR LA CONSTRUCCIÓN DE LA VARIANTE N-122. LÍNEAS ELÉCTRICAS			
P.K.	DESCRIPCIÓN	PROPIETARIO	MUNICIPIO
5+666 - 5+835	Línea eléctrica de media tensión 132 Kv	Endesa	Santa Cruz del Moncayo
6+194	Línea eléctrica de media tensión 132 Kv	Endesa	Torrellas
7+406	Línea eléctrica de media tensión 132 Kv (Debajo de viaducto)	Endesa	Torrellas

**Tabla 4.2 Líneas telefónicas afectadas (Fuente: propia)**

SERVICIOS AFECTADOS POR LA CONSTRUCCIÓN DE LA VARIANTE N-122. LÍNEAS TELEFÓNICAS			
P.K.	DESCRIPCIÓN	PROPIETARIO	MUNICIPIO
4+671	Línea telefónica aérea	Telefónica S.A.	Tarazona

En cuanto a la presencia de redes de regadío y saneamiento, no ha sido posible encontrar datos sobre ellas puesto que su información correspondería a las empresas distribuidoras, a pesar de que se comunicó con la autoridad correspondiente. Es posible, por tanto, que alguna red se vea afectada por la construcción de la nueva infraestructura. Si éste fuera el caso, antes de llevar a cabo cualquier acción las empresas propietarias de dichas redes serán convenientemente informadas en su debido tiempo.

## 4.2. Cartografía, topografía y replanteo

En el Anexo N°3 se exponen a detalle todos los trabajos llevados a cabo en materia de cartografía y topografía con motivo de la redacción del Proyecto Constructivo de la variante de la N-122 a su paso por la población de Tarazona, de manera que gracias a un modelo matemático se pudo representar el terreno en cuestión con la precisión adecuada.

Los objetivos de este apartado son; por un lado, la obtención de los planos de estudio, su justificación, análisis y la dotación de coordenadas X, Y y Z a los puntos del terreno con la precisión de la escala. La cartografía empleada en este proyecto es la siguiente:

- Mapa Topográfico Nacional MTN 1:25.000 ráster (Hoja N.º 320) proporcionado por el Instituto Geográfico Nacional.
- Modelo Digital del Terreno MDT (Hoja N.º 320) proporcionado por el Instituto Geográfico Nacional, con puntos triangulados cada 25 metros.

Como consecuencia de la exactitud de los proyectos de carreteras, es necesaria una escala 1:1000 con una precisión altimétrica de 0,20 m para llevarlos a cabo. En un proyecto de obra lineal, y debido a la extensión de éstos, lo normal es realizar la cartografía mediante fotogrametría aérea. En el Anexo N°3 se detalla todo respecto a cómo se debería realizar el informe de vuelo, los medios aéreos y las especificaciones de los equipos; sin embargo, a continuación, se muestra el procedimiento que se llevaría a cabo:

- Análisis de la cartografía existente (MTN 25 y MTN 50 de la hoja N° 320).
- Descripción del proceso para la obtención de la cartografía a escala 1:1000.
- Realización de un vuelo fotogramétrico a escala 1:5000.
- La necesidad de apoyo de campo continuo en altimetría y planimetría.
- Restitución analógica con todos los datos obtenidos hasta ahora.

#### 4.2.1. Red geodésica y sistema de referencia

Para la referenciación de los puntos del proyecto se utilizará la Red Geodésica, en una red altimétrica o planimétrica se selecciona el Datum con el que se calculan los diferentes puntos de la red. En Europa y España se toma el Sistema de Referencia Europeo ETRS-89 (*European Terrestrial Reference System 1989*) que está regulado por el Real Decreto 1071/2007 del 27 de julio. Se puede encontrar más información al respecto en el Anexo N°3.

En el caso del sistema de referencia altimétrico se toman como referencia de altitudes los registros del nivel medio del mar en Alicante (España), donde se materializa gracias a los puntos de la Red de Nivelación de Alta Precisión. Para la realización de estos trabajos, se utilizará la Red de Vértices Geodésicos disponibles. En la zona considerada de este estudio, se utilizarán los siguientes Vértices Geodésicos:

**Tabla 4.3 Vértices geodésico (Fuente: propia)**

Vértices	Número	Coordenadas X (m)	Coordenadas Y (m)	Altitud (m)
Lombo	32036	606041,728	4643408,958	488,493
Atalaya	31924	575657,069	4639256,664	1194,691
Estella	35267	612143,997	4627949,906	751,147

A continuación, se muestra un croquis de estos puntos de la Red Geodésica.

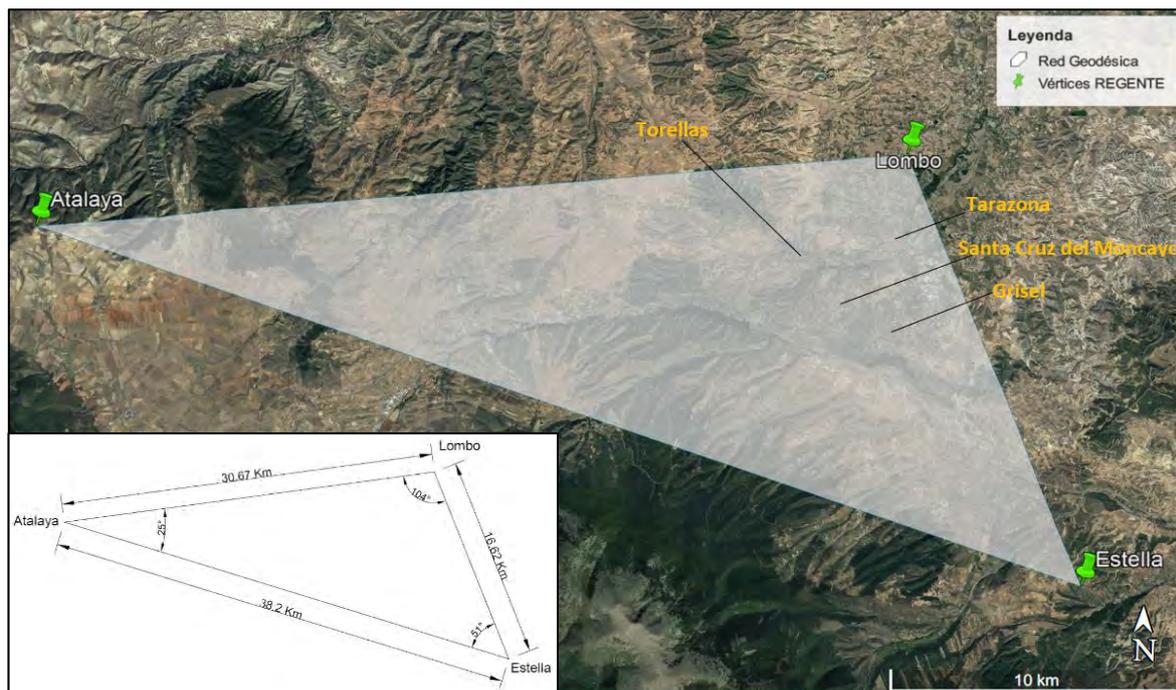


Figura 4.10 Red geodésica (Fuente: propia)

#### 4.2.2. Red altimétrica

Para poder levantar el terreno de la zona de estudio, además de la red planimétrica proporcionada por los vértices geodésicos seleccionados, será necesario establecer una red altimétrica. Para ello, se seleccionarán aquellas reseñas de clavos altimétricos que se encuentren dentro de la zona de proyecto. Todas las reseñas de nivelación en el caso del presente estudio se localizan a lo largo de la nacional N-122; por ello, se han cogido cuatro reseñas de nivelación de ese recorrido mediante las cuales se procederá a realizar el estudio altimétrico del terreno. Asimismo, se muestra un croquis de estos puntos de la Red Altimétrica:

Tabla 4.4 Vértices altimétrica (Fuente: propia)

Señal	Número	Altitud ortométrica (m)
ssk86,940	809025	493.0004
ssk87,950	809026	506.2321
SP88,895	809028	523.1190
ssk90,002	809029	549.9365

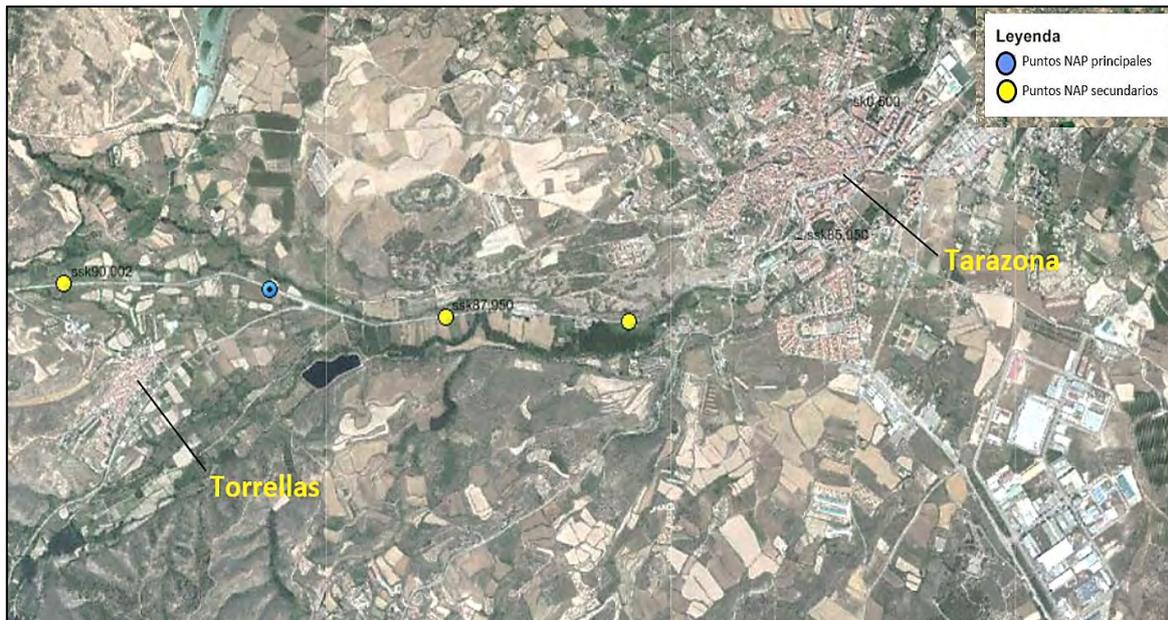


Figura 4.11 Red altimétrica (Fuente: propia)

#### 4.2.3. Red básica

Todos los procesos que se realicen después de este estudio topográfico girarán en torno a la poligonal que se genere en este apartado para poder georreferenciar la obra completa. En el Anexo N°3 se incluye un ejemplo de reseña de la red básica.

La red básica tiene como finalidad situar en las cercanías de la traza vértices que se puedan enlazar con los posteriores trabajos que en la zona se desarrollarán, por ejemplo, Puntos de Apoyo para la restitución, Bases de Replanteo, Perfiles, Taquimetría, etc. Las coordenadas de los puntos de apoyo se obtendrán por radiación desde los vértices de la Red Básica mediante técnicas de GPS.

Los puntos de la red básica elegidos en este proyecto con sus respectivas coordenadas, así como un croquis de las bases de la Red Básica se muestra a continuación:

Tabla 4.5 Puntos de red básica (Fuente: Propia)

BASE	X (U.T.M.)	Y (U.T.M.)	Z (m)
1	612143,99	4627949,91	751
2	610096,93	4633971,88	679
3	607068,22	4632288,50	649
4	602079,86	4630778,57	887
5	607598,67	4637927,54	543
6	602937,87	4635161,41	710
7	602589,78	4639849,90	540
8	606041,73	4643408,96	488
9	597586,85	4641904,15	731
10	596687,27	4636740,46	655
11	594030,14	4633537,88	908
12	590673,54	4641264,24	837
13	591804,92	4637021,38	866
14	585037,75	4640271,10	947
15	586456,42	4635728,29	1138
16	612143,99	4627949,91	751



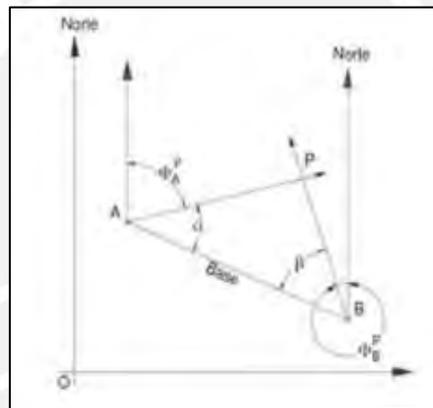
Figura 4.12 Red básica (Fuente: propia)

#### 4.2.4. Red de replanteo

El replanteo consiste en materializar la geometría de la traza en el campo, esta función es llevada a cabo por el contratista, a partir de vértices geodésicos obtenemos la poligonal primaria y a partir de esta las bases de replanteo. Se hallan por radiación sin tener en cuenta la esfericidad de la tierra, no es necesario aplicar los coeficientes de anamorfosis.

A todos los puntos característicos del replanteo están asignadas unas coordenadas X, Y, Z y están materializadas mediante dos bases de replanteo; además, cada base de replanteo tiene su nombre propio, en este caso, B1, B2, B3, así sucesivamente. La Z se halla por nivelación y no con estación total.

En el caso del presente proyecto, se ha utilizado el método de Intersección Directa para la realización del replanteo. Dicho método, consiste en estacionar dos aparatos en los extremos A y B de la base de replanteo, desde cada uno de ellos se marca el ángulo Alpha ( $\alpha$ ) o Beta ( $\beta$ ), que forma la base con la dirección a P desde A o B; y en el punto de intersección de ambas alineaciones estará el punto P, como se muestra en el siguiente esquema.



**Figura 4.13 Replanteo de intersección directa (Fuente: Métodos topográficos, UC)**

Cabe destacar que cada uno de los lados del triángulo formado (AP o BP) pueden servir a su vez de base para nuevos levantamientos.

Las bases de replanteo del presente proyecto constructivo se ofrecen en listados adjuntados al propio anexo correspondiente de este documento, así como también la reseña de uno de los puntos base de replanteo a modo de ejemplo. En total fueron ubicados 60 puntos de bases de replanteo en coordenadas UTM a lo largo del trazado de la carretera. Asimismo, en el documento de planos (Anexo N°11) se muestran todos los planos en planta con el emplazamiento de cada uno de los puntos de replanteo que se deberían plasmar en el terreno para llevar a cabo la ejecución del proyecto. Como ejemplo de ello, se presenta la figura 4.14.

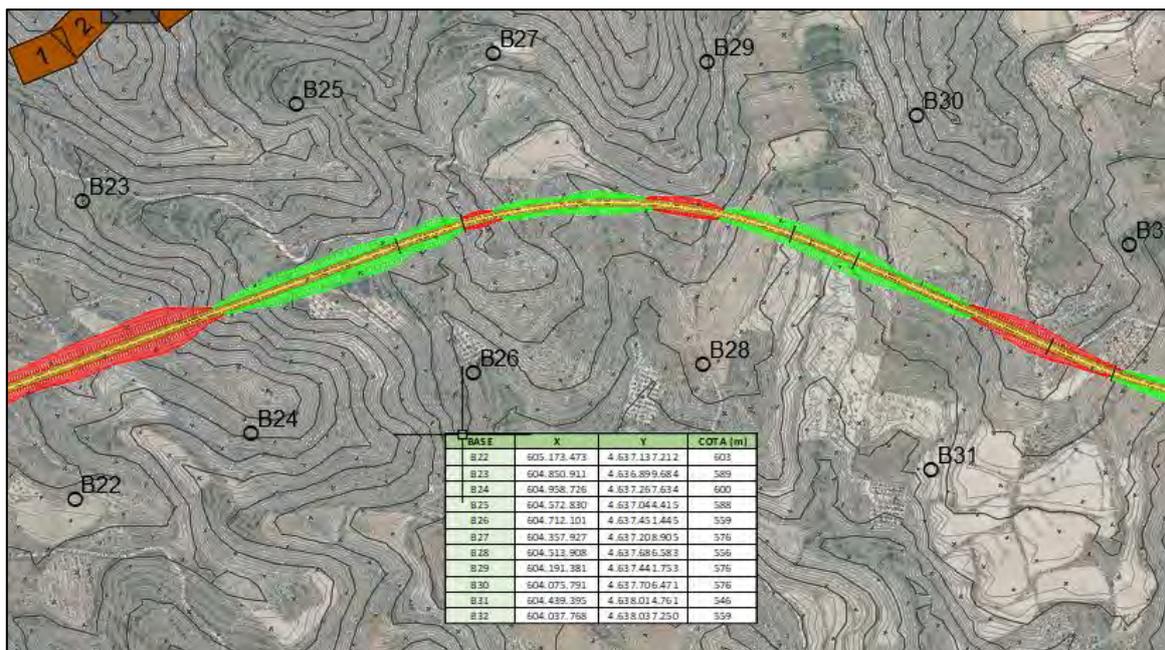


Figura 4.14 Tramo de carretera con las Bases de Replanteo (Fuente: propia)

#### 4.2.5. Cartografía

Este al ser un trabajo de carácter académico, para poder obtener la representación topográfica de líneas de nivel del terreno, se ha recurrido al centro de descargas de Modelos Digitales de Elevaciones del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. El resultado que se obtiene es un modelo digital del terreno de 1° Cobertura con paso de malla de 25 m.

Un modelo digital del terreno (MDT) no es más que la triangulación de una malla densa de puntos con sus coordenadas en planta y su altitud en coordenadas UTM. Una vez hecha esta triangulación, los programas informáticos como el CLIP (el utilizado en este caso) pueden calcular las líneas de nivel sobre el terreno, como se aprecia en la figura 4.15.

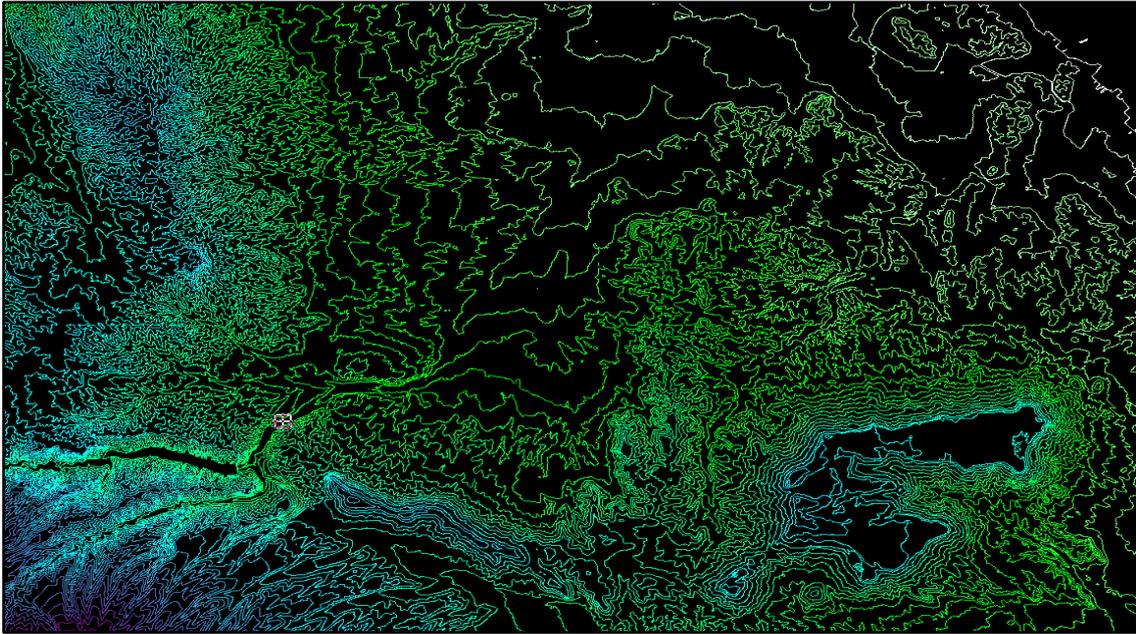


Figura 4.15 Cartografía hoja N°320 (Fuente: Propia)

### 4.3. Geología y geotecnia

El objeto de este apartado es poder establecer las condiciones geológicas y geotécnicas de la zona de estudio, para esto se lleva a cabo un análisis de las características geológicas y geotécnicas elementales para conocer las características portantes del suelo sobre el que se asentará la nueva infraestructura. El análisis más detallado donde se describe cada unidad geológica se muestra en el Anexo N°4.

Mediante los mapas proporcionados por el Instituto Geográfico Minero de España se puede tener una primera idea de las propiedades del terreno; sin embargo, será necesario acompañar este estudio con los correspondientes estudios de campo y la campaña de reconocimientos de calicatas, sondeos y penetrómetros.

#### 4.3.1. Geología

Respecto al marco geológico, la comarca está formada por tres grandes dominios geológicos: Los Pirineos, La Depresión del Ebro y La Cordillera Ibérica, llegando a ocupar grandes espacios, así como también múltiples puntos más reducidos en extensión. Asimismo, la zona del proyecto está situada al noroeste de la provincia de Zaragoza, esta corresponde al borde sur

de la Depresión del Ebro, los materiales que lo constituyen son de origen continental de edad miocena.

#### 4.3.1.1. *Litología y estratigrafía*

En el Anexo N°4, en el apartado correspondiente, se puede encontrar la descripción completa de las características geomorfológicas de las unidades geológicas que atraviesa la traza (terciario y el cuaternario). Los materiales más abundantes en la zona son los conglomerados, areniscas, arcillas bien cementadas y limos rojos, si bien se pueden encontrar los siguientes:

##### ➤ **Terciario**

###### ❖ *Aquitaniense-Pontiense:*

- Conglomerados, areniscas, arcillas y limos rojos.
- Conglomerados masivos muy cementados con lentejones areniscosos.

###### ❖ *Vindobiniense-Pontiense:*

- Arcillas y limos pardo-rojizos y grises con canales conglomeráticos areniscosos, areniscas, arenas, calizas arcillosas, blanquecinas con sílex, calizas arenosas, blanquecinas con sílex, calizas arenosas, margas limolíticas con sílex, yeso y limos yesíferos.

##### ➤ **Cuaternario**

###### ❖ *Holoceno:*

- Terraza de inundación y terraza superior del Queiles fondo aluvial y glaciés: Gravas, arenas, limos y arcillas.

Se muestra el mapa geológico del emplazamiento del proyecto donde se enmarca la zona de actuación.

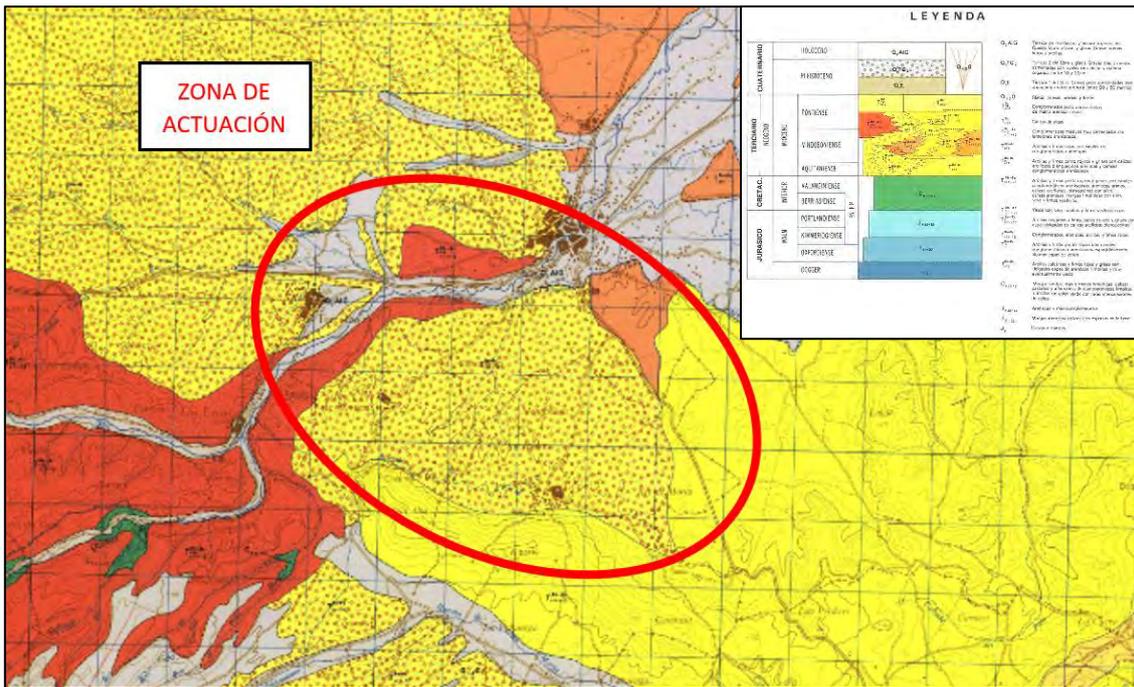


Figura 4.16 Mapa geológico zona de proyecto (Fuente: Instituto Geológico y Minero de España)

#### 4.3.1.2. Tectónica

Se diferencia una fase de deformación bien marcada el cual es el Terciario Continental que presenta una serie monoclinnal sensiblemente horizontal con buzamientos muy suaves de 2 a 3 grados hacia el sur, y solo en las estribaciones norteñas de la Muela de Borja, en su descenso hacia Tarazona, se aprecia un ligero aumento en la inclinación de las capas hacia el sureste.

Las relaciones entre los materiales del Terciario Continental y los del Mesozoico en esta zona, y desde Fitero hacia el sureste, son mediante una discordancia neta, a diferencia de la parte del borde sur comprendida entre Fitero y Pradoluengo, que tiene lugar casi en su totalidad a través de una falla cabalgada.

#### 4.3.1.3. Hidrogeología

Desde un punto de vista hidrogeológico, los niveles que ofrecen mayor interés son los depósitos cuaternarios que constituyen la llanura aluvial del Queiles, y los bancos detríticos de la Formación Fitero, que ocupan el ángulo suroeste, como se puede apreciar en la Hoja de Tarazona (Nº320) en el Anexo de Planos. El resto de las formaciones, por poseer malas

condiciones de permeabilidad o por tener reducidas dimensiones o bien por quedar colgadas, únicamente se debe tener en consideración para abastecimientos locales.

En la zona del proyecto, en las proximidades de Los Fayos, el río Queiles corta los conglomerados miocenos que modelan los típicos *mallos*. Aguas abajo el valle se ensancha al haber materiales más erosionables. Es de destacar el fenómeno de captura fluvial de los ríos Huecha y Queiles, el cual desembocó en procesos de erosión por parte en el Queiles, formando valles profundos y estrechos.

#### 4.3.1.4. *Condicionantes y características geotécnicas generales*

En general, se tienen terrenos con buenas capacidades portantes, por lo que no existen serios condicionantes geológicos a la hora de construir la variante propuesta, puesto que la infraestructura se emplaza íntegramente en dos áreas denominadas  $III_1$  y  $III_3$ . Estas áreas he de destacar que presentan una formación central de yesos, llamada “Yesos de Zaragoza” formada por yesos masivos, así como margas y limos yesíferos, en algún punto la formación de sales solubles se presenta en concentración; aun así, en el emplazamiento del proyecto, estos yesos no se encuentran sino a una distancia alejada; sin embargo, se deberían tener en cuenta por si aparece alguna singularidad en el proceso constructivo.

En cuanto a las características mecánicas del suelo, en el caso del proyecto a ejecutarse, éste se localiza dentro del área  $III_3$  en su mayoría y una pequeña parte en el área  $III_1$ . Ambas áreas están clasificadas como constructivamente aceptables. Algunas características de estas zonas:

##### ➤ **Zona $III_1$**

- Constituyen en esta área los materiales aluviales más modernos, que forman los lechos de inundación y terrazas más recientes de los ríos importantes de la zona del proyecto (Ebro, Queiles y Huecha).

- La litología dominante la constituyen gravas, arenas y limos de naturaleza calcárea y silícica. Ocupan una extensión bastante considerable de la parte Nororiental del emplazamiento.
  - La alta permeabilidad que presentan los materiales aluviales que constituyen esta área se encuentran muy disminuidas por la presencia de una capa superficial de suelo arcilloso.
  - El nivel freático suele estar próximo a la superficie y dominada por las fracturaciones del nivel de los ríos; el drenaje suele ser bueno por percolación natural, con algún punto difícil por acumulación de limos arcillosos.
  - Geotécnicamente puede presentar características portantes medias y asientos inaceptables o medios para este tipo de cargas.
- **Zona III<sub>3</sub>**
- Esta área lo constituyen los materiales fundamentalmente detríticos del terciario del Valle del Ebro.
  - La morfología típica es la de un terreno ondulado, con suaves pendientes y algún pequeño resalte calcáreo o arenisco. Las pendientes topográficas se mantienen suaves en toda el área, con una estabilidad aceptable y algún problema por la presencia de yeso y mangas arcillosas con agua.
  - El drenaje es, en general, bueno por una combinación de la escorrentía y la percolación natural, mientras que si es más profundo tendrá más problemas por la naturaleza del material.
  - Esta zona presenta materiales de tipo semipermeable e impermeable, esto se debe a la acumulación de suelos arcillosos, el nivel freático esta normalmente profundo y no es presumible la existencia de acuíferos importantes.

- Las características constructivas son buenas en general, con capacidades portantes medias y asientos tipo medio o inaceptable. La presencia de yeso obligara en algún punto a la utilización de cementos especiales en los hormigones.

#### 4.3.1.5. Descripción geológica del trazado

En este apartado se muestra una descripción y resumen de los tramos geológicos por los cuales discurre el trazado. En el anexo de geotécnica se profundizará en las características estructurales de los materiales presentes en la zona de modo que se darán recomendaciones para poder abordar la construcción de los cimientos del firme.

**Tabla 4.6 Descripción geológica del trazado (Fuente: propia)**

TRAZA DE LA CARRETERA			
P.K. Inicial	P.K. Final	Época Geológica	Tipo de material
0+000	0+450	Terciario Mioceno del Pontense	Arcillas y limos pardo-rojizos y grises con canales conglomeráticos areniscosos, areniscas arenas, calizas arcillosas.
0+450	4+950	Terciario Mioceno del Pontense - Vidoboniense	Conglomerados, areniscas, arcillas y limos rojos
4+950	7+180	Terciario Mioceno del Pontense - Vidoboniense	Conglomerados masivos muy cementados con lentejones areniscosos
7+180	7+550	Cuaternario del Holoceno	Terrazas de inundación y terraza superior del Queiles fondo aluvial: Gravas, arenas, limos y arcillas
7+550	9+085	Terciario Mioceno del Pontense - Vidoboniense	Conglomerados, areniscas, arcillas y limos rojos

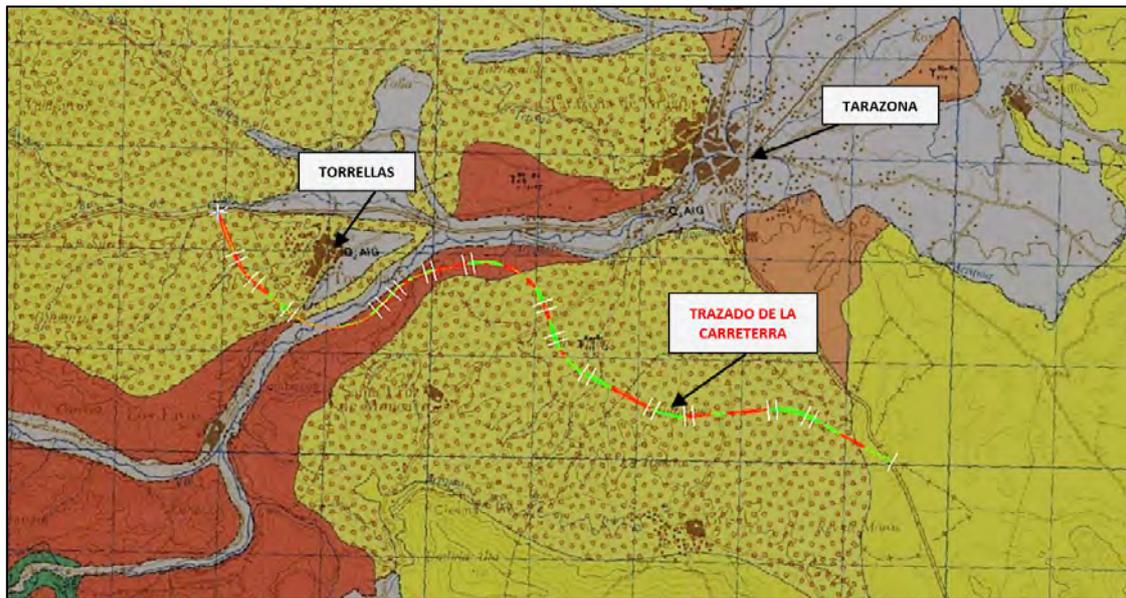


Figura 4.17 Trazado de la variante sobre mapa geológico (Fuente: propia)

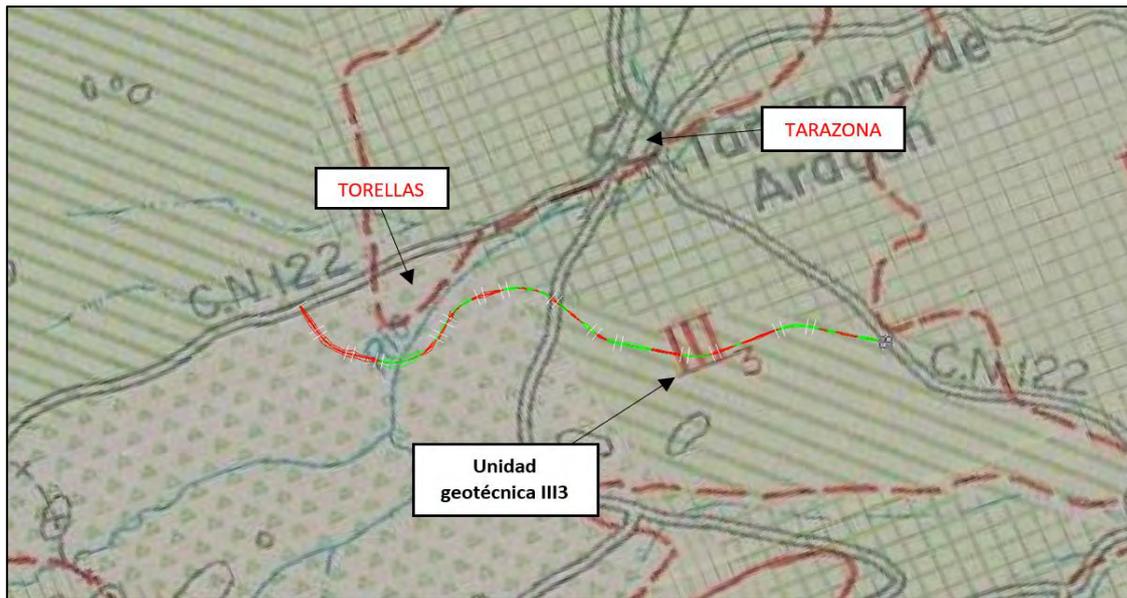
#### 4.3.2. Geotecnia

Este apartado tiene como objetivo principal definir la campaña geotécnica a realizar y deducir de ella los parámetros de suelos y rocas para poder tomar decisiones de diseño y dimensionar los elementos estructurales (taludes, cimentaciones, sistemas de compactación, etc).

Fruto del estudio geológico realizado, se plantea una campaña de reconocimiento y prospección con ensayos geológicos y geotécnicos. Con los datos extraídos de esta campaña se deducen los parámetros de suelos y rocas para poder dimensionar los elementos estructurales.

##### 4.3.2.1. Descripción geotécnica del trazado

El trazado de la variante a su paso por Tarazona, con una longitud de 9.085 metros, se inicia en un punto de la actual nacional N-122, por el P.K 80+000, continuando su desarrollo hasta llegar a una parte donde sigue paralelo al río Queiles, rodeando la población de Torrellas y finalmente saliendo y volviéndose a unir con la actual N-122 en el P.K 90+100.



**Figura 4.18 Trazado de la variante sobre mapa geotécnico (Fuente: Propia)**

Todo el recorrido de la traza presenta la propiedad de ser constructivamente aceptable (sombreada en verde), esto quiere decir que los principales problemas son de tipo geomorfológico, refiriéndose a las pendientes existentes en la zona entre el 15 y el 30%; problemas del tipo hidrológico por presentar materiales impermeables o por la proximidad del nivel freático, y del tipo litológico por darse la presencia de yesos. Asimismo, la traza solo discurre por una única unidad geotécnica:  $III_3$ , aunque no se descarta la posibilidad de que, al estar muy cercano a la unidad geotécnica  $III_1$ , el suelo en esa zona pueda presentar un diferente comportamiento. Esta última zona está compuesta por arcillas y margas con niveles de areniscas y algún yeso disperso, ocupando zonas de relieves ondulados, mientras que la unidad geotécnica  $III_3$  se caracteriza por presentar materiales impermeables o semipermeables que cuentan con un drenaje en general bueno por escorrentía, haciendo que se obtenga una capacidad de carga y asientos medios.

#### 4.3.2.2. Campaña de reconocimiento

Siguiendo las recomendaciones escrita en la Nota de Servicio 3/2012 sobre la campaña geotécnica en los proyectos de la Dirección General de Tráfico (Ministerio de Fomento, 2012),

La investigación geotécnica de campo realizada para la elaboración del presente proyecto constructivo ha sido la siguiente:

- 37 sondeos a rotación con recuperación continua en las zonas de relleno con más altura.
- 27 calicatas para el estudio y caracterización de los materiales que se encuentran en la traza.
- 11 ensayos de penetración dinámica, emplazados preferentemente en zonas de apoyo de rellenos y en estructuras que se vayan a ejecutar.

Para llevar a cabo la caracterización del terreno será necesaria la obtención de las muestras y testigos del terreno.

#### ➤ **Sondeos**

Los sondeos se realizarán perforando en seco o, según sea el caso, con un aporte mínimo de agua para refrigerar la cabeza de perforación con recuperación continua de testigo. A su vez, se tomarán muestras inalteradas y testigos parafinados. En los sondeos, a medida que avance la perforación, y cuando las condiciones litológicas lo permitan, se realizarán ensayos estándar de penetración dinámica SPT con cuchara, con el objeto de determinar la compacidad o consistencia.

En el Anexo N°4, se exponen la tabla de los sondeos realizados a lo largo de toda la traza. Se especifica la profundidad a la cual fue tomada, el P.K en el cual se encuentra y clasificación según el punto de ubicación si es en relleno, desmonte o cimentación.

#### ➤ **Calicatas**

Las calicatas se realizarán para conocer el espesor de tierra vegetal, las características de las distintas capas del suelo y la potencia de los estratos existentes. A partir de todas las muestras

recogidas, se podrán determinar algunas características fundamentales de los terrenos en los ensayos de laboratorio como el CBR o la plasticidad del suelo.

En este caso, se han realizado un total de 27 calicatas para el reconocimiento del terreno más próximo a la superficie. Las calicatas consistirán en la excavación de una zanja hasta alcanzar el substrato no excavable o apurar la longitud del brazo de la retroexcavadora (aproximadamente 4 metros). En el Anexo N°4 se expone la tabla con los diferentes ensayos de calicatas donde se especifica el P.K. donde se haría la prueba y la profundidad.

#### ➤ **Penetrómetro**

Las penetraciones se realizarán con un penetrómetro tipo Borros móvil sobre ruedas. La subida de la maza (63,5 Kg), se realizará mecánicamente mediante un sistema de cadena, que se suelta a una altura de 50 cm, efectuando una caída libre. Las varillas serán de 1 m de longitud y 0,32 cm. de sección, la punta perdida será cuadrada con lado de 4 cm y cónica formando un ángulo de 120°. Las penetraciones se realizarán hasta alcanzar el nivel de rechazo, contando el número de golpes necesarios para avanzar 20 cm, considerándose rechazo al superar los 200 golpes para 20 cm.

En el Anexo N°4 se expone la tabla con los diferentes ensayos de penetrómetros donde se especifica el P.K. donde se debería realizar la prueba. Asimismo, en el anexo se exponen los ensayos de laboratorio que se seguirán según la normativa regularizada por la UNE (Una Norma Española) para las muestras obtenidas en la campaña de reconocimiento.

#### 4.3.2.3. *Caracterización geotécnica de los materiales*

A través del análisis del terreno afectado por la traza y gracias a la información recabada (cartografía, geología, sondeos, calicatas, etc.) se han podido obtener unos valores razonables para caracterizar los diferentes materiales que la variante del proyecto recorrerá.

La traza, como se ha demostrado anteriormente, discurre sobre un sustrato formado por depósitos de suelos del terciario detrítico en una topografía llana-ondulada y sigue las características de la unidad geotécnica  $III_3$  que se explicó en apartados anteriores. La zona del proyecto se trata de materiales de conglomerados, arcillas y margas con niveles de areniscas y algún yeso disperso. Las formaciones diferenciadas dentro de la misma unidad geotécnica son las siguientes:

- Arcillas y limos con canales aglomeráticos areniscosos, calizas arcillosas con sílex y yesos.
- Conglomerados, areniscas, arcillas y limos rojos.
- Conglomerados masivos muy cementados con lentejones areniscosos.
- Terraza de inundación y terraza superior del Queiles fondo aluvial: Gravas, arenas, limos y arcillas.

En los proyectos de carreteras y puentes, para poder caracterizar de forma estandarizada las propiedades del suelo y el estado en el que se encuentran, se sigue las instrucciones del PG-3 (Pliego de Prescripciones Técnicas Generales). A continuación, se muestra la caracterización de cada unidad geológica:

- Arcillas y limos con canales aglomeráticos areniscosos, calizas arcillosas con sílex y yesos. (UG.1)

**Tabla 4.7 UG.1 según el PG-3 (Fuente: propia)**

<b>PROPIEDAD</b>	<b>CARACTERIZACIÓN</b>
Excavabilidad	Media
Capacidad portante	Media
Permeabilidad	Media-Baja
Capacidad de drenaje	Alta
Capacidad de reutilización	Alta
Asentamientos	Media
Clasificación PG-3	Tolerable

- Conglomerados, areniscas, arcillas y limos rojos (UG.2)

Tabla 4.8 UG.2 según el PG-3 (Fuente: propia)

PROPIEDAD	CARACTERIZACIÓN
Excavabilidad	Alta
Capacidad portante	Media
Permeabilidad	Media
Capacidad de drenaje	Alta
Capacidad de reutilización	Alta
Asentamientos	Media
Clasificación PG-3	Adecuado

- Conglomerados masivos muy cementados con lentejones areniscosos (UG.3)

Tabla 4.9 UG.3 según el PG-3 (Fuente: propia)

PROPIEDAD	CARACTERIZACIÓN
Excavabilidad	Media
Capacidad portante	Media
Permeabilidad	Alta
Capacidad de drenaje	Media
Capacidad de reutilización	Media
Asentamientos	Media
Clasificación PG-3	Tolerable

- Terraza de inundación y terraza superior del Queiles fondo aluvial y glacia: Gravas, arenas, limos y arcillas. (UG.4)

Tabla 4.10 UG.4 según el PG-3 (Fuente: propia)

PROPIEDAD	CARACTERIZACIÓN
Excavabilidad	Media
Capacidad portante	Media-Baja
Permeabilidad	Baja
Capacidad de drenaje	Media
Capacidad de reutilización	Baja
Asentamientos	Alta
Clasificación PG-3	Adecuado

➤ Suelos vegetales

**Tabla 4.11 Suelo vegetal según el PG-3 (Fuente: propia)**

<b>PROPIEDAD</b>	<b>CARACTERIZACIÓN</b>
Excavabilidad	Fácilmente removible con pala
Capacidad portante	Baja
Permeabilidad	Alta
Capacidad de drenaje	Alta
Capacidad de reutilización	Inadecuado
Asentamientos	Altos
Clasificación PG-3	Marginal

Como se mencionó anteriormente, en el Anexo N°4 se muestra una tabla con todos los datos numéricos recogidos producto de las fuentes consultadas de todos los ensayos que se realizaron en proyectos similares al emplazamiento del proyecto efectuados en campo mediante los cuales se caracterizarán geotécnicamente cada una de las unidades geológicas.

*4.3.2.4. Coeficiente de paso*

Los coeficientes de paso son deducidos a partir de los resultados de los ensayos de laboratorio, tomando como referencia la densidad seca del terreno en su estado natural y el ensayo de compactación Proctor Modificado, por considerarse que la energía de compactación se asemeja más a la energía realmente transmitida en obra que a la del ensayo Proctor Normal. Con ello, se establece un coeficiente de paso medio para los suelos con puesta en obra al 95% del Proctor Modificado.

**Tabla 4.12 Coeficiente de paso de las UG del terreno. (Fuente: propia)**

<b>FORMACION GEOTECNICA</b>	<b>C.P. PUESTA EN OBRA (95%PM)</b>
Q2AIG (UG.4)	1.28
Tbc11-12 (UG. 1)	1.13
Tcg11-12 (UG. 3)	1.05
Tac11-12 (UG. 2)	1.22

#### 4.3.2.5. *Desmontes*

Los datos utilizados para la elaboración de este apartado se han obtenido tras un análisis de la bibliografía hasta el momento: el estudio fotogeológico de la traza, la cartografía geológica a escala 1:10.000, la investigación mediante calicatas y sondeos mecánicos, así como un inventario de los taludes existentes en las inmediaciones del trazado. Desde el punto de vista técnico, no existen inhabilidades o grandes dificultades geotécnicas a lo largo del trazado propuesto, pudiendo llegar a alcanzarse la estabilidad de los desmontes previstos con una adecuada inclinación de sus taludes.

En un estudio de desmontes, el nivel de detalle que requiere un proyecto de este tipo se debe tener en cuenta muchos aspectos: características geológicas, estructura, parámetros resistentes, excavabilidad, reutilización de materiales, impacto ambiental, trazado, expropiaciones, etc. Como se mencionó anteriormente, el trazado de la nueva variante discurre por terrenos terciario, en su mayoría son conglomerados, areniscas, arcillas, limos rojos bien sementados y suelos donde la capacidad de carga es media con condicionantes constructivas aceptables. La experiencia en desmontes similares a la zona indica que ello se consigue con inclinaciones iguales o inferiores a 1.5H:1V.

En el Anexo N°4 se encuentra el estudio más detallado de los desmontes como la metodología seguida, criterios de diseño, métodos de excavación, aprovechamiento del material y una tabla resumen donde se expone la localización de todos los desmontes, su altura y el punto kilométrico de inicio/fin de estos, su tipo: completo o a media ladera, así como también el cálculo de la estabilidad de los taludes comprobando que la inclinación adoptada es conforme.

#### 4.3.2.6. *Terraplenes*

A comparación de la construcción de los desmontes, los terraplenes tienen una mayor trascendencia a medio y largo plazo, ya que la mayor parte de los problemas que puedan surgir en los desmontes aparecerán durante la fase de construcción y, por lo tanto, habrán sido resueltos antes de entrar la obra en servicio. En cambio, los terraplenes son una entidad de obra de máxima importancia a efectos de seguridad a largo plazo, estando la seguridad condicionada por la calidad de construcción, sobre todo en lo referente a la preparación del terreno de apoyo, el drenaje entre la ladera, el terreno y la construcción del propio relleno, ya que todos estos factores pueden comprometer su estabilidad.

Como se mencionó anteriormente, al tratarse de un trabajo académico, no ha sido posible realizar los ensayos geotécnicos correspondientes, por lo que se optó a buscar bibliografía de proyectos de las mismas características y cercanas al emplazamiento del proyecto. Para el presente estudio se empleará un talud 1.5H:1V para los rellenos a lo largo de toda la traza, al igual como se tomó de referencia del Proyecto Constructivo “Mejora de la carretera CV-678 de acceso a Grisel (Zaragoza)”.

En el Anexo N°4 se encuentra el estudio más detallado de los terraplenes, donde se muestra una tabla resumen que expone la localización de todos los rellenos existentes a lo largo del trazado de la nueva carretera proyectada, su altura y el punto kilométrico de inicio/fin de este, su tipo: completo o a media ladera, así como también la metodología para proceder con los apoyos de los rellenos y la puesta en obra de los materiales, asimismo se expone el cálculo de asientos donde se comprueba que el talud empleado es conforme.

#### 4.3.2.7. Formación de la explanada

La citada instrucción 6.1-IC (Ministerio de Fomento, 2003) considera tres tipos de explanada definidas según el módulo de compresibilidad en el segundo ciclo de carga, obtenido de acuerdo con la NLT-357 “Ensayo de carga con placa” cuyos valores son:

- E1 →  $E_{v2} \geq 60$  MPa
- E2 →  $E_{v2} \geq 120$  MPa
- E3 →  $E_{v2} \geq 300$  MPa

Dado que la categoría de tráfico pesado es T1, tal y como se indica en el correspondiente Anexo N°7 de tráfico (esto se detallará a profundidad más adelante en el apartado de Tráfico y demanda. Firmes) y el suelo al ser clasificado como tolerable, se ha decidido que, dada la importancia de la construcción de la nueva variante y teniendo una demanda inducida importante debido a las características de los materiales existentes en la zona, la explanada que hay a lo largo de la traza será del tipo E3 sobre suelo tolerable (0), con 30 cm de suelo seleccionado (2) y 30 cm de suelo estabilizado (S-EST3). A continuación, se muestra un esquema:

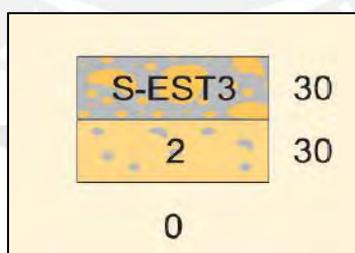


Figura 4.19 Esquema explanada de la carretera (Fuente: Norma 3.1-IC)

#### **4.4. Climatología, hidrología y drenaje**

El presente apartado tiene como objeto establecer valores climáticos significativos que puedan tener una cierta repercusión (directa o indirecta) con los que se podrá obtener fundamentalmente datos de caudales para, posteriormente, hacer un dimensionamiento hidráulico de los elementos de drenaje tanto longitudinales como transversales.

##### ***4.4.1. Descripción climatológica de la zona***

De manera general, el clima en la comarca de Tarazona y el Moncayo es del tipo mediterráneo continentalizado; es decir, es semiárido, temperaturas extremas y escasez de precipitaciones, pero con algunos matices climáticos generados por la cercanía de las estribaciones del Sistema Ibérico. Con respecto a las precipitaciones, en primavera y otoño se presenta el mayor volumen de lluvias, en invierno se tiene menor precipitación y el verano es seco con periodos de aridez. En el entorno a la zona del proyecto, ya en el valle del Queiles, el clima es más cálido y las precipitaciones se vuelven más irregulares y con déficit estival. Además, se ha obtenido información a partir del Plan General de Ordenación Urbana de Tarazona del año 2015, correspondiente al documento número 4 “Estudio Ambiental Estratégico”, elaborado por el ayuntamiento de Tarazona, este documento utiliza información obtenida de los datos del Atlas Climático Ibérico elaborado por el Departamento de Producción de la Agencia Estatal de Meteorología. En el Anexo N°5 se expone gráficamente y se explica a detalle las temperaturas medias anuales, precipitaciones medias anuales, radiación, insolación y nubosidad, entre otros factores climatológicos estudiados para la zona del proyecto.

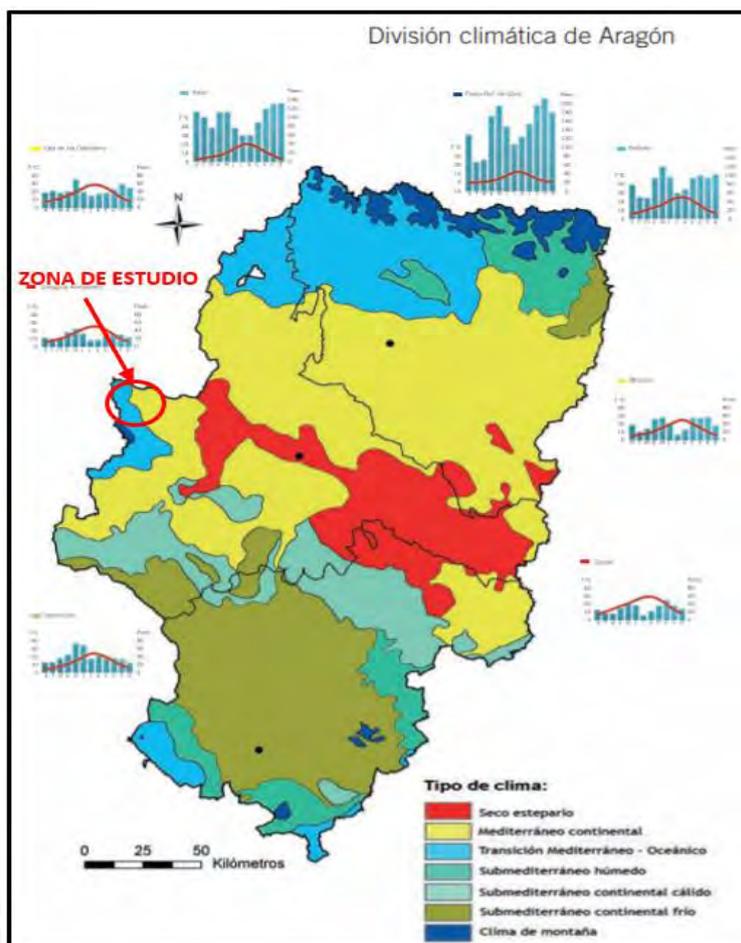


Figura 4.20 Clima en la zona de proyecto (Fuente: PGOU 2015)

#### 4.4.2. Climatología

La información utilizada en el desarrollo del proyecto ha sido la referente a las series de datos recogidos por las estaciones meteorológicas cercanas a la traza del proyecto y suministradas por la Agencia Espacial de Meteorología (AEMET). Con la información obtenida de las estaciones que han servido de apoyo para la redacción de este estudio son las que se muestran a continuación.

Tabla 4.13 Estaciones climatológicas (Fuente: propia)

INDICADOR	ESTACION	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD	PERIODO INICIO	DISTANCIA APROX.
2030	Soria	41° 46' 30" N	2° 28' 59" O	1082	01/11/1943	62 km
9394X	Calatayud	41° 19' 52" N	1° 38' 43" O	582	01/04/1993	60 km
9302Y	Zaragoza, Aeropuerto	41° 39' 38" N	1° 00' 15" O	249	01/01/1941	59 km

#### 4.4.2.1. Temperatura

En el caso del ámbito de actuación, la temperatura media anual resulta de 14.8°C siendo los meses más cálidos los de julio y agosto con una temperatura media de 23.9°C y el más frío es enero, con una temperatura media de 6.2°C. El número de días en los que la temperatura desciende por debajo de los -5°C es de 0.04 días al año, siendo muy poco habitual. El número de días de helada al año son 38, estas se dan principalmente en los meses de invierno de diciembre a febrero, no siendo frecuentes el resto del año.

Cabe mencionar que en el Anexo, para cada estación meteorológica antes mencionada, se ha recolectado los datos necesarios de los últimos 25 años a la redacción del presente documento para estudiar la evolución climática de todos los meses en la zona del proyecto; es decir, individualmente para cada estación, desde 1994 hasta 2019, se reunió un volumen de datos (*inputs* de la tabla 4.14) y se realizó un promedio entre estos para obtener al final una media ponderada de los resultados que se muestran en la tabla a continuación.

**Tabla 4.14 Media de temperaturas para todos los meses de los últimos 25 años (Fuente: propia)**

MES	TEMPERATURA (°C)					N° días de temperatura mínima			N° días con helada	N° días de temperatura máxima	
	Media		Media mensual	Extremos absolutos		< -5°C	> 0°C	>20°C		>25°C	>30°C
	Max	Min		Max	Min						
ENERO	10,4	2,0	6,2	17,2	-4,1	0,0	30,8	0,0	9,7	0,0	0,0
FEBRERO	13,5	3,3	8,4	19,7	-1,2	0,0	27,4	0,7	8,4	0,0	0,0
MARZO	16,7	5,2	10,9	23,9	0,8	0,0	26,5	4,1	5,1	0,4	0,0
ABRIL	18,7	7,2	12,9	25,1	1,1	0,0	21,4	7,0	2,2	1,5	0,0
MAYO	22,9	10,6	16,7	30,2	2,7	0,0	12,1	10,5	0,2	7,0	1,3
JUNIO	28,1	15,6	21,8	35,4	10,7	0,0	4,3	8,1	0,0	9,5	8,2
JULIO	31,2	17,2	24,2	36,7	12,9	0,0	1,1	5,6	0,0	9,2	15,1
AGOSTO	30,6	16,8	23,7	37,1	12,0	0,0	0,9	5,7	0,0	9,2	15,1
SEPTIEMBRE	25,8	13,7	19,7	30,6	8,3	0,0	4,5	9,4	0,0	11,6	4,5
OCTUBRE	21,5	10,4	16,0	27,9	4,0	0,0	14,9	12,8	0,3	3,1	0,2
NOVIEMBRE	14,2	6,0	10,1	21,1	0,0	0,0	28,5	1,4	4,0	0,1	0,0
DICIEMBRE	10,4	2,8	6,6	16,3	-2,5	0,0	30,8	0,1	8,5	0,0	0,0
AÑO	20,3	9,2	14,8	26,8	3,7	0,0	16,9	5,5	38,4	4,3	3,7

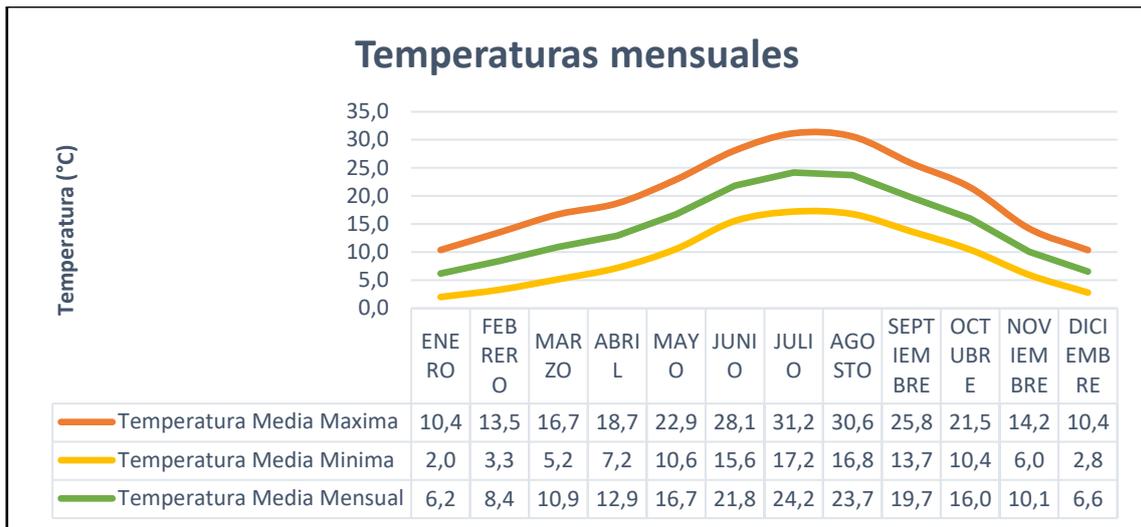


Gráfico 4.1 Media de temperaturas mensuales de los últimos 25 años (Fuente: propia)

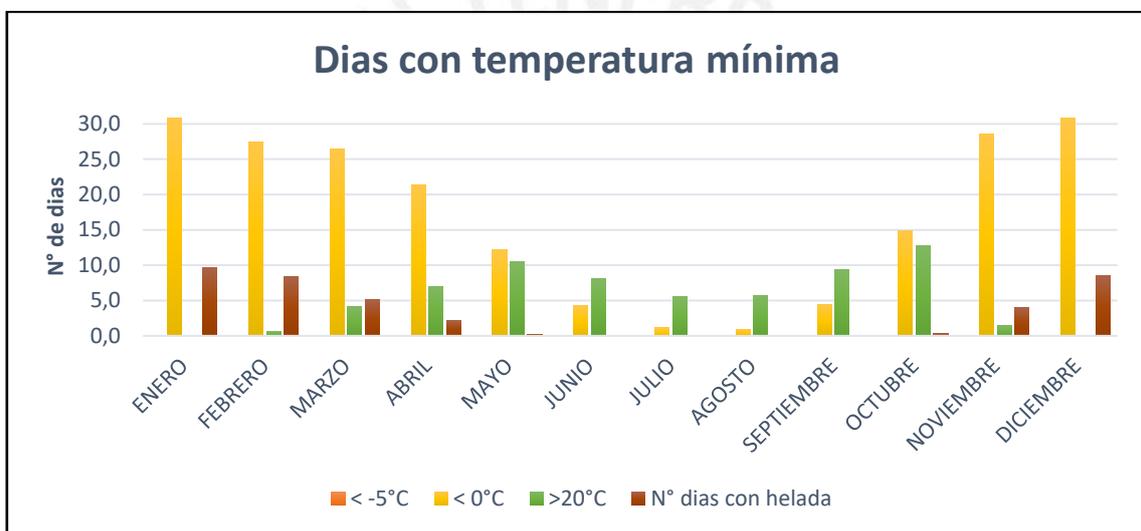


Gráfico 4.2 Media de días con temperatura mínima de los últimos 25 años (Fuente: propia)

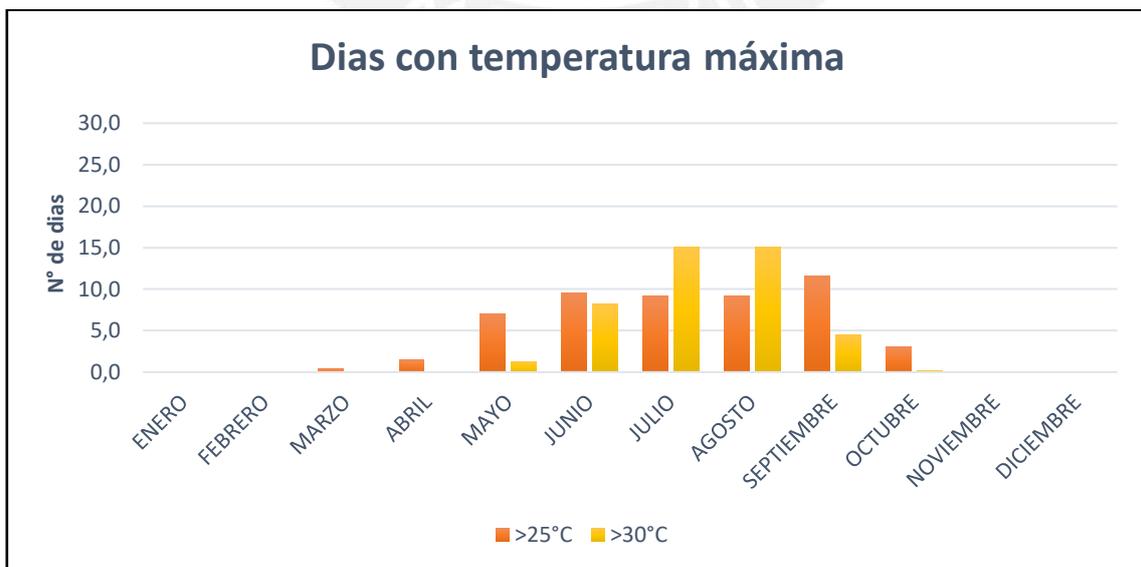


Gráfico 4.3 Media de días con temperatura máxima de los últimos 25 años (Fuente: propia)

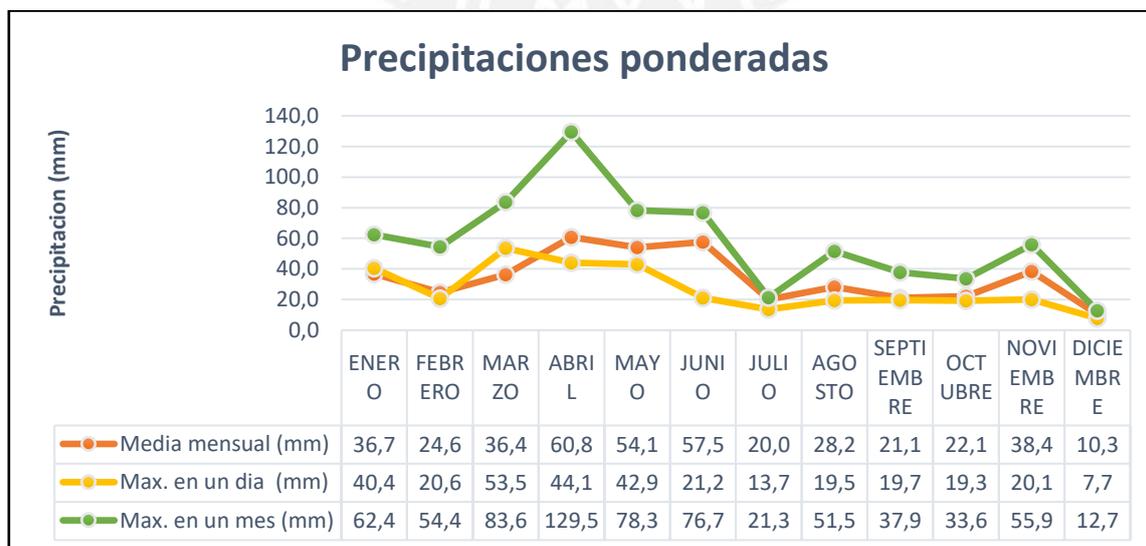
#### 4.4.2.2. Precipitaciones

En cuanto a la precipitación, la zona oeste de la provincia de Zaragoza se caracteriza por tener una precipitación media anual de 410.2 mm, siendo diciembre el mes menos lluvioso con 10.3 mm de media y abril el más lluvioso con 60.8 mm de media. La precipitación máxima diaria es de 53.5 mm en el mes de marzo.

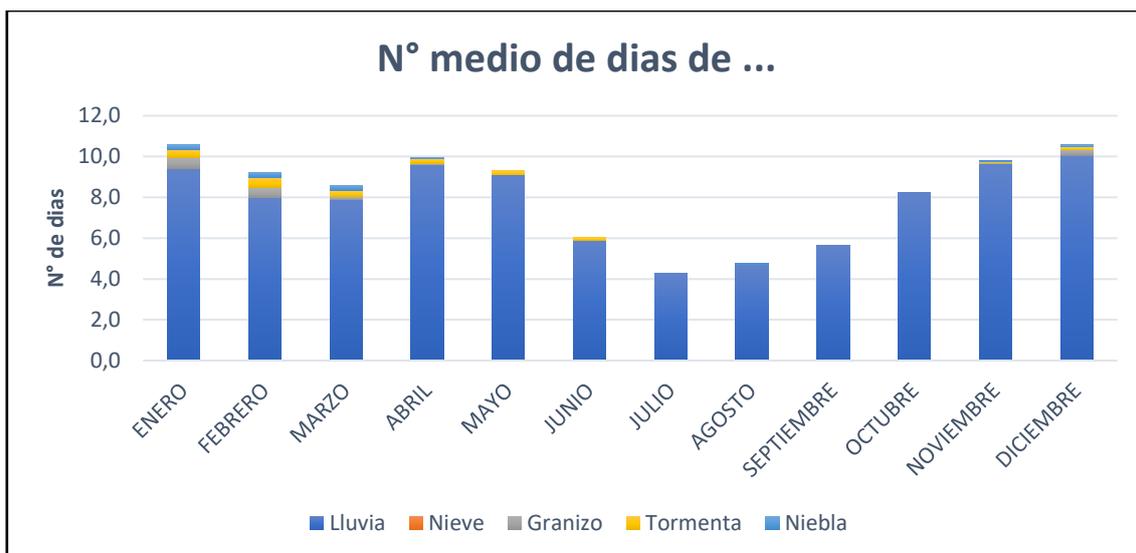
Al igual que en los datos de temperatura se procedió para las precipitaciones; en el Anexo, para cada estación meteorológica, se recolectaron los datos necesarios de los últimos 25 años y se realizó un promedio ponderado para obtener los resultados de la tabla 4.15; además, se muestran unos gráficos para su mayor interpretación:

**Tabla 4.15 Media de precipitaciones de todos los meses de los últimos 25 años (Fuente: propia)**

MES	PRECIPITACION			N° MEDIO DE DIAS					N° DIAS DE PRECIPITACION		
	Media mensual	Max. en un día (mm)	Max. en un mes (mm)	Lluvia	Nieve	Granizo	Tormenta	Niebla	> 1 mm	> 10 mm	> 30 mm
ENERO	36,7	40,4	62,4	9,4	0,0	0,6	0,4	0,2	8,5	0,6	0,0
FEBRERO	24,6	20,6	54,4	8,0	0,0	0,5	0,5	0,3	7,4	0,5	0,1
MARZO	36,4	53,5	83,6	7,9	0,0	0,1	0,3	0,3	7,9	0,7	0,1
ABRIL	60,8	44,1	129,5	9,6	0,0	0,1	0,2	0,1	15,5	1,0	0,4
MAYO	54,1	42,9	78,3	9,1	0,0	0,0	0,2	0,0	9,9	0,7	0,3
JUNIO	57,5	21,2	76,7	5,9	0,0	0,0	0,1	0,0	14,1	0,5	0,2
JULIO	20,0	13,7	21,3	4,3	0,0	0,0	0,0	0,0	6,4	0,2	0,0
AGOSTO	28,2	19,5	51,5	4,7	0,0	0,0	0,0	0,0	6,5	0,1	0,1
SEPTIEMBRE	21,1	19,7	37,9	5,6	0,0	0,0	0,0	0,0	6,1	0,5	0,1
OCTUBRE	22,1	19,3	33,6	8,2	0,0	0,0	0,0	0,0	7,8	0,6	0,5
NOVIEMBRE	38,4	20,1	55,9	9,6	0,0	0,1	0,1	0,0	8,5	0,8	0,2
DICIEMBRE	10,3	7,7	12,7	10,1	0,0	0,3	0,1	0,1	9,4	0,3	0,1
AÑO	410,2	322,8	697,8	92,5	0,0	1,6	1,9	1,0	107,9	6,6	2,2



**Gráfico 4.4 Media de precipitaciones ponderadas de los últimos 25 años (Fuente: propia)**



**Gráfico 4.5 Número de días para diferentes acontecimientos climatológicos en los últimos 25 años**

(Fuente: propia)

Mediante la recolección de datos de las diferentes estaciones meteorológicas, se pudieron obtener ciertos parámetros útiles característicos de la zona del proyecto:

- a) Precipitación media anual de 410.2 mm
- b) Temperatura media anual de 14.8 °C
- c) Temperatura media del mes más frío de 6.2°C
- d) Temperatura media del mes más cálido de 24.2°C

De todos los elementos obtenidos, se obtienen los siguientes resultados:

**Tabla 4.16 Cuadro resumen datos climatológicos (Fuente: propia)**

<i>Precipitación media anual</i>	<b>410.2 mm</b>
<i>Temperatura media anual</i>	<b>14.8 °C</b>
<i>Temperatura máxima absoluta</i>	<b>37.1 °C</b>
<i>Temperatura mínima absoluta</i>	<b>-4.1 °C</b>
<i>Valor medio de horas de sol</i>	<b>2477 horas</b>
<i>N° medio anual de días de helada</i>	<b>38.4 días</b>
<i>N° medio anual de días de lluvia</i>	<b>92.5 días</b>
<i>N° medio anual de días de niebla</i>	<b>1.1 día</b>
<i>N° medio anual de días de tormenta</i>	<b>1.9 días</b>
<i>N° medio anual de días de nieve</i>	<b>0.2 días</b>
<i>N° medio anual de días de granizo</i>	<b>1.6 días</b>

Asimismo, se ha llevado a cabo un análisis agroclimático de la zona en base a tres índices: el de Koppen, termopluviométrico de Cereceda y Carbonell, y el de humedad de Lang. La obtención de los valores de estos índices se explica en el Anexo N°5, los resultados obtenidos han sido los siguientes:

**Tabla 4.17 Clasificación agroclimática (Fuente: propia)**

<b>CLASIFICACIÓN</b>	<b>ÍNDICE</b>	<b>TIPO DE CLIMA</b>
<b>Koppen</b>	K=29,6	Cfa: Templado sin estación seca marcada con verano caluroso
<b>Cereceda y Carbonell</b>	Itp=3,61	Árida
<b>Lang</b>	Pf=27,72	Árida

Por lo tanto, el emplazamiento del proyecto se puede decir que es considerada una zona árida; es decir, se encuentra en una zona donde el clima es cálido y templado, propio de un clima mesotérmico. El verano es caluroso, el invierno frío con algunos días de helada, aunque no se presenta estaciones secas, es considerada un lugar árido con poca vegetación. Los niveles de precipitación anuales no son tan elevados, pero tampoco son nada despreciables y estos son más frecuentes en las estaciones de primavera y otoño.

#### 4.4.3. Hidrología

En lo que corresponde al estudio hidrológico de la zona se tendrá en cuenta el caudal de aguas de escorrentía debido a las precipitaciones para un periodo de retorno fijado. En el Anexo N° 5 se muestra el cálculo completo para un periodo de retorno de 500, 100, 50 y 25 años. Todos estos cálculos serán imprescindibles para hallar los caudales que circularán por las obras de drenaje transversal y, por consiguiente, para el pre-dimensionamiento de estas en la nueva carretera.

##### 4.4.3.1. Datos previos

Para la obtención de las lluvias de cálculo se realizarán diversos ajustes con el fin de extrapolar los valores máximos de precipitación esperables para los distintos periodos de retorno. Se ha procedido a utilizar tres métodos distintos:

- Ajuste de Gumbel
- Ajuste mediante el modelo SQRT-Etmax
- Método de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento, propuesto en la publicación “Máximas lluvias diarias en la España Peninsular” del año 1999.

Los respectivos cálculos para cada ajuste se muestran completos en el Anexo N°5, en resumen, se obtienen los siguientes resultados de precipitaciones:

**Tabla 4.18 Precipitaciones halladas por diferentes métodos y para distintos periodos de retorno (Fuente: propia)**

	T=25 años	T=50 años	T=100 años	T=500 años
<b>Gumbel (mm)</b>	63.40	71.48	79.50	98.05
<b>SQRT-Etmax (mm)</b>	65.73	75.55	85.91	112.18
<b>DG. Carreteras (mm)</b>	77.24	88.75	100.93	131.38

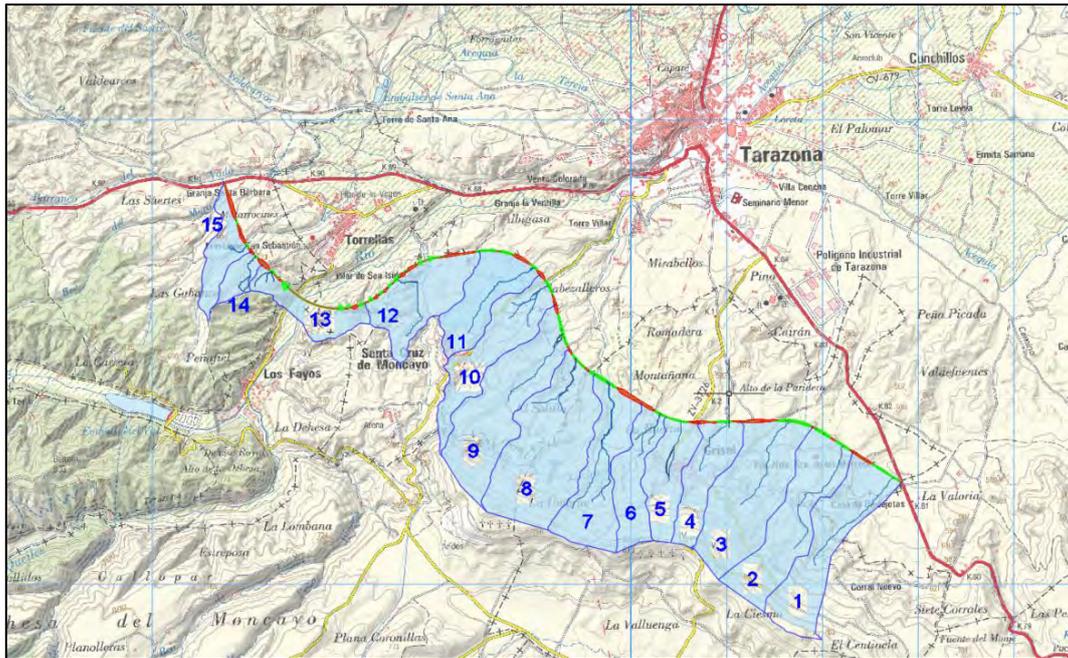
Se puede observar que los valores de precipitación para los respectivos periodos de retorno guardan cierta relación, siendo los métodos de Gumbel y SQRT-Etmax los que más se asemejan y el método propuesto por la DGT 1999 la que presenta valores mucho más exigentes.

#### 4.4.3.2. Determinación de cuencas

Se sigue el procedimiento indicado en las Instrucciones 5.1-IC “Drenaje” y 5.2-IC “Drenaje Superficial”, para ello se han delimitado las principales cuencas hidrológicas de la zona y se hallaron los caudales que descenderán por ellas. Se muestra un ejemplo de los resultados que se obtuvieron del cálculo realizado para el periodo de retorno de 100 años, el procedimiento del cálculo completo y los resultados para los demás periodos de retorno se puede revisar en el Anexo N°5, también en la figura 4.21 se muestra en planta la delimitación de las cuencas enumeradas que cruzan por el trazado de la carretera.

**Tabla 4.19 Caudales de las cuencas para un periodo de retorno de 100 años (Fuente: propia)**

Cuenca	Coefficiente de escorrentía	Área (km <sup>2</sup> )	Longitud Cauce Principal (km)	Pendiente media (m/m)	Tiempo concentración (h)	$I1/I_d$	$I_d$ (mm/h)	$I$ (mm/h)	$Q$ (m <sup>3</sup> /s)
1	0,2657	0,889	1,352	0,06213	0,6396	10	4,21	54,24	3,56
2	0,2657	0,899	1,487	0,04573	0,7289	10	4,21	50,41	3,35
3	0,2657	1,083	1,169	0,05304	0,5902	10	4,21	56,71	4,53
4	0,2657	0,480	0,666	0,04655	0,3945	10	4,21	70,53	2,50
5	0,2657	0,501	0,682	0,05865	0,3844	10	4,21	71,51	2,64
6	0,2657	0,474	0,578	0,07439	0,3240	10	4,21	78,22	2,74
7	0,2657	0,941	1,481	0,07765	0,6571	10	4,21	53,43	3,71
8	0,2657	1,330	0,914	0,04486	0,5053	10	4,21	61,75	6,06
9	0,2657	1,059	1,050	0,04952	0,5511	10	4,21	58,90	4,60
10	0,2657	0,665	0,585	0,03248	0,3828	10	4,21	71,67	3,52
11	0,2657	0,533	1,125	0,04089	0,6023	10	4,21	56,08	2,21
12	0,2657	0,658	1,069	0,03087	0,6111	10	4,21	55,63	2,70
13	0,2657	0,343	0,267	0,06367	0,1856	10	4,21	103,70	2,63
14	0,2657	0,153	0,495	0,06465	0,2958	10	4,21	82,00	0,93
15	0,2657	0,287	0,329	0,08815	0,2045	10	4,21	98,85	2,09



**Figura 4.21 Cuencas hidrográficas que cruzan el trazado (Fuente: propia)**

#### **4.4.4. Drenaje**

En el correspondiente Anexo se pretende describir y explicar la metodología que se sigue para la proyección de la geometría de las distintas obras de drenaje, tanto transversal como longitudinal requeridas en la infraestructura objeto del Proyecto Constructivo. Las obras hidráulicas por contemplarse serán:

- a) *Obra de drenaje transversal*: Restablecer los cauces naturales que atraviesa la nueva carretera mediante obras de paso.
- b) *Obras de drenaje longitudinal*: Evacuar el agua superficial de la plataforma mediante una red de desagües, como son las cunetas.
- c) *Drenaje subterráneo*: Es un drenaje que pretende filtrar el agua de la plataforma mediante una serie de elementos o dispositivos.

##### *4.4.4.1. Obras de drenaje transversal*

Siguiendo las pautas indicadas en la Instrucción 5.2 IC de Drenaje (Ministerio de Fomento, 1990) se han diseñado y se han dimensionado las obras de drenaje transversal para evitar

perturbar en la medida de lo posible el cauce natural del lecho correspondiente. Para el cálculo de las ODT's se ha comenzado por determinar los puntos en los que la traza de la carretera atraviesa los cauces naturales del agua, la delimitación de las cuencas se detalla en el Anexo de Planos. Para el dimensionamiento se sigue la normativa 5.2-IC de Drenaje; se trabajaron las obras de drenaje transversal con un diámetro mínimo de 1.80 m (la correspondiente según las instrucciones de la norma para las condiciones del proyecto) y se comprobó que la sección cumpla hidráulicamente con las solicitudes exigidas. Los cálculos del dimensionamiento de la sección se encuentran en el Anexo N°5, así como también la forma de los emboquilles de entrada/salida, el dimensionamiento y diseño de las aletas de hormigón de las ODT.

#### *4.4.4.2. Obras de drenaje longitudinal*

El drenaje longitudinal es el encargado de evacuar el agua que discurre por la plataforma. En este caso, no se trata de calcular y dimensionar la obra de drenaje sino de comprobarla hidráulicamente para que no se produzcan sedimentos, aterramientos o cualquier otro fenómeno que provoque la falta de seguridad en la carretera por no poder evacuar el agua correctamente. Las comprobaciones se muestran en el Anexo N°5. Todas las consideraciones y recomendaciones para el drenaje longitudinal se extrajeron de las instrucciones 5.1-IC Drenajes y 5.2-IC Drenaje superficial.

En el caso del presente proyecto constructivo, las obras de drenaje longitudinal existentes son las que se explican con mayor detalle en el correspondiente anexo, en ella se puede encontrar las tablas donde se indica el punto kilométrico de inicio y final de cada obra de drenaje tanto si es en la margen izquierda o derecha de la calzada, así como también los criterios aplicados para su diseño y la comprobación de la sección para los caudales de venida. En resumen, se deberá considerar:

- *Cunetas a pie de desmonte:* La cuenta al pie de terraplén estará constituida por una sección triangular revestida de geometría, la sección de estas cunetas será triangular con taludes 6H:1V (lado contiguo a la calzada) y 4H:1V (lado opuesto de la calzada) con un calado aproximado de 30 cm.
- *Cuneta a pie de terraplén:* La cuneta a pie de terraplén tendrá una sección triangular revestida, de geometría análoga a la que se dispondría en los desmontes.
- *Colectores:* Para evacuar el agua de las cunetas es necesario recurrir a un colector que conduzca el agua a uno de los márgenes de la calzada o bien que conduzca el agua hasta otro punto distinto al de recogida. En todos los colectores se construirán arquetas registrables cada 50 metros.
- *Sumideros y arquetas:* Los sumideros son los dispositivos que permiten el desagüe de las cunetas a los colectores. Estos sumideros serán horizontales e irán instalados en puntos bajos de la calzada o bien cuando las cunetas agoten su capacidad hidráulica. Se han proyectado en puntos donde existen sumideros y en los tramos de colector cada 50 m.
- *Bordillos y bajantes:* Se considera la necesidad de disponer bajantes que desagüen las aguas superficiales en los tramos de terraplén y desmonte de alturas mayores de 10 m para evitar así erosiones y cárcavas en el mismo. A su vez, deberán estar equiespaciadas aproximadamente una distancia de 100 metros.

#### 4.4.4.3. *Drenaje subterráneo*

El drenaje subterráneo estará compuesto por una capa drenante bajo el pavimento que capta las infiltraciones superficiales desaguando lateralmente a unas zanjas drenantes longitudinales rellenas de material filtrante. Toda la información que se consultó para la realización de este apartado fue extraída de la Orden circular 17/2003 “Recomendaciones para el proyecto y

construcción del drenaje subterráneo en obras de carreteras”. En el mismo apartado del anexo también se muestran las características del Geotextil y las disposiciones constructivas de los drenajes subterráneos. A continuación, se muestra una tabla de los distintos elementos de drenaje subterráneo que dispondrán en la carretera:

**Tabla 4.20 Drenaje subterráneo dispuesto a lo largo de la traza (Fuente: propia)**

ELEMENTO	DIMENSIONES Y CARACTERÍSTICAS
Zahorra artificial drenante	Espesor de 25 cm y bombeo mínimo de 2% (con $D2 < 3\%$ )
Geotextil de filtro	Bajo la capa anterior con salida a terraplén o a cuneta, si ese está en desmonte.
Zanja de drenaje	60 cm. de profundidad por 25 cm de ancho rellena con la misma zahorra de la capa del firme y revestida con geotextil de filtro.
Tubo ranurado en su mitad superior	P.V.C de 150 mm de diámetro dispuesto en la parte inferior de la anterior zanja.
Tubo de P.V.C	250 mm de diámetro bajo el anterior, conductor del caudal a desagüe, y sólo en los tramos en desmonte, pues en terraplén cada arqueta desaguará al exterior.

#### 4.5. Trazado

Todo el dimensionamiento de la carretera se basa en las Normativas aprobadas por el ministerio de Transporte, Movilidad y Agenda Urbana. En el trazado se han utilizado la Normativa 3.1-IC con orden del 19 de febrero de 2016, cumpliendo con todos los parámetros que en esta se indican como radios mínimos, longitudes máximas, peraltes, longitud de acuerdos verticales, etc. Para el diseño de la nueva variante se ha utilizado un programa informático específico para el diseño de obras lineales denominado CLIP. Cabe mencionar que para el diseño final del trazado se estudiaron 3 alternativas y se realizó el análisis del trazado para cada una de estas y se analizó cuál de estas resulta la que mejor trabajará funcionalmente. En las siguientes líneas se va a abordar de manera general los parámetros específicos que se siguieron para el diseño de la obra lineal, pero solo se muestran los resultados de la alternativa seleccionada; en el Anexo N°6 se expone más a detalle cada uno de estos, además se muestran los resultados obtenidos para las demás alternativas.

#### **4.5.1. Parámetros de diseño**

Se exponen los parámetros básicos que intervienen en el diseño de la carretera a proyectar. Estas variables vienen impuestas por las condiciones existentes en la zona de estudio y por las características de la vía que se han explicado anteriormente.

##### **➤ Velocidad de proyecto**

En general, la velocidad de proyecto es un parámetro convencional definido mediante consideraciones políticas y administrativas que tienen en cuenta el tipo de carretera y la rentabilidad de la inversión. Su elección implica la adopción de radios mínimos de curvatura, pendientes máximas, acuerdos verticales mínimos y distancias mínimas de visibilidad disponible en cada sección.

Como se mencionó anteriormente, el objeto de la construcción de la variante de la carretera nacional N-122 es desviar a todos aquellos vehículos que no tengan como destino final la localidad de Tarazona, de este modo se reduce la circulación sobre todo de los vehículos pesados que circulaban por algunas zonas donde discurrían grandes flujos de peatones, así como mejorar la calidad de vida de los habitantes reduciendo la congestión y ruido que puedan generarse.

Para que los objetivos indicados anteriormente sean capaces de cumplirse será necesario fijar un mínimo en la velocidad límite de la nueva vía, debe ser una velocidad capaz de atraer a los vehículos pesados, en su mayoría de transporte de mercancías. Además, cabe mencionar que la velocidad de proyecto se entiende que no debe ser inferior a la velocidad media del tramo que se desarrolló en su época (80 km/h), por ello se adoptará el valor de 90 km/h, la cual coincide con la limitación legal de velocidad para una carretera de las características indicadas. Por lo tanto, la velocidad de proyecto escogida en la variante de la nacional N-122 a su paso por Tarazona será de 90 km/h.

### ➤ Tipo de vía

Para definir el tipo de vía de la carretera considerada se recurre al Manual de Capacidad de 2010 (Ensley, 2012) en el que se distinguen tres clases de carreteras convencionales de dos carriles. Atendiendo a esta clasificación y recopilando la información que se expone en el apartado 4.6 de tráfico, se concluye que la carretera objeto del presente proyecto será de clase I, ya que forma parte de una red arterial de las carreteras del estado y pretende fomentar la conectividad entre municipios.

Una vez fijados los parámetros principales como la velocidad de proyecto y el tipo de vía que debe ser considerado, se comenzará el diseño. Este diseño comprende el diseño en planta, en alzado y las secciones transversales.

#### **4.5.2. Trazado en planta**

##### *4.5.2.1. Alineaciones rectas*

La Norma de Trazado 3.1-IC define una alineación recta como *“un elemento de trazado que está definido en carreteras de dos carriles para obtener suficientes oportunidades de adelantamiento”*. Si las rectas son muy largas, estas pueden causar problemas relacionados con el cansancio y fatiga, así como también deslumbramientos, excesos de velocidad y otros problemas, por lo que es deseable limitar las longitudes máximas de las alineaciones rectas para que se acomode y adapte mejor a la conducción, es deseable establecer unas longitudes mínimas.

Según la Norma 3.1-IC, en caso de disponerse el elemento recto, la longitud mínima admisible máxima deseable, en función de la velocidad de proyecto, se definen por las expresiones siguientes:

$$L_{\min,s} = 1,39 \cdot V_p$$

$$L_{\min,o} = 2,78 \cdot V_p$$

$$L_{\max} = 16,70 \cdot V_p$$

Figura 4.22 Longitud máxima y mínima en función de la  $V_p$  (Fuente: Norma 3.1-IC)

Donde:

- $L_{\min,s}$  = longitud mínima (m) para trazados en “S” (alineación recta entre alineaciones curvas con radios de curvatura de sentido contrario).
- $L_{\min,o}$  = longitud mínima (m) para el resto de los casos (alineación recta entre alineaciones curvas con radios de curvatura del mismo sentido).
- $L_{\max}$  = longitud máxima (m).
- $V_p$  = velocidad de proyecto (km/h).

En la siguiente tabla, extraída de la Norma 3.1-IC de Trazado, se incluyen los valores de estas longitudes para diferentes valores de la velocidad de proyecto.

(V <sub>p</sub> ) (km/h)	L <sub>min,s</sub> (m)	L <sub>min,o</sub> (m)	L <sub>max</sub> (m)
140	195	389	2 338
130	181	361	2 171
120	167	333	2 004
110	153	306	1 837
100	139	278	1 670
90	125	250	1 503
80	111	222	1 336
70	97	194	1 169
60	83	167	1 002
50	69	139	835
40	56	111	668

Figura 4.23 Longitud de rectas para la velocidad de proyecto (Fuente: Norma 3.1-IC)

El trazado de la carretera a proyectar presenta 8 alineaciones rectas, en la tabla 4.22 se muestra cada una de ellas con sus respectivas longitudes. Todas las rectas cumplen con los parámetros de la Norma.

Tabla 4.21 Longitudes de las alineaciones rectas (Fuente: propia)

Nº ALINEACIÓN	LONGITUD (m)
Alineación 1	971,418
Alineación 3	813,020
Alineación 5	703,300
Alineación 7	283,193
Alineación 9	344,190
Alineación 11	160,945
Alineación 13	412,684
Alineación 15	494,966

#### 4.5.2.2. Radios mínimos

El radio mínimo para adoptar en las curvas se determina en función de la velocidad del proyecto, lo que nos brindará también información del peralte y el rozamiento transversal

movilizado, la visibilidad de parada en toda la longitud y la coordinación del trazado en planta y alzado. En la tabla 4.4 de la normativa 3.1-IC que se presenta a continuación, se fijan los radios mínimos, los peraltes máximos para las carreteras del grupo 3 y una velocidad de proyecto de 90 km/h.

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

Figura 4.24 Radio mínimo y peralte (Fuente: Norma 3.1-IC)

El trazado de la carretera a proyectar presenta 7 alineaciones curvas, se muestran a continuación con sus respectivas radios. Todas las rectas cumplen con los parámetros de la Norma.

Tabla 4.22 Alineaciones curvas (Fuente: propia)

Nº ALINEACIÓN	RADIO (m)	PERALTE (%)
2	705	5,194
4	720	5,122
6	700	5,218
8	700	5,218
10	700	5,218
12	700	5,218
14	700	5,218

#### 4.5.2.3. Desarrollos mínimos

Según la norma 3.1 IC de Trazado, el desarrollo de las curvas se corresponderá con una variación de acimut entre sus extremos mayor o igual que veinte gonios (20 gon), pudiendo aceptarse valores entre veinte gonios (20 gon) y nueve gonios (9 gon), y sólo excepcionalmente valores inferiores a nueve gonios (9 gon).

El desarrollo de las curvas mencionadas se calcula mediante la diferencia de acimuts de entrada y salida de las curvas. En el trazado propuesto, todos los desarrollos de las curvas circulares cumplen con el mínimo de nueve gonios. Observando el listado a continuación en el que se muestran los acimutes del trazado, todos cumplen con la norma, siendo el mínimo de 22.66 gonios.

**Tabla 4.23 Desarrollos de las curvas (Fuente: propia)**

LONGITUD	ESTACIÓN	ACIMUT	DESARROLLO	RADIO
0	0+000,000	336,6096		Infinito
971,418	0+971,418	336,6096		Infinito
92,234	1+063,652	332,4452		-705
328,564	1+392,216	302,7756	29,6696	-705
92,234	1+484,450	298,6112		Infinito
813,02	2+297,470	298,6112		Infinito
93,168	2+390,639	302,7301		720
323,286	2+713,925	331,3149	-28,5848	720
93,168	2+807,093	335,4339		Infinito
703,3	3+510,393	335,4339		Infinito
92,166	3+602,558	339,6249		700
447,184	4+049,742	380,2943	-40,6694	700
92,166	4+141,908	384,4854		Infinito
283,193	4+425,101	384,4854		Infinito
92,166	4+517,266	380,2943		-700
946,102	5+463,369	294,2504	86,0439	-700
92,166	5+555,535	290,0594		Infinito
344,19	5+899,724	290,0594		Infinito
92,166	5+991,890	285,8683		-700
325,715	6+317,605	256,246	29,6223	-700
92,166	6+409,771	252,0549		Infinito
160,945	6+570,716	252,0549		Infinito
112	6+682,716	257,1479		700
969,356	7+652,072	345,3066	-88,1587	700
92,166	7+744,238	349,4977		Infinito

<b>412,684</b>	8+156,922	349,4977		Infinito
<b>92,166</b>	8+249,088	353,6887		700
<b>249,133</b>	8+498,221	376,3463	-22,6576	700
<b>92,166</b>	8+590,387	380,5374		Infinito
<b>494,966</b>	9+085,353	380,5374		Infinito

#### 4.5.2.4. *Curvas de transición y peralte*

En general, las curvas de transición tienen por objeto evitar las discontinuidades en la curvatura de la traza, por lo que en su diseño deberán ofrecer las mismas condiciones de seguridad, comodidad y estética que el resto de los elementos del trazado. Se adoptará en todos los casos como curva de transición la clotoide, cuya ecuación intrínseca es:

$$R \cdot L = A^2$$

Donde:

- R = Radio de curvatura en un punto cualquiera.
- L = longitud de la curva entre su punto de inflexión ( $R=\infty$ ) y el punto de radio R.
- A = parámetro de la clotoide, característico de la misma.

Como se ha mencionado anteriormente, el programa que se está utilizando para diseñar el trazado de la nueva carretera lleva integrada la Norma de Trazado, por este motivo, todas las clotoides diseñadas cumplen con los requisitos de la Norma 3.1 -IC de Trazado pues es corroborado por el programa cuando este no cumple con los parámetros.

### 4.5.3. *Trazado en alzado*

#### 4.5.3.1. *Pendientes máximas y mínimas*

En carreteras convencionales, los máximos valores de pendientes vienen dados por la siguiente tabla extraída de la Norma 3.1-IC:

VELOCIDAD DE PROYECTO ( $v_p$ ) (km/h)	INCLINACIÓN MÁXIMA (%)	INCLINACIÓN EXCEPCIONAL (%)
100	4	5
90 y 80	5	7
70 y 60	6	8
50 y 40	7	10

**Figura 4.25** Inclinación máxima y excepcional (Fuente: Norma 3.1-IC)

Cabe mencionar que, si nos referimos a las pendientes mínimas, el valor marcado por la Normativa vigente es de un 0,5%. Este mínimo se corresponde al mínimo valor mediante el cual se podrá desaguar bien el agua que se deposita en la superficie de la calzada. En el caso del proyecto, no hay casos que se tengan esta particularidad; sin embargo, en el último tramo se tiene una pendiente de 6.15% superando la inclinación máxima especificada por la norma, siendo este aún aceptable para casos excepcionales, por lo que, apelando a ese criterio, el último tramo del trazado sería correcto, pues se debe a la orografía propio de la zona, ya que es del tipo ondulada.

Habiendo comentado la particularidad anterior, se comprobó que todas las pendientes del trazado de la carretera cumplan con los requisitos mínimos y máximos establecidos. Los resultados que corroboran esta información se encuentran en el Anexo N°6.

#### 4.5.3.2. Longitud entre vértices

Según la Normativa de Trazado 3.1-IC, no se proyectarán longitudes de rampas o pendientes cuyo recorrido, a la velocidad de proyecto, sea inferior a diez segundos (la longitud se medirá entre vértices sucesivos). En el caso del presente proyecto, la velocidad de proyecto es de 90 km/h y, por tanto, la distancia entre vértices deberá ser como mínimo de 236.11 m.

Además, la Norma menciona que, salvo justificación en contrario, no se dispondrán rampas ni pendientes con la inclinación máxima establecida para cada velocidad y tipo de carretera, cuya

longitud supere los 3.000 m. En el caso de este proyecto, se comprobaron los listados y todas las alineaciones cuentan con longitudes menores a 3.000 m. Los resultados que corroboran esta información se encuentran en el Anexo N°6.

#### 4.5.3.3. *Acuerdos convexos y cóncavos*

La longitud de los acuerdos convexos y cóncavos va a depender de la velocidad de proyecto y de dos parámetros: la distancia de parada y la distancia de adelantamiento, de modo que sea lo más cómodo y adecuado visualmente para el conductor y no de la sensación de que se encuentra en un tobogán.

La Norma 3.1-IC expone una tabla donde se recogen, para diferentes velocidades de proyecto de la carretera y una altura del obstáculo de cincuenta centímetros ( $h_2 = 0,50$  m), los valores del parámetro con los que se dispone de visibilidad de parada, sin consideraciones de coordinación planta – alzado y en cualquier clase de carretera. La clasificación correspondiente de este parámetro en función de las velocidades de proyecto se muestra en la figura 4.26. Mediante el programa CLIP se verifica que la longitud de los acuerdos convexos y cóncavos cumplen con los requisitos de la Norma. Los resultados que corroboran esta información se encuentran en el Anexo N°6.

GRUPO	VELOCIDAD DE PROYECTO ( $V_p$ ) (km/h)	ACUERDOS CONVEXOS		ACUERDOS CÓNCAVOS	
		$K_v$ (m) Parada	$K_v$ (m) Adelantamiento	$K_v$ (m) Parada	$K_v$ (m) Adelantamiento
1	140	22 000	--	10 300	--
	130	16 000	--	8 600	--
2	120	11 000	--	7 100	--
	110	7 600	--	5 900	--
	100	5 200	7 100	4 800	7 800
	90	3 500	4 800	3 800	6 500
	80	2 300	3 100	3 000	5 400
3	90	3 500	4 800	3 800	6 500
	80	2 300	3 100	3 000	5 400
	70	1 400	2 000	2 300	4 400
	60	800	1 200	1 650	3 600
	50	450	650	1 160	3 000
	40	250	300	760	2 400

Nota 1: Los valores de  $K_v$  de esta Tabla se han obtenido para una altura del obstáculo  $h_2 = 0,50$  m. Para alturas inferiores, deberán calcularse los correspondientes valores mínimos de  $K_v$ .

Nota 2: Los valores de  $K_v$  en acuerdos cóncavos se han obtenido para condiciones nocturnas y alcance ilimitado de los faros del vehículo, por lo que dado el limitado alcance real de los mismos, la adopción de dichos valores de  $K_v$  no garantizará la visibilidad en horas nocturnas.

Figura 4.26 Parámetros mínimos de los acuerdos verticales para disponer de visibilidad de parada y de visibilidad de adelantamiento (Fuente: Norma 3.1-IC)

#### 4.5.4. Coordinación planta-alzado

Según lo especificado en la Norma 3.1-IC, los trazados en planta y alzado en una carretera deberán estar coordinados de forma que el usuario pueda circular por ella de manera cómoda y segura. Este apartado es muy relevante a la hora de conseguir la seguridad y comodidad requeridas en la construcción de la nueva carretera. Se debe tener en cuenta desde la coordinación de las curvas en planta con los acuerdos verticales hasta los puntos bajos de desagüe de aguas.

En definitiva, todos los elementos de la carretera deberán cumplir con el reglamento de trazado de carreteras. Además, se trata de evitar las siguientes situaciones donde puede afectar la percepción del conductor:

- Pérdidas de trazado
- Pérdida de orientación
- Pérdida dinámica

Para conseguir una adecuada coordinación del trazado, en toda clase de carretera, se tendrán en cuenta las siguientes condiciones:

1. Los puntos de tangencia de todo acuerdo vertical, en coincidencia con una curva circular, estarán situados dentro de la clotoide en planta y lo más alejados del punto de radio infinito.
2. En carreteras con velocidad de proyecto mayor o igual a los 60 km/h y en carreteras de características reducidas, se cumplirá siempre que sea posible que:

$$K_v = \frac{100 \times R}{P}$$

Donde:

- $K_v$  = Parámetro del acuerdo vertical en metros (m).
- $R$  = Radio de la curva circular en planta (m).
- $P$  = Peralte correspondiente a la curva circular (%).

Si no fuese así, el cociente  $\frac{K_v}{R}$  será mayor o igual que seis ( $\geq 6$ ), siendo  $K_v$  el parámetro de la curva de acuerdo vertical (m),  $R$  el radio de la curva circular en planta en metros (m), y  $p$  el peralte correspondiente a la curva circular en tanto por ciento (%).

Asimismo, es muy importante conseguir que los puntos de tangencia de los acuerdos verticales queden dentro de las clotoides en planta. A continuación, se muestra gráficamente las coordinaciones realizadas entre la planta y el alzado al momento del diseño del trazado.

### ➤ Curva 1

En la primer curva se puede observar que el primer acuerdo vertical coincide en recta y en curva con sus puntos de tangencia; por lo que, se ha tratado de que el vértice del acuerdo vertical se sitúe en el medio de modo que los puntos de tangencia queden en las clotoides correspondientes de la curva. De esta manera se consigue una coordinación completa en dicha curva.

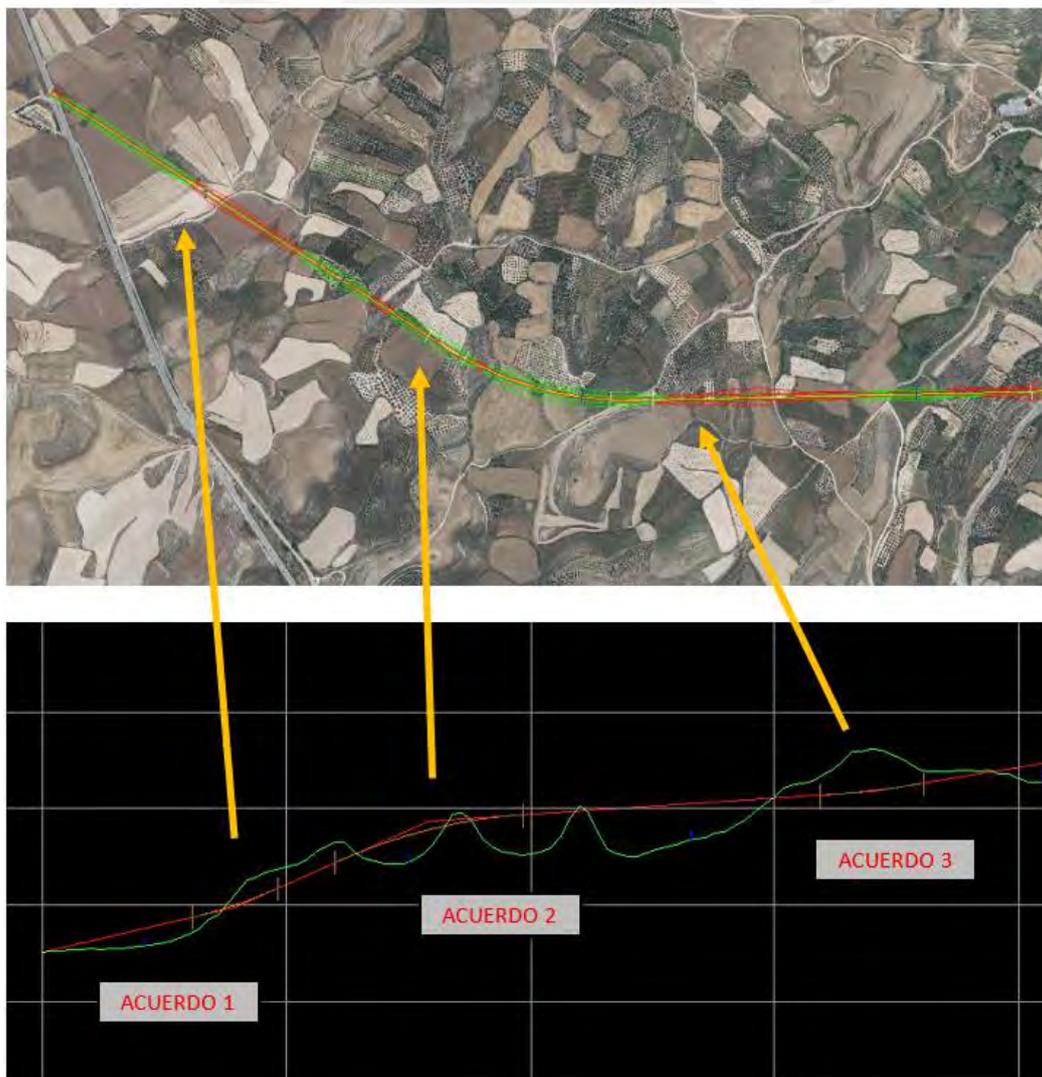


Figura 4.27 Coordinación Planta-Alzado (Fuente: propia)

➤ **Curva 2, 3 y 4**

En este caso, los puntos de tangencia del cuarto acuerdo coinciden con una clotoide de la curva 2; además, al ser un punto medio anguloso, por la orografía de la zona, se tiene que prever que habrá una cierta distancia que exista pérdida de visibilidad para el conductor, por lo que se tendrá que señalar este tramo para informar de esa curva. En el caso de los acuerdos verticales 5 y 6, sus puntos de tangencia de cada uno coinciden con las clotoides de la curva 3, aunque hubiera sido ideal que los puntos de tangencia de cada acuerdo vertical coincidieran con las clotoides de la curva 3, en este caso al ser la curva de gran radio, por ende, de gran recorrido, se necesitaron dos acuerdos verticales para que no haya problemas de visibilidad. Por último, para el acuerdo vertical 7, este coincide con la clotoide de la curva 4, por lo que no habrá problemas de visibilidad.



Figura 4.28 Coordinación Planta-Alzado (Fuente: propia)

➤ **Curva 5, 6 y 7**

Se puede observar que el octavo acuerdo coincide con una recta en planta como también sus puntos de tangencia, por lo que el acuerdo 9 y 10 se encuentra en las clotoides de la curva 6, al ser este de un gran radio y largo recorrido, fue necesario localizar en cada uno de sus clotoides un acuerdo de modo que no haya problemas de visibilidad. Además, cabe mencionar que el vértice del acuerdo 10 es un punto anguloso, por lo que puede causar problemas de visibilidad como se mencionó para el acuerdo 4; aun así, en este tramo se tiene previsto la construcción de un viaducto, por lo que su estudio más exhaustivo se tendría que ver reflejado en el desarrollo de dicho proyecto. Por último, en la curva 7 se puede observar que los puntos de tangencia del acuerdo vertical 11 coinciden con las clotoides de esta.



**Figura 4.29 Coordinación Planta-Alzado (Fuente: propia)**

#### **4.5.5. Visibilidad de parada y adelantamiento**

##### **4.5.5.1. Visibilidad de parada**

El programa utilizado (CLIP) permite realizar automáticamente un estudio de la visibilidad de parada del trazado estableciendo parámetros como distancia de despeje, altura del objeto, distancia al borde de la calzada, altura del observador, estaciones inicial/final y distancia mínima de cálculo. Tanto el estudio de visibilidad como el de adelantamiento se han de realizar en ambos sentidos (creciente y decreciente) puesto que las condiciones de visibilidad en uno y otro pueden variar.

Por un lado, en el caso de la visibilidad de parada del sentido creciente, empezando en el P.K. 0+000 y finalizando en el P.K. 9+085,353, no existen problemas de visibilidad. Por otro lado, en el caso de la visibilidad en el sentido decreciente, es decir, desde el final del trazado en el P.K. 9+0852,253 hasta el P.K. 0+000, tampoco existen problemas de visibilidad. En el Anexo N°6 se adjuntan los listados de visibilidad en ambos sentidos en la tabla extraída del programa CLIP.

##### **4.5.5.2. Visibilidad de adelantamiento**

En cuanto a la visibilidad de adelantamiento, se aplicará la misma metodología que en la visibilidad de parada; en este caso, la distancia que existe entre el borde de la calzada y el observador se aumenta en 5 metros, esto es porque se considera que el vehículo se encuentra en el carril contiguo realizando el adelantamiento. De la misma manera que en la visibilidad de parada, se tomarán datos en los dos sentidos (sentido creciente y decreciente), obteniéndose resultados satisfactorios en ambos. En el Anexo N°6 se adjuntan los listados de visibilidad de adelantamiento en ambos sentidos extraídos del programa CLIP.

#### **4.5.6. Sección transversal**

La sección transversal en el diseño de carreteras está fuertemente condicionada por el tipo que se haya escogido y su velocidad de proyecto. En el caso de la variante de la N-122, estamos ante una carretera convencional de velocidad de proyecto 90 km/h. La norma 3.1-IC especifica valores mínimos a cumplir en la sección transversal, en la siguiente tabla se remarca los correspondientes a la carretera del proyecto. Las características del perfil transversal de la carretera serán:

- Número de carriles: 1 por sentido.
- Ancho de carril: 3.50 metros.
- Ancho de arcén: 1.50 metros.
- Ancho de bermas: 1.00 metros.
- Nivel de servicio mínimo en la hora proyecto del año horizonte: D

CLASE DE CARRETERA	VELOCIDAD DE PROYECTO ( $V_p$ ) (km/h)	ANCHO (m)				NIVEL DE SERVICIO MÍNIMO EN LA HORA DE PROYECTO DEL AÑO HORIZONTE
		CARRILES	ARCENES		BERMAS (MÍNIMO)	
			INTERIOR / IZQUIERDO	EXTERIOR / DERECHO		
Autopista y autovía	140, 130 y 120	3,50	1,00 / 1,50	2,50	1,00	C
	110 y 100	3,50	1,00 / 1,50	2,50	1,00	D
	90 y 80	3,50	1,00	2,50	1,00	D
Carretera multicarril	100	3,50	1,00 / 1,50	2,50	1,00	D
	90 y 80	3,50	1,00	2,50	1,00	D
	70 y 60	3,50	0,50 / 1,00	1,50 / 2,50	1,00	E
	50 y 40	3,25 a 3,50	0,50 / 1,00	1,00 / 1,50	0,50	E
Carretera convencional	100	3,50	2,50		1,00	D
	90 y 80	3,50	1,50		1,00	D
	70 y 60	3,50	1,00 / 1,50		0,75	E
	50 y 40	3,00 a 3,50	0,50 / 1,00		0,50	E
Vía colectora - distribuidora y ramal de enlace de sentido único	100	3,50	1,50	2,50	1,00	D
	90 y 80	3,50	1,00 / 1,50	2,50	1,00	D
	70 y 60	3,50	1,00 / 1,50	2,50	1,00	E
	50 y 40	3,50	0,50 / 1,00	1,50 / 2,50	1,00	E
Ramal de enlace de doble sentido	100	3,50	2,50		1,00	D
	90 y 80	3,50	2,50		1,00	D
	70 y 60	3,50	2,50		1,00	E
	50 y 40	3,50	1,50 / 2,50		1,00	E
Vía de servicio de sentido único	90 y 80	3,50	1,00	1,50	1,00	D
	70 y 60	3,50	1,00	1,00 / 1,50	0,75	E
	50 y 40	3,00 a 3,50	0,50 / 1,00	1,00	0,50	E
Vía de servicio de doble sentido	90 y 80	3,50	1,50		1,00	D
	70 y 60	3,50	1,00 / 1,50		0,75	E
	50 y 40	3,00 a 3,50	0,50 / 1,00		0,50	E

Si los ramales de enlace, los ramales de transferencia, las vías colectoras - distribuidoras, las vías de servicio y las vías laterales solo tuviesen un carril su ancho será de cuatro metros (4,00 m) y, en curvas, tres metros y cincuenta centímetros (3,50 m) más el sobreaño correspondiente (epígrafe 7.3.5) con un valor mínimo de cuatro metros ( $\geq 4,00$  m).

Figura 4.30 Dimensiones de la sección transversal (Fuente: Norma 3.1-IC)

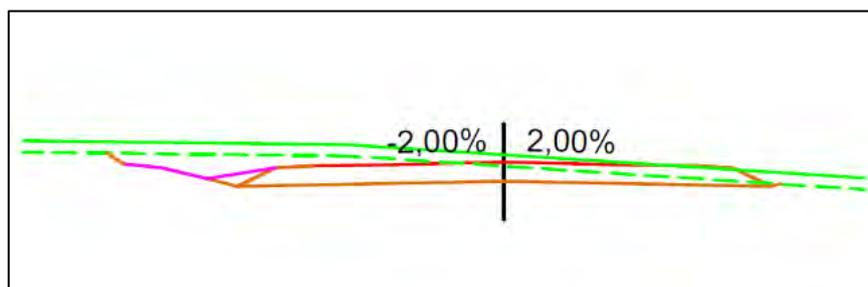


Figura 4.31 Sección tipo a media ladera en programa CLIP (Fuente: propia)

#### 4.5.7. Descripción del trazado

Una vez realizado el diseño geométrico del trazado y corroborando la información con la visita de campo, se hará el recorrido de la traza por tramos para visualizar con más detalle los puntos clave de la alternativa seleccionada:

➤ **P.K. 0+000 a P.K. 1+720**

En la fotografía 4.4 se observa el punto de origen de la carretera a proyectarse en la N-122. La variante comienza en el P.K. 81+100 justo en la intersección entre la N-122 y la entrada a una zona privada dedicada a la agricultura. El trazado empieza con una alineación recta inclinada en forma de “Y”, como se puede observar en la figura 4.32; sigue su camino recto que va cruzando diferentes zonas de cultivos forrajeros, con presencia de matorrales en algunas de ellas y también de pastizales estacionales secos. Una vez que la variante deja atrás su alineación recta inicial, comienza una alineación curva con sus respectivas clotoides, posteriormente sigue una alineación recta cruzando algunas zonas con presencia de agricultura de secanos.



Fotografía 4.4 Punto de inicio de la variante (Fuente: propia)



Fotografía 4.5 Localizando puntos importantes del trazado en la visita de campo (Fuente: propia)



Figura 4.32 Primer tramo de la variante (Fuente: propia)

➤ **P.K. 1+720 a P.K. 3+558**

Terminando la alineación recta, se encuentra una intersección con la carretera municipal CV-678bis con dirección a la población de Grisel; específicamente la alineación circula a unos 590 metros de la entrada de dicha población que se encuentra del lado izquierdo de la carretera. Pasada la intersección existe una alineación curva con sus clotoides y seguidamente una recta que continua por la zona noroeste. Todo este terreno, al igual que el anterior, por el cual discurre el trazado es seco con presencia de matorrales y agricultura de secanos con presencia de pastizales secos.



Fotografía 4.6 Carretera CV-678bis dirección a Grisel (Fuente: propia)



Figura 4.33 Segundo tramo de la variante (Fuente: propia)

➤ **P.K. 3+558 a P.K. 4+893**

Después del tramo recto sigue una alineación curva de un radio de 705 m y continua con una alineación recta que posteriormente se cruza con la carretera autonómica SO-382 que va con dirección a la población Santa Cruz del Moncayo. El trazado de la nueva carretera discurre a unos 1200 metros de la población que se encuentra del lado izquierdo. A partir de aquí el terreno se vuelve más ondulado, empezando por unas lomas y después volviéndose en colinas, haciendo que la carretera empiece a ascender en cota.



Fotografía 4.7 Entrada Santa Cruz del Moncayo (Fuente: propia)



Figura 4.34 Tercer tramo de la variante (Fuente: propia)

➤ **P.K. 4+893 a P.K. 7+126**

Después de la alineación recta anterior, continua con una curva en dirección oeste, siguiendo con una alineación recta se encuentra con un viaducto de unos 90 m por donde discurre una acequia que alimenta los cultivos que están a pie del cauce del río Queiles. Toda esta zona, debido al microclima que genera la presencia del río Queiles, se pueden encontrar bosques de Quercos y presencia de vegetación, el terreno es más ondulado con depresiones considerables,

por lo que más adelante es necesario la construcción de otro viaducto de unos 70 m por donde discurre otra acequia que va a los cultivos que hay a pie de vaguada.



Fotografía 4.8 Localización de servicios afectados (Fuente: propia)



Figura 4.35 Cuarto tramo de la variante (Fuente: propia)

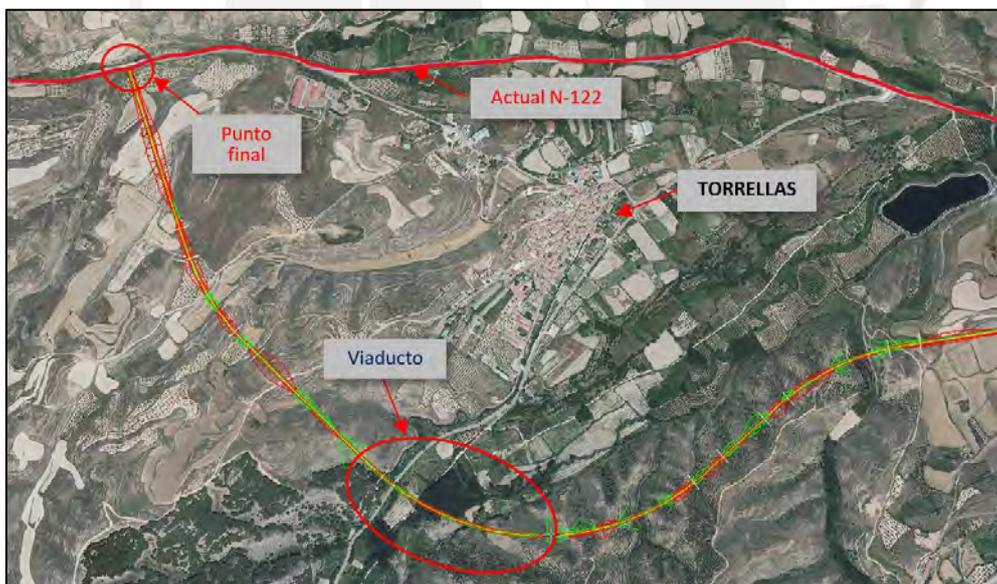
➤ **P.K. 7+126 a P.K. 9+085**

Para volver a unirse a la carretera nacional N-122 es necesario sobrepasar el río Queiles que, aunque no pase mucho cauce por este, esta zona es una vaguada que en su parte inferior tiene presencia de vegetación, lo que lo hace un pequeño valle con una depresión considerable. En esa alineación curva se plantea la construcción de un viaducto de unos 620 m, con esta infraestructura se estaría sobrepasando el río Queiles y la carretera local CV-639 que discurre

paralelamente al cauce del río. Asimismo, al lado derecho de la alineación se encuentra la población de Torrellas, precisamente a unos 700 metros de la población. En el último tramo de la variante se conecta perpendicularmente con la N-122 con una alineación recta.



**Fotografía 4.9 Localización del viaducto en la visita de campo (Fuente: propia)**



**Figura 4.36 Quinto tramo de la variante (Fuente: propia)**

#### **4.5.8. Presencia y reposición de caminos de servicio.**

En el mismo Anexo también se detallan y se especifican todos los caminos de servicio que son atravesados por la nueva variante, asimismo se explica cómo se actuará para su posterior reposición.

#### ***4.5.9. Coordinación con los tramos contiguos (punto de origen y final) e intersección con las carreteras existentes***

En el Anexo, se expone a detalle y de forma esquematizada la infraestructura vial necesaria en cuatro puntos específicos: el inicio y final de la variante, la intersección con la carretera SO-382 y la intersección con la carretera CV-678 bis.

#### ***4.5.10. Infraestructuras adicional necesaria***

La variante de la N-122 contará con varias estructuras de gran importancia y que serán necesarias, para salvar las ramblas en el último tramo de la carretera será necesario construir 2 viaductos medianos de unos 70 y 90 metros de longitud. Asimismo, para salvar el río Queiles, será necesario construir un viaducto grande de unos 620 m de longitud, pues a su vez pasará por encima de la carretera CV-639 con dirección a Torellas. En el correspondiente Anexo se explica más a detalle las características de estas infraestructuras.

### **4.6. Tráfico, demanda y firme**

En esta sección se estudia una estimación del tráfico que soportará la carretera a proyectar en la zona de la comarca de Tarazona y el Moncayo para dos situaciones: se analiza para el estado actual de la carretera y a lo largo de toda su vida útil hasta un año horizonte (20 años después de terminar la construcción de esta). Una vez obtenida la información, se procede al dimensionamiento del firme en función de los tráfico que se deberán absorber de la actual travesía. El estudio detallado se aprecia en el Anexo N°7, en las siguientes líneas se exponen los resultados obtenidos de este.

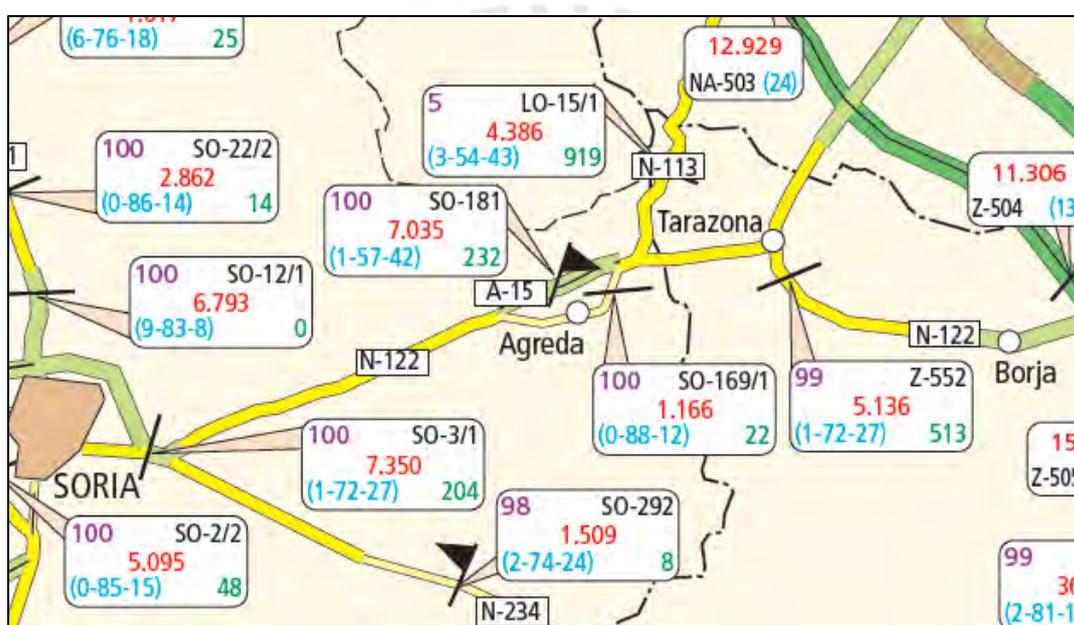
#### ***4.6.1. Tráfico actual***

El objeto de este apartado será conocer la intensidad en la carretera N-122 con el fin de poder estimar el número de vehículos que discurrirán por la variante a proyectar. Se toman como datos los correspondientes a las diferentes estaciones de aforo dispuestas por el Ministerio de

Fomento a lo largo de la N-122 en el tramo de interés para el proyecto. En concreto para nuestro proyecto encontramos cinco estaciones de interés:

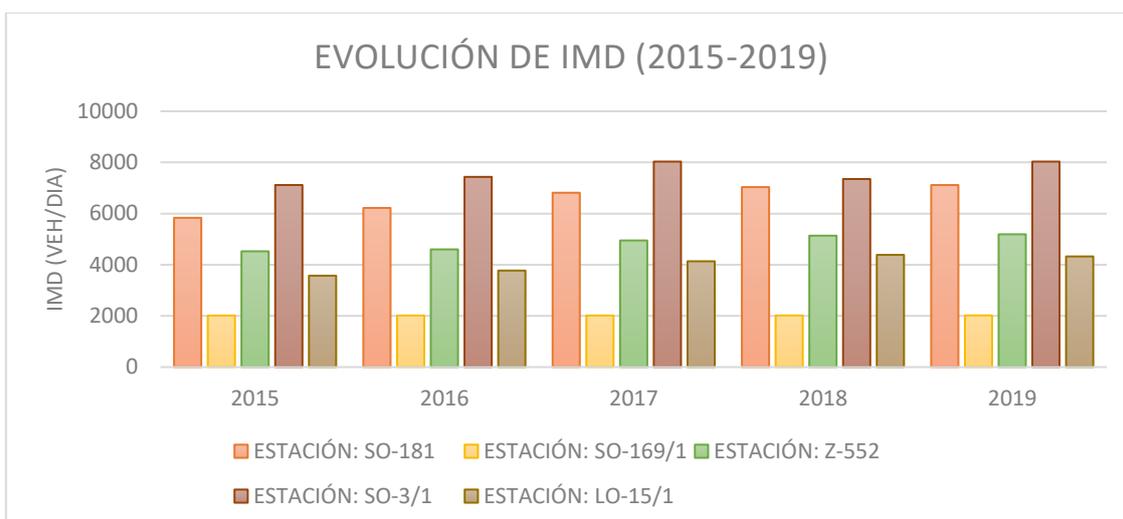
**Tabla 4.24 Estaciones de aforo a lo largo de la N-122 (Fuente: propia)**

ESTACIÓN	CARRETERA	PK	AÑO 2019		
			IMD (veh/día)	%PESADOS	CREC. % 19/18
SO-181	A-15	103+370	7115	42	1,1
SO-169/1	N-122	101+520	1166	12	1
Z-552	N-122	81+200	5190	27	1,1
SO-3/1	SO-20	21+960	8032	22	11,4
LO-15/1	N-113	65+950	4324	41	4,5

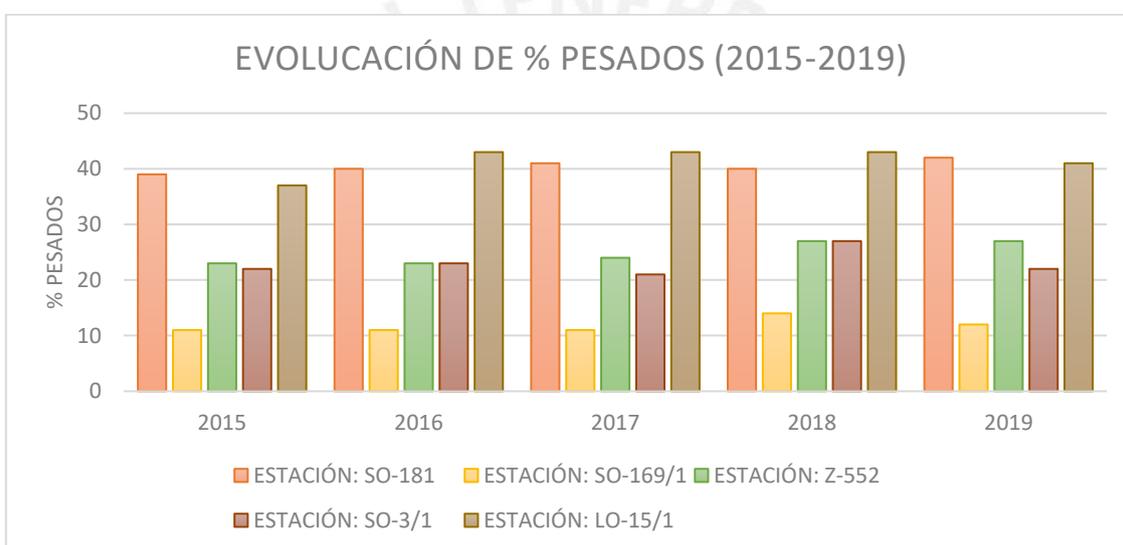


**Figura 4.37 Mapa de tráfico año 2018 (Fuente: MITMA)**

Por otro lado, para poder realizar un buen estudio de tráfico, se tendrán que estimar y estudiar los tráficos futuros atendiendo a determinadas tasas de crecimiento y otros factores influyentes. Se han obtenido diferentes tablas para cada carretera con su evolución a lo largo del tiempo. A partir de ella se ha podido estimar la proyección de la intensidad media diaria para cada estación de aforo, como se puede apreciar en las siguientes gráficas de la evolución del 2015-2019. En los gráficos 4.6 y 4.7 claramente se aprecia que la tendencia es que aumentó el flujo vehicular a lo largo de los años. En el Anexo N°7 se muestran las tablas completas con el porcentaje de variación por año para cada estación de aforo, se obtiene la siguiente evolución:



**Gráfico 4.6 Evolución tráfico 2015-2019 (Fuente: propia)**



**Gráfico 4.7 Evolución tráfico pesado 2015-2019 (Fuente: propia)**

#### **4.6.2. Tráfico futuro**

Partiendo de los datos obtenidos del tráfico actual, para poder estimar la evolución futura en los próximos años, será necesario destacar:

- La construcción de la nueva carretera supondrá un total de 2 años, el proyecto se sacará a licitación y se plantea que para el año 2022 empiecen las obras, por lo que la puesta en servicio sucederá en el año 2025.
- El tráfico estudiado estará comprendido entre su puesta en servicio en 2025 hasta veinte años después en 2045.

- Se hará la suposición de que el porcentaje de vehículos pesados permanecerá constante a lo largo de los años con un valor de 28%, este valor se obtuvo observando la tendencia antes analizada de los aforos más representativos.
- En cuanto a la tasa de crecimiento fijada, se seguirá la recomendación de la Orden de Eficiencia del Ministerio de Fomento que establece lo siguiente:

**Tabla 4.25 Incremento del tráfico según el periodo (Fuente: Norma 3.1-IC)**

<b>Período</b>	<b>Incremento anual acumulativo</b>
2010 - 2012	1,08 %
2013 - 2016	1,12 %
2017 en adelante	1,44 %

En este proyecto, puesto que el estudio lo haremos del 2025 en adelante, la tasa de crecimiento recomendada por dicha Orden es de 1,44%. Para poder reflejar y comprender mejor la evolución, se fijarán tres años clave a lo largo de los 25 años de estudio: el año de puesta en servicio (2025), el año 10 después de la puesta en servicio (2035) y el año 20 después de la puesta en servicio (año horizonte 2045). Cabe destacar que la forma de cálculo, el procedimiento y los resultados obtenidos de manera detallada se pueden encontrar en el Anexo N°7, en el apartado correspondiente. Se obtiene los siguientes resultados:

- Año 2025, puesta en servicio:
  - IMD: 6230 veh/día
  - IMDp: 1744 veh/día
- Año 2035, 10 años después de la puesta en servicio
  - IMD: 7187 veh/día
  - IMDp: 2012 veh/día
- Año 2045, 20 años después de la puesta en servicio
  - IMD: 8292 veh/día
  - IMDp: 2322 veh/día

#### 4.6.3. Estudio del nivel de servicio

Como ya se ha indicado anteriormente, la norma 3.1-IC establece que la carretera se dimensione de manera que, en el año 20, a partir de su puesta en servicio, se tenga un nivel de servicio determinado. Como se vio en la figura 4.30, para la velocidad de proyecto y el tipo de carretera, el nivel de servicio en la hora de proyecto del año horizonte debe ser tipo D.

Siguiendo las fórmulas y realizando los cálculos como indica el Manual de Capacidad de Carreteras del 2010 (Ensley, 2012) se obtienen valores de umbrales que con ver la tabla del HCM se puede saber el nivel de servicio para los años horizonte. El procedimiento del cálculo que se siguió según la HCM para obtener el nivel de servicio fue de dos formas: en función del porcentaje de tiempo siguiendo a otro vehículo y en función de la velocidad media ajustada en la dirección congestionada. En el Anexo N°7 se aprecia a detalle el cálculo del nivel de servicio de las dos maneras antes mencionadas. Finalmente, se obtiene el nivel de servicio de la nueva infraestructura: tipo D.

**Tabla 4.26 Nivel de servicio en función del porcentaje de tiempo siguiendo a otro vehículo (Fuente: propia)**

AÑO	PTS	Nivel de servicio
2025	69,39	C
2035	71,65	D
2045	73,14	D

**Tabla 4.27 Nivel de servicio en función de la velocidad media ajustada en la dirección congestionada (Fuente: propia)**

AÑO	VMa	Nivel de servicio
2025	67.04	D
2035	65.96	D
2045	65.55	D

#### **4.6.4. Dimensionamiento del firme**

Para un buen dimensionamiento del firme es necesario considerar las funciones y requerimientos que se le exigirán. En primer lugar, la capa de rodadura deberá ser cómoda, segura y de características permanentes bajo las cargas de tráfico a lo largo de un periodo suficientemente largo como para que se planteen actuaciones ocasionales de conservación. Además, se toma en cuenta que el firme será el encargado de resistir las sollicitaciones del tráfico y repartir todas las fuerzas verticales que recibe de manera que a la explanada le lleguen las menores posibles.

Para el dimensionamiento del firme se ha utilizado la Norma 6.1-IC y 6.2-IC sobre Firmes y Pavimentos que establece dos factores importantes para ello:

- a) Intensidad media diaria de vehículos pesados que se prevea para el carril de proyecto en el año de puesta en servicio.
- b) Categoría de la explanada E1, E2 o E3

Una vez obtenido el tráfico pesado existente (obtenido en apartados anteriores) y la categoría de explanada a utilizar (obtenida del estudio geotécnico), se procede al dimensionamiento de las capas superiores del firme.

##### *4.6.4.1. Categoría de tráfico pesado*

Sabiendo que la IMDp del año horizonte es de 1.744 veh/día y suponiendo que el reparto entre sentidos es de 60/40 (según normativa), la IMD que se utilizará para la determinación de las capas del firme será de 1.046 vehículos/día y, por tanto, observando la tabla de categorías de tráfico pesado que se muestra en la Norma 6.1-IC acerca de las categorías de tráfico, la variante tendrá que aguantar una categoría de tráfico T1.

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

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

TABLA 1.B. CATEGORÍAS DE TRÁFICO PESADO T3 Y T4

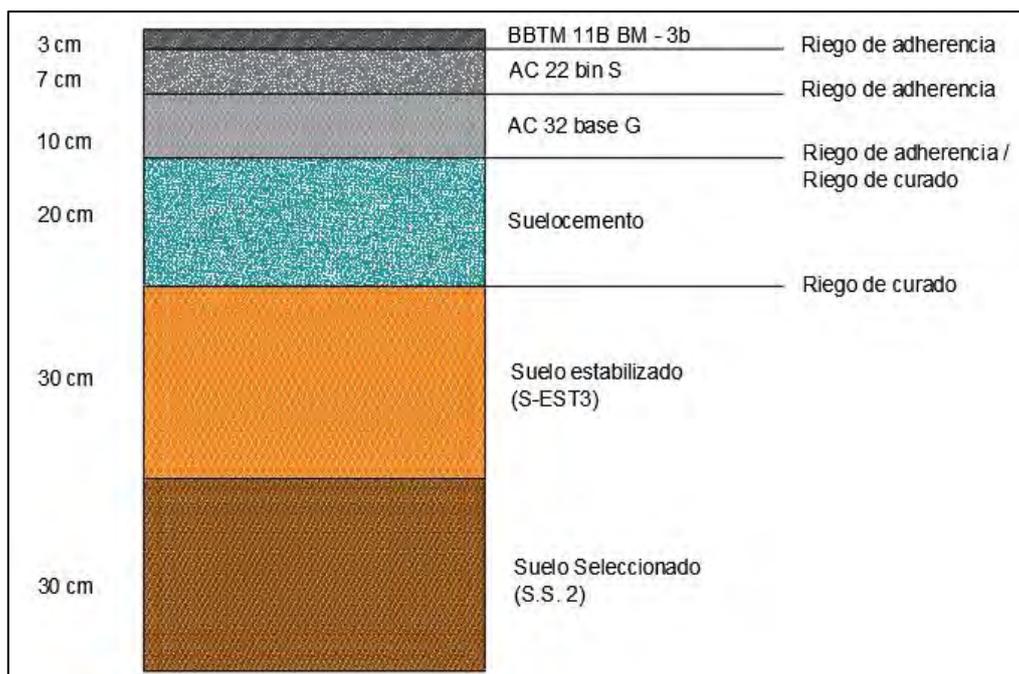
CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO	T31	T32	T41	T42
IMDp (vehículos pesados/día)	< 200 ≥ 100	< 100 ≥ 50	< 50 ≥ 25	< 25

Figura 4.38 Categorías de tráfico pesado (Fuente: Norma 3.1-IC)

#### 4.6.4.2. Elección del firme

Se procede a establecer una propuesta comparativa básica de firmes a efectos económicos según el paquete de firme de la norma 6.1-IC del Ministerio de Fomento; con una explanada E3 y tráfico T1 se pueden optar por las secciones 131, 132 o 134. En el Anexo N°7 tráfico y demanda. Firme, se muestra la comparativa completa y detallada de los costes del firme obtenidos en base a diferentes variables de coste como construcción, conservación ordinaria, residual, entre otros; así como también la justificación de por qué se optó por la sección 132 y sus características. Finalmente, por el emplazamiento de la carretera y dadas unas condiciones normales de circulación, se ha optado por seleccionar las siguientes capas de firme:

- Capa de rodadura: BBTM 11 BM – 3b con 3cm de espesor.
- Capa intermedia: AC 22 bin S con 7 cm de espesor.
- Capa base: AC 32 base G con 10 cm de espesor.
- Subbase: Suelo cemento con 20 cm de espesor.



**Figura 4.39 Sección del firme de la variante a proyectar (Fuente: propia)**

Asimismo, durante el dimensionamiento se tendrán en cuenta los riegos de adherencia y curado necesarios en su ejecución, así como también la estructura de capas del arcén que, puesto que no recibirá todo el tráfico, se suprimirá su capa base de mezcla bituminosa para continuar con la subbase de suelocemento hasta alcanzar la mezcla bituminosa de capa base. La sección del arcén se aprecia en el Anexo N°7.

#### **4.7. Movimiento de tierras**

En las obras lineales es importante el estudio del equilibrio de volúmenes de tierras de desmonte, terraplén y los desplazamientos de volúmenes de las zonas de suministros al emplazamiento del proyecto. En el Anexo N°8 de Movimiento de Tierras se muestran los listados de los movimientos de tierras totales para franjas que van cada 20 m en desmonte y terraplén, así como un estudio del diagramas de compensación de tierras en el que se representa los movimientos de masas desde su posición inicial en los desmontes hasta su posición final en el terraplén, de modo que se obtenga el menor número de viajes posibles. Para ello, previamente se realiza una compensación de masas a media ladera a fin de optimizar el material procedente

de los desmontes en los terraplenes más inmediatos del propio tramo. Asimismo, en el mismo anexo se presenta un análisis en el que se muestra la metodología seguida para el análisis y el desarrollo complementario.

#### **4.7.1. Zona de préstamos**

Como lugar de préstamo se utilizará la cantera de Bulbunte S.A situado en la localidad de Bulbunte, con una capacidad de 200.000 m<sup>3</sup>, que se encuentra a 13 km de la traza de nuestra obra, siendo esta la más conveniente por su cercanía. Aun así, se muestra a continuación las zonas de préstamo más cercanas a la zona del proyecto.

**Tabla 4.28 Zonas de préstamos y su distancia hacia la traza (Fuente: propia)**

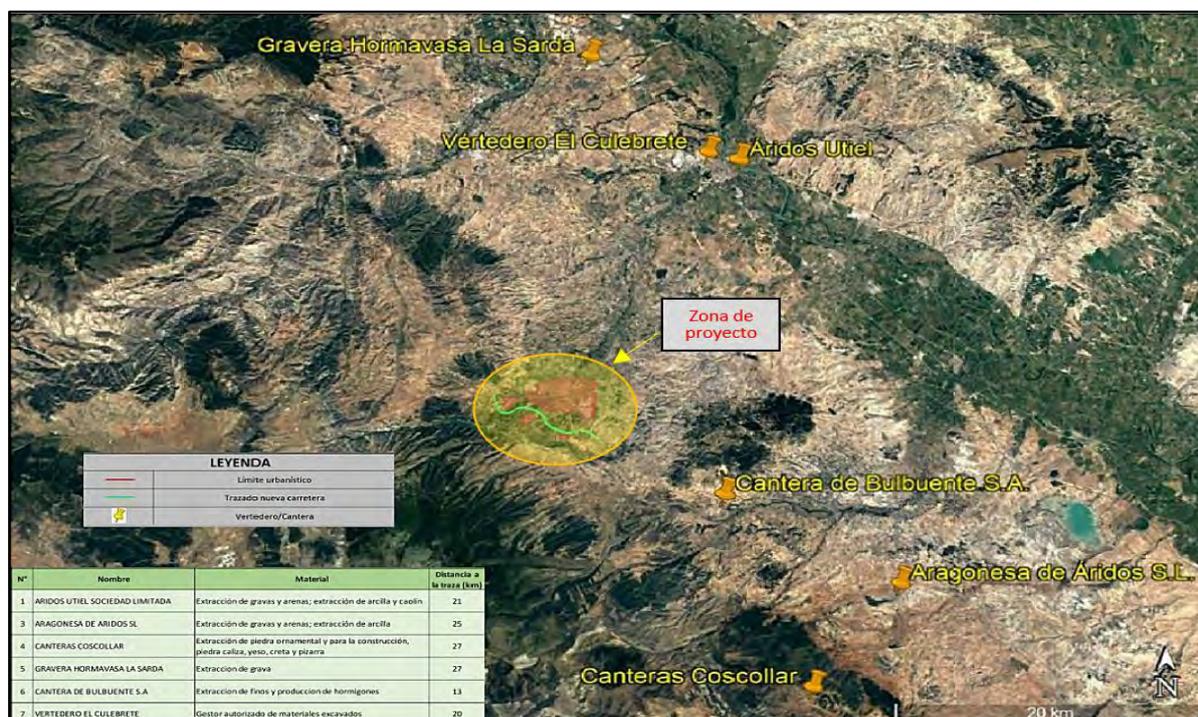
<b>N°</b>	<b>Nombre</b>	<b>Material</b>	<b>Distancia a la traza (km)</b>
1	ARIDOS UTIEL SOCIEDAD LIMITADA	Extracción de gravas y arenas; extracción de arcilla y caolín	21
2	ARAGONESA DE ARIDOS SL	Extracción de gravas y arenas; extracción de arcilla	25
3	CANTERAS COSCOLLAR	Extracción de piedra ornamental y para la construcción, piedra caliza, yeso, creta y pizarra	27
4	GRAVERA HORMAVASA LA SARDA	Extracción de grava	27
5	CANTERA DE BULBUENTE S.A.	Extracción de finos y producción de hormigones	13

#### **4.7.2. Zona de vertederos**

En el proyecto no es necesario el uso de vertederos, pues se utilizará todo el material que se extraiga de los desmontes en los terraplenes, además al ser este suelo clasificado como adecuado, es conveniente utilizar el mismo material. Aun así, el único lugar de vertido cercano a la traza está a una distancia de 20 km, lo cual, si se trasladase material, el coste aumentaría considerablemente. Se muestra un esquema de la localización de estos alrededor de la zona de proyecto en la figura 4.40.

**Tabla 4.29 Zona de vertederos y su distancia a la traza (Fuente: propia)**

N°	Nombre	Material	Distancia a la traza (km)
1	VERTEDERO EL CULEBRETE	Gestor autorizado de materiales excavados	20



**Figura 4.40 Esquema de zonas de préstamos y vertederos hacia la traza (Fuente: propia)**

#### 4.7.3. Distancias medias de transporte

En resumen, las distancias medias de transporte referentes a los movimientos de tierra del proyecto son los que se muestran en la tabla 4.30, los listados completos de los movimientos de compensación de tierras se muestran en el Anexo N°8 de Movimiento de tierras. En la figura 4.41 se muestra el diagrama de masas obtenido en el programa CLIP.

**Tabla 4.30 Distancia media de transporte (Fuente: propia)**

Distancia media de Transporte	2053 m
Distancia media Traza	1911 m
Distancia media Préstamo	13257 m
Distancia media Vertedero	0 m
Distancia media Acopio	0 m

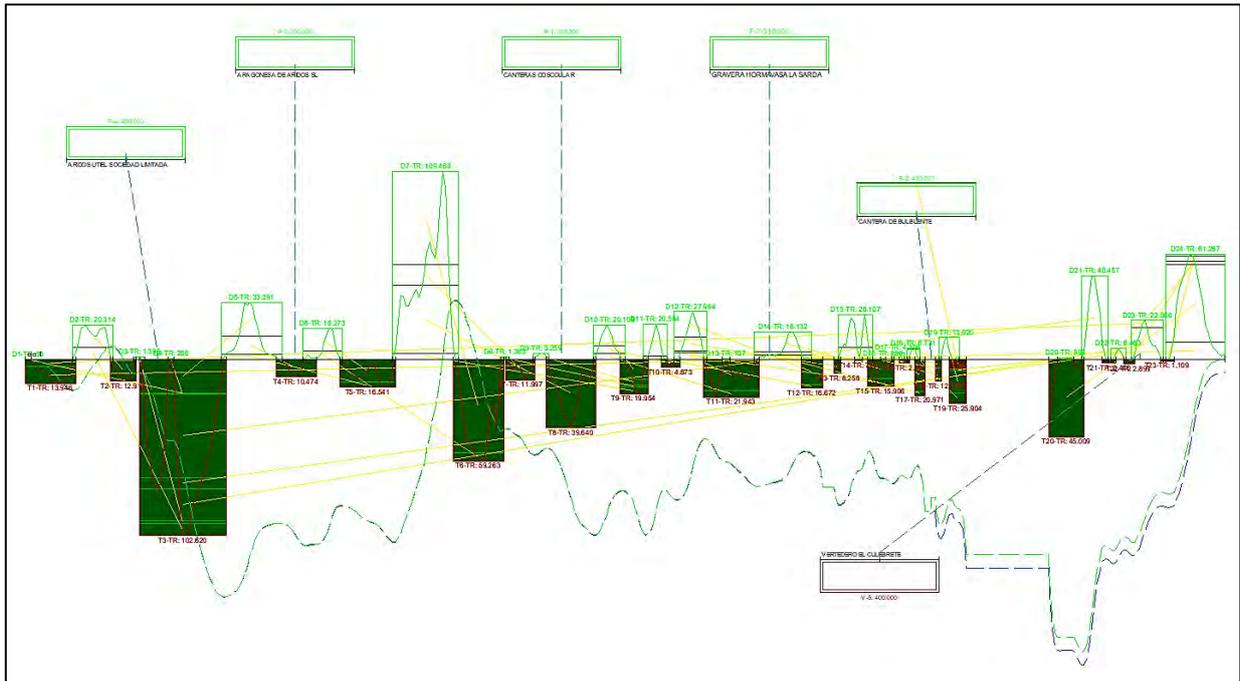


Figura 4.41 Diagrama de masas en programa CLIP (Fuente: propia)

#### 4.7.4. Balance de tierras

A pesar de que el volumen en desmote y terraplén se compensan uniformemente, es necesario hacer una buena distribución de la cantidad de suelo en desmote que se empleará en terraplén, de modo que se reutilice todo el material en lo posible; es decir, se tiene que ver si en el momento en el que se esté haciendo el relleno de terraplén se dispone de suficiente material de desmote; en resumen, se obtiene la tabla 4.31. Los listados completos del balance de tierras se muestran en el Anexo N°8.

Tabla 4.31 Balance de masas (Fuente: propia)

Estación inicial 0+000	Estación final 9+085	Longitud 9.085
Número de desmontes <b>24</b>	m <sup>3</sup> 463.409	
Número de terraplenes <b>23</b>	m <sup>3</sup> 469.191	

#### 4.8. Señalización y balizamiento

La señalización horizontal y vertical, el balizamiento y los sistemas de contención de vehículos son elementos necesarios para la correcta puesta en servicio de una carretera. Este apartado tiene por objeto el estudio de dichos elementos que se contemplan en el proyecto constructivo

según la normativa vigente para cada caso, con el fin de aumentar la seguridad, eficacia y comodidad en la circulación. Cabe destacar que toda la normativa y los criterios seguidos se explican a profundidad en el Anexo N°9.

#### ***4.8.1. Señalización horizontal***

Las señales horizontales más utilizadas a lo largo de toda la carretera son las expresadas de manera codificada según la Normativa vigente de Señalización para Carreteras 8.2-IC Marcas Viales, en el anexo se detalla y se explica las características de cada una de estas señales, así como también su esquema y cómo deberían plasmarse en el pavimento en término de medidas y colores.

- a) Marcas longitudinales discontinuas: M.-1.2 y M.- 1.9
- b) Marcas longitudinales continuas: M.-2.2, M.-2.6
- c) Marcas transversales continuas: M.-4.1
- d) Marcas transversales discontinuas: M.-4.2

Además de estas marcas, se utilizarán otras complementarias como la M.-5.1, M.-6.3 y M.-6.5.

#### ***4.8.2. Señalización vertical***

La señalización vertical comprende un conjunto de elementos destinados a informar y ordenar la circulación por las carreteras, persigue 3 objetivos básicos: aumentar la seguridad de la circulación, la eficacia de la circulación y facilitar la orientación de los conductores.

Para determinar las señales necesarias para la nueva variante, así como el punto de localización de cada una de ellas, se ha utilizado la Instrucción 8.1-IC Señalización Vertical, el catálogo de señales de circulación y las Ordenes Circulares 309/90 y la 251/75. Los tipo de señales que se utilizan son los siguientes:

➤ ADVERTENCIA DE PELIGRO (CLAVE P. 1-99)

La forma general de este tipo de señales es triangular, con fondo blanco y borde rojo. Son señales de indicación de peligro, advirtiendo la proximidad de intersecciones, semáforos, pasos a nivel y curvas peligrosas. Se designan por la letra “P” seguida de un número comprendido entre el 1 y 99.

➤ REGLAMENTACIÓN (CLAVE R. 1-500)

Estas señales serán del mismo tamaño que las de tipo P de advertencia. Son señales que, a su vez, se dividen en:

- Prohibitivas: Círculo con fondo blanco y borde rojo
- Obligatorias: Círculo con fondo azul
- De prioridad: Octógono rojo para STOP y triángulo invertido para el CEDA EL PASO.

➤ SEÑALES DE INDICACIÓN (S. 1-899)

Estas señales son generalmente rectangulares con el fondo blanco y apuntados en un extremo. Son las encargadas de advertir sobre indicaciones generales como señalización de carriles, señales de servicio, señales de orientación, pre-señalización, identificación de carreteras, confirmar localización, uso específico en poblado y paneles complementarios.

➤ CARTELES DE ORIENTACIÓN

Con los carteles de orientación se pretende desviar los vehículos que circulen a través de la población de Tarazona, asimismo indicar qué salidas y precauciones deben tomar para dirigirse a estas. Por este motivo, se describen en este apartado los carteles de orientación a utilizarse, pues concretamente la carretera cruzará a lo largo de todo su recorrido con 2 carreteras a las

que se podrá acceder a los poblados de Grisel y Santa Cruz del Moncayo. Los puntos kilométricos de cruce con estas carreteras son resueltos mediante cruces a nivel y glorietas.

**Tabla 4.32 Puntos kilométricos de cruce con otras carreteras (Fuente: propia)**

<b>PUNTO DE INICIO</b>	N-122 (acceso sur)
<b>CV-678 bis</b>	P.K. 2+333
<b>SO-382</b>	P.K. 4+662
<b>PUNTO DE FIN</b>	N-122 (acceso oeste)

Un ejemplo de la implementación de estas señales de orientación a lo largo de la carretera podría ser la que se muestra en la figura 4.42, este tipo de carteles estarán esquematizadas y definidas con más detalle, en lo que respecta a su ubicación, en el Anexo N°9.



**Figura 4.42 Señal de orientación en intersección (Fuente: propia)**

#### **4.8.3. Balizamiento**

Se pretende definir la forma y la situación de todos los elementos necesarios para encauzar el tráfico por el trazado previsto mediante una serie de dispositivos reflectantes que orienten y canalicen las trayectorias de los vehículos, especialmente cuando las condiciones de visibilidad resultan más adversas (periodos nocturnos o climatología extrema).

Por un lado, las funciones y el cómo se implementarán estos elementos a lo largo de la variante se explican en el Anexo N°9, así como también se presenta un breve estudio de seguridad vial.

Por otro lado, sus dimensiones se van a exponer en detalle en los correspondientes planos de detalle de señalización y balizamiento en el Anexo Planos. Cabe destacar que las funciones y

las características de cada elemento de baliza fueron extraídos de sus respectivas normativas.

Los elementos más significativos que se abordan serán:

- Hitos de Aristas
- Hitos kilométricos
- Captafaros
- Paneles direccionales

#### ***4.8.4. Barreras de seguridad***

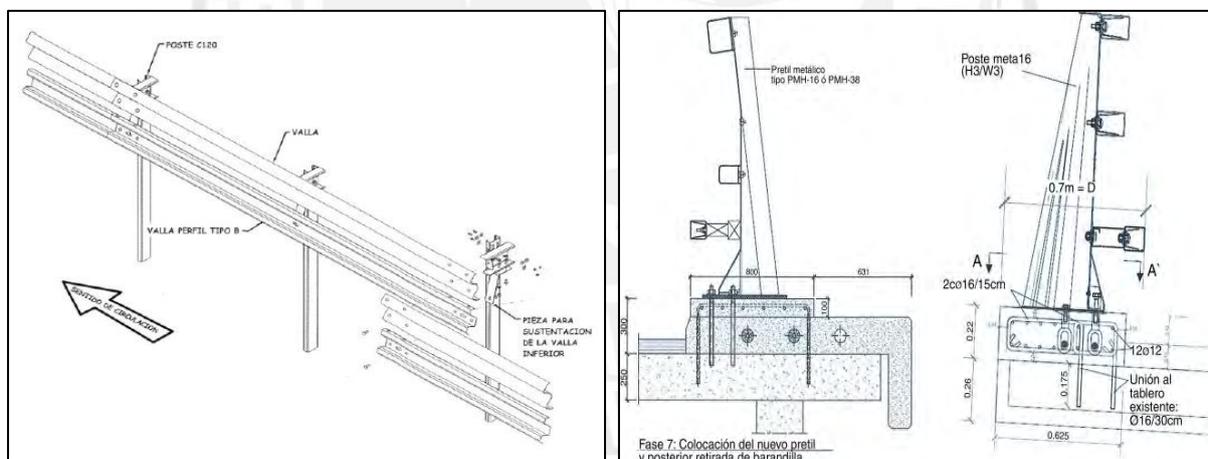
En el caso del proyecto, se dispondrán dos tipos de sistemas de contención: barreras metálicas de seguridad dispuestas en los bordes de la carretera y pretilas dispuestas en viaductos y obras de paso. Las barreras de seguridad se han proyectado en base a la Orden Circular 35/2014 sobre criterios de aplicación de sistemas de contención de vehículos.

Es importante recalcar que cuando el vehículo impacta con un obstáculo cualquiera se produce una deceleración que afecta a este y a sus ocupantes, para que dichos pasajeros no sufran daños graves es preciso que dicha deceleración no sobrepase ciertos valores. Estos valores se cifran en 10g durante un período máximo de 50 milisegundos o 4g para un período de tiempo mayor. Según la orden circular, la barrera de seguridad cumplirá con su función si los vehículos que choquen con ella no se produzcan deceleraciones superiores a las anteriormente indicadas.

Los criterios seguidos para la implementación y ubicación de las barreras se pueden apreciar en el Anexo N°9. A lo largo de la carretera se encuentran dos situaciones en las que predominan el uso de este tipo de barreras de seguridad:

- Sección en terraplén: El índice de peligrosidad de un terraplén depende de su altura y de la pendiente que tenga su talud (1.5H:1V). De este modo, se proyectarán barreras de seguridad siempre que la altura del terraplén sea superior a 3 m, de acuerdo con la OC-35/2014.
- Secciones con obstáculos cercanos: Cuando existan obstáculos cerca de la calzada de la nueva carretera proyectada, se colocará una barrera de seguridad.

Habiendo estudiado la longitud total de barrera de seguridad a disponer, se debe analizar el modelo de barrera a colocar atendiendo al Catálogo de Sistemas de Contención recogido en la Orden Circular 35/2014. Se ha decidido disponer la barrera metálica BMSNA2/120<sup>a</sup>, mientras que en los pretiles que se dispondrán a lo largo de la carretera serán del tipo PMC, dicho pretil será utilizado en los viaductos. Las características de estos elementos de contención se detallan en el anexo antes mencionado y sus dimensiones se muestran en el Anexo N°11 Planos.



**Figura 4.43 Bionda (izquierda) y pretil (derecha) (Fuente: Orden Circular 18/2004)**

Por tanto, en la siguiente tabla se muestran los puntos kilométricos y la longitud de las barreras de seguridad metálicas seleccionadas para disponer en la carretera:

**Tabla 4.33 Tipos de barreras de seguridad con su longitud en puntos kilométricos de la variante (Fuente: propia)**

TIPO DE MEDIDA	MODELO	P.K.	LONGITUD (m)
Pretil	PMC	6+040 - 6+130	90
Pretil	PMC	6+820 - 6+890	70
Pretil	PMC	7+130 - 7+750	620
Bionda	BMSNA2/120a	0+650 - 0+820	170
Bionda	BMSNA2/120a	0+880 - 1+080	200
Bionda	BMSNA2/120a	1+110 - 1+460	350
Bionda	BMSNA2/120a	2+450 - 2+770	320
Bionda	BMSNA2/120a	3+250 - 3+590	340
Bionda	BMSNA2/120a	3+650 - 3+840	190
Bionda	BMSNA2/120a	3+950 - 4+300	350
Bionda	BMSNA2/120a	4+530 - 4+690	160
Bionda	BMSNA2/120a	4+850 - 4+940	90
Bionda	BMSNA2/120a	5+350 - 5+530	180
Bionda	BMSNA2/120a	5+930 - 6+040	110
Bionda	BMSNA2/120a	6+390 - 6+480	90
Bionda	BMSNA2/120a	6+770 - 6+800	30
Bionda	BMSNA2/120a	7+090 - 7+140	50
Bionda	BMSNA2/120a	7+730 - 7+820	90
Bionda	BMSNA2/120a	7+930 - 8+000	70



## 5. Capítulo V: Conclusiones y recomendaciones

### 5.1. Conclusiones

Las conclusiones que se pueden extraer de la realización del Proyecto Constructivo se describen a continuación:

- A pesar de que en este Proyecto Constructivo no se contaba con un Estudio Previo de Soluciones en su totalidad, lo cual en un proyecto real sería lo primero que se tendría que hacer en caso no se cuente con uno, sí se contemplaron tres alternativas para la realización de este proyecto. En los diferentes apartados abordados anteriormente solo se hace énfasis en la solución seleccionada; sin embargo, en los anexos previos sí se abarca la zona donde se contemplarían las alternativas y en el anexo de trazado sí se hace el análisis para cada una. Además, cabe mencionar que la selección de la alternativa final se realizó mediante criterios sociales, medioambientales, económicos y funcionales.
- La realización de los anexos previos al cálculo (Del N°1 al N°4 y parte del N°5) del Proyecto Constructivo permitieron que posteriormente exista el diseño que pueda superar los condicionantes que se presentaron. De este modo, el trazado de la carretera satisface los requerimientos de la Dirección General de Tráfico y del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana durante la construcción de la variante.
- El estudio de los condicionantes para poder desarrollar el Proyecto Constructivo es muy importante pues te brinda información de los lugares convenientes por donde debe ir el trazado de la carretera en el momento del diseño de la misma, pues algunas zonas pueden tener restricciones constructivas o limitaciones en las expropiaciones, ya sea porque es una zona protegida o un parque natural.

- Obtener la cartografía de los Modelos Digitales del Terreno (MDT) proporcionada por el Instituto Geográfico Nacional de España resultó de gran ayuda para trabajar el diseño del trazado de la carretera teniendo una buena precisión para la realización de este proyecto, aunque en un proyecto real se tendría que realizar un levantamiento topográfico mediante drones o vuelo para una mayor ajuste.
- Con el estudio geotécnico se obtiene que el suelo de la zona del proyecto es caracterizado como adecuado para la construcción, se tiene presencia de material fino como arcillas y limos, rocas sedimentarias como la caliza y las margas, y conglomerados arenicosos, también se puede encontrar cierta presencia de sales solubles y yesos, pero en general no resultaría una dificultad para construir la variante. Asimismo, en el estudio geotécnico con la información recopilada de los resultados de los respectivos ensayos y siguiendo la clasificación del PG.3, las unidades geológicas por donde discurre la traza son catalogadas como tolerable-adecuada. Con estos resultados se decide que la categoría de la explanación que se obtiene es del tipo E3.
- Utilizar el mismo talud tanto para los desmontes y terraplenes hace que no se encarezca la compensación de tierras a lo largo del trazado, pues un talud demasiado tendido genera un déficit de tierras en los terraplenes, y un talud muy empinado puede provocar que se produzcan deslizamientos a posteriori en los desmontes; por lo tanto, y según las características del suelo, utilizar un talud 1.5H/1V en ambos resulta lo más adecuado, sin generar ninguna complicación en la estructura del suelo o la disposición de yacimientos o canteras para la compensación de tierras.
- El clima de la zona del proyecto es cálido, no presenta estaciones secas, pero sí es considerado como una zona árida con poca vegetación. Los niveles de precipitación no son nada despreciables, por lo que mediante la delimitación de las cuencas se obtienen 15 flujos drenantes y así se tiene 15 ODT's a lo largo del trazado. Además, con el

cálculo de caudales para el periodo de retorno crítico, una ODT de 1.80 m de diámetro sería suficiente para desaguar el agua de lluvia sin afectar o que se filtre en la estructura del terraplén.

- La coordinación planta-alzado es muy importante y se debe tener mucho en cuenta al momento del diseño, pues así se logra unas condiciones para los usuarios en la conducción, cómodas y seguras, de la misma manera se evita que se tengan puntos de poca visibilidad sobre todo en curvas cerradas o puntos tanto bajos como altos de la rasante, ocasionando siniestralidades en ciertos puntos de la carretera por falta de visibilidad.
- Las proyecciones en las intensidades medias diarias para los años de puesta en servicio y para el año horizonte hace que el dimensionamiento del firme sea el más adecuado de modo que resista todas las solicitaciones que se le exija para la circulación de vehículos pesados en su mayoría; por razones económicas la sección 132 es la más adecuada para la construcción del firme. Asimismo, al seguir el procedimiento del HCM 2010, para el año horizonte, se tendrá un nivel de servicio D, cumpliendo lo que especifica la Norma 3.1-IC.
- Sabiendo que el suelo es clasificado tolerable-adeecuado, se procedió a realizar la compensación de tierras de modo que todo el material extraído sea utilizado en los rellenos, a excepción del suelo vegetal, obteniendo así un pequeño déficit de tierras que se compensará con la cantera de Bulbunte.
- En lo que es la señalización y balizamiento de la carretera, se comprueba la importancia de estos y lo relevantes que son para brindar orientar al conductor y evitar que se produzcan accidentes de tráfico.

## 5.2. Recomendaciones

Como recomendaciones en la elaboración de un proyecto de este estilo, al igual que el diseño y lo que pueda abarcar el mismo, se propone lo siguiente:

- Para la realización de este Proyecto Constructivo fue necesario la visita a campo para poder corroborar cierta información y tener un mejor panorama de la situación actual de la variante N-122 a su paso por Tarazona. Sin embargo, por razones de fuerza mayor y debido a las restricciones de movilidad en España por el Covid-19, solo se pudo realizar una visita a la zona del proyecto, pero en situaciones normales se ve conveniente la realización de más de una visita para corroborar y observar cada particularidad que se encuentra en el proyecto, como por ejemplo la localización de los viaductos u observar los servicios afectados que resultarían o no interceptados por el trazado de la carretera, en caso sea positivo esto se tendría que evaluar la reubicación de los mismos.
- Asimismo, a pesar de tener fotografías aéreas y mapas relativamente actualizados, con más de una visita de campo se podría observar mejor las delimitaciones presentes en los condicionantes tanto medioambientales y territoriales, como se vio en el apartado correspondiente.
- Para tener la precisión requerida necesaria en este tipo de proyectos, se recomienda hacer el levantamiento topográfico mediante drones, pues así se pueden tener planos con mayor detalle y precisión, así facilita el trabajo a la hora de realizar el replanteo.
- Para poder tener datos más precisos de la temperatura y precipitación de la zona, se recomienda suscribirse al AEMET para poder tener la documentación actualizada de las estaciones más cercanas al emplazamiento del proyecto, pues si bien es cierto que la data de las estaciones que se usaron para realizar este proyecto proporcionan la

información necesaria para los últimos 25 años, existe estaciones que pueden brindar datos más completos de la climatología como por ejemplo velocidad del viento, radiación, etc.

- Para la construcción de los todos los viaductos deberá realizarse un estudio completo como el que se redactó para este proyecto, pero con un enfoque estructural, siguiendo o incluyendo más anejos y planos si así se requiere. Además, se deberá compaginar la información de ambos proyectos, pues ambos se tienen que presentar en un solo ejemplar para la Administración.
- Para tener un diseño óptimo del trazado de la variante se puede recurrir a utilizar programas como Quantum, que mediante procesos iterativos encuentra la mejor solución tomando en cuenta los parámetros que se utilizaron para poder seleccionar la alternativa final: medioambientales, técnico funcionales y económicos, pero es necesario introducir todos los parámetros necesarios para que pueda ser una herramienta útil.

## 6. Capítulo VI: Anexos

A continuación, en relación con los documentos que contiene el proyecto, se muestra la lista de anexos correspondientes para cada documento. Se sigue el mismo orden del Proyecto Constructivo, pero en este caso al ser un trabajo académico se adjuntan como anexos a este documento. Además, cabe mencionar que los documentos presentados como anexos, al ser parte del Proyecto Constructivo, no es posible seguir con el mismo formato como se ha venido haciendo, por el contrario, se perdería el carácter de Proyecto Constructivo. Por ello, cada uno de estos presenta su propio índice con el desarrollo de su contenido correspondiente.

- Memoria del proyecto (el presente documento)
- Anexo N°1. Ordenación Ambiental, Estética y Paisajística.
- Anexo N°2. Servicio Existentes y Reposición de Servicios
- Anexo N°3. Cartografía, Topografía y Replanteo
- Anexo N°4. Geología y Geotecnia
- Anexo N°5. Climatología, Hidrología y Drenaje
- Anexo N°6. Trazado
- Anexo N°7. Tráfico y Demanda. Firme
- Anexo N°8. Movimiento de Tierras
- Anexo N°9. Señalización y Seguridad Vial / Instalaciones de Control, Seguridad, Comunicaciones y Electrificación
- Anexo N°10. Fotográfico
- Anexo N°11. Planos

## 7. Capítulo VII: Referencias

Ayuntamiento de Santa Cruz del Moncayo. (2015). *PLAN GENERAL DE ORDENACIÓN URBANA DE SANTA DRUZ DEL MONCAYO* (p. 21).

Ayuntamiento de Tarazona. (2015a). *PLAN GENERAL DE ORDENACIÓN URBANA DE TARAZONA, MEMORIA JUSTIFICATIVA. DOCUMENTO 1* (p. 309).

Ayuntamiento de Tarazona. (2015b). *PLAN GENERAL DE ORDENACIÓN URBANA DE TARAZONA, MEMORIA JUSTIFICATIVA. DOCUMENTO 2* (p. 130).

Ayuntamiento de Tarazona. (2015c). *PLAN GENERAL DE ORDENACIÓN URBANA DE TARAZONA, MEMORIA JUSTIFICATIVA. DOCUMENTO 4* (p. 195).

BOE. (2006). Ley 15/2006, de 28 de diciembre, de Montes de Aragón. *Gobierno de Aragón*, 7276–7307.

Boletín Oficial del Estado. (2006a). *RESOLUCIÓN de la Secretaría General para la Prevención de la Contaminación y el Cambio Climático, por la que se formula declaración de impacto ambiental sobre la evaluación del estudio informativo* (pp. 6104–6113).

Boletín Oficial del Estado. (2006b). *RESOLUCIÓN de la Secretaría General para la Prevención de la Contaminación y el Cambio Climático, por la que se formula declaración de impacto ambiental sobre la evaluación del estudio informativo «Variante de Tarazona en la N-122»* (pp. 13568–13572).

Boletín Oficial del Estado. (2010). Orden FOM/3317/2010, de 17 de diciembre, por la que se aprueba la Instrucción sobre las medidas específicas para la mejora de la eficiencia en la ejecución de las obras públicas de infraestructuras ferroviarias, carreteras y aeropuertos del Ministerio de. In *Boletín Oficial del Estado* (Vol. 311, pp. 61561–61567).

DIPUTACIÓN DE ZARAGOZA. ÁREA DE COOPERACIÓN E INFRAESTRUCTURAS.

(2014). *PROYECTO CONSTRUCTIVO CARRETERA CV-678 GRISEL* (p. 355).

Ensley, J. O. (2012). *Application of Highway Capacity Manual 2010 Level-of-Service Methodologies for Planning Deficiency Analysis*. 162.

Gobierno Aragón. (2010). *PLAN GENERAL DE ORDENACIÓN URBANA DE TORRELLAS* (pp. 1–128).

Gobierno de Aragón. (2010). *MEMORIA RESUMEN Y ANÁLISIS PRELIMINAR DE INCIDENCIA AMBIENTAL DEL PLAN DE ZONA DE DESARROLLO RURAL DE LA COMARCA DE TARAZONA Y EL MONCAYO* (p. 37).

Gobierno de Aragón. (2017). *Plan Cartográfico de Aragón 2017-2020* (Vol. 2020, p. 167).

Gobierno de Aragón. (2019). *Plan Director de las áreas Red Natura 2000 de Aragón* (p. 151).

Grupo de Agroenergética, E.T.S.I.Agrónomos, & Madrid, U. P. de. (2018). Caracterización de las Comarcas Agrarias de España. In *TOMO 51*.

Ministerio de Fomento. (2013). *PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TECNICAS GENERALES PARA OBRAS DE CARRETERAS Y PUENTES*. In *Dirección General de Carreteras: Vol. 542. Mexcl* (p. 45).

Ministerio de Fomento, D. G. de C. (1990). Drenaje Superficial, Instrucción 5.2-IC. In *Normativas. Instrucciones de Construcción*.

Ministerio de Fomento, D. G. de C. (2003). Instrucción de carreteras. Norma 6.1 IC: Secciones de firme. In *Normativas. Instrucciones de Construcción* (p. 41).

Ministerio de Fomento, D. G. de C. (2012). *NOTA DE SERVICIO 3/2012*. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9, pp. 1689–1699).

- Ministerio de Fomento, D. G. de C. (2016). Instrucciones de carreteras. Norma 3.1 IC: Trazado. In *Normativas. Instrucciones de Construcción* (p. 246).
- Ministerio de Fomento, D. G. de C. (2018a). MAPA DE TRÁFICO. In *Carreteras* (Vol. 4, Issue 182, p. 24).
- Ministerio de Fomento, D. G. de C. (2018b). *MAPA DE VELOCIDADES* (Vol. 37, Issue 9780230302518, p. 60).
- Ministerio de Industria. (1977). *Memoria Mapa Geológico de España. Tarazona* (p. 24). Instituto Geológico y Minero de España.
- Ministerio del Fomento. (2010). *Nota De Servicio 2/2010 De La Subdirección De Proyectos Sobre La Cartografía a Incluir En Los Proyectos De La Dirección General De Carreteras. 4(182), 61.*
- Ministerio del Fomento. (2013). *PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TECNICAS GENERALES PARA OBRAS DE CARRETERAS Y PUENTES: Vol. 543. Mezcl* (p. 41).
- Ministerio del Fomento. (2016). *Orden circular 37/2016. BASE DE PRECIOS DE REFERENCIA DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS* (p. 675).
- Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico. (2020). *SAIH Ebro. Datos: Ficha A174.*
- Sánchez, M., Ollero, A., & del Valle, J. (2004). La Red Fluvial De Aragón. *Geografía Física de Aragón. Aspectos Generales y Temáticos., October.*
- Secretaria General de Infraestructuras. (2012). Orden circulas 32/2012. Guia de nudos viarios. *Ministerio de Fomento, 547.*