



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
DE INGENIEROS DE CAMINOS,  
CANALES Y PUERTOS



Autores: Cebrián Sánchez, Paloma

Tutor: Torrijo Echarri, Francisco Javier

Cotutor: Cortés Gimeno, Rafael

Fecha: Valencia, Junio 2016

# ESTUDIO DE ACONDICIONAMIENTO DEL TRAMO DE LA CARRETERA N-232 ENTRE LOS P.KS 88.200 Y 106.450 (TERUEL).ESTUDIO GEOTÉCNICO

TRABAJO FINAL DE GRADO. Grado en Ingeniería Civil. Curso 2015-2016.

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS -UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALENCIA



# Índice general

---

## 1. Documento N° 1: Memoria

- 1.1 Anejo N° 1: Datos físicos
- 1.2 Anejo N° 2: Estudio soluciones
- 1.3 Anejo N° 3: Estudio Geológico
- 1.4 Anejo N° 4: Estudio Geotécnico
- 1.5 Anejo N° 5: Estudio Yacimientos y canteras
- 1.6 Anejo N° 6: Estudio Climatológico
- 1.7 Anejo N° 7: Estudio Hidráulico
- 1.8 Anejo N° 8: Estudio de tráfico
- 1.9 Anejo N° 9: Estudio de firmes
- 1.10 Anejo N° 10: Estudio estructural

## 2. Documento N° 2: Planos



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
DE INGENIEROS DE CAMINOS,  
CANALES Y PUERTOS



# Documento Nº1. MEMORIA

Autores:

Cebrián Sánchez, Paloma

Molina Martínez, Antonio

Palomar Ordoñez, Marta

I. OBJETO DEL DOCUMENTO Y TFG	4	V.3 ALTERNATIVA 1	11
I.1 DESCRIPCIÓN	4	V.4 ALTERNATIVA 2	11
I.2 OBJETIVO	4	V.5 ALTERNATIVA 3	11
I.3 ALCANCE	4	V.6 SOLUCIÓN ADOPTADA	11
I.4 PLAN DE TRABAJO	4	V.6.A. COSTES Y RENTABILIDAD.	11
II. OBJETO DE ESTUDIO	5	V.6.B. IMPACTO AMBIENTAL.	11
III. NORMATIVA APLICADA	5	V.6.C. LIMITACIONES POR TRAZADO.	11
IV. ESTUDIOS DE INFORMACIÓN BÁSICA	5	V.6.D. SOLUCIÓN FINAL.	11
IV.1 DATOS FÍSICOS	5	VI. ESTUDIO GEOTÉCNICO	12
IV.2 ESTUDIO GEOLÓGICO	6	VI.1 DESMONTE DEL P.K 4+420 AL P.K 4+640	12
IV.2.A. GEOLOGÍA REGIONAL	6	VI.1.A. PARÁMETRO GSI	12
IV.2.B. ESTRATIGRAFÍA Y LITOLOGÍA.	6	VI.1.B. PARÁMETRO D	12
IV.2.C. DETERMINACIÓN DE ZONAS CON CARACTERÍSTICAS ESPECIALES	6	VI.1.C. PARÁMETRO M <sub>i</sub>	12
• TECTÓNICA	6	VI.1.D. CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS	12
• GEOMORFOLOGÍA	6	VI.1.E. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD Y TALUDES RECOMENDADOS	12
IV.3.A. YACIMIENTOS Y CANTERAS	6	VI.1.G. ROTURA EN CUÑA	12
IV.4 ESTUDIO CLIMATOLÓGICO	8	VI.1.H. ESTUDIO DE RIPABILIDAD	12
IV.4.A. PRECIPITACIONES	8	VI.2 DESMONTE DEL P.K 6+270 AL P.K 6+730	13
IV.4.B. TEMPERATURAS.	8	VI.2.A. PARÁMETRO GSI	13
IV.4.C. RÉGIMEN DE HELADAS.	8	VI.2.B. PARÁMETRO D	13
IV.4.D. NUBOSIDAD Y RADIACIÓN.	8	VI.2.D. CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS.	13
IV.4.E. REGISTROS TÉRMICOS EXCEPCIONALES.	8	VI.2.E. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD Y TALUDES RECOMENDADOS	13
IV.4.F. CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA DE KÖPPEN.	8	VI.2.F. ROTURA PLANAR.	13
IV.5 ESTUDIO TRÁFICO	8	VI.2.G. ROTURA EN CUÑA	13
IV.5.A. ESTIMACIÓN DEL TRÁFICO	8	VII. ESTUDIO HIDROLÓGICO	14
IV.5.B. CATEGORÍA DEL TRÁFICO.	8	VII.1 HIDROLOGÍA SUPERFICIAL	14
IV.5.C. NIVEL DE SERVICIO DE LA CARRETERA.	8	VII.2 DRENAJE LONGITUDINAL	14
IV.6 ESTUDIO DE FIRMES	9	VII.3 DRENAJE TRANSVERSAL	15
IV.6.A. FORMACIÓN DE LA EXPLANADA.	9	VIII. ESTUDIO ESTRUCTURAL	15
IV.6.B. SECCIÓN DEL FIRME	9	VIII.1 PASO DE FAUNA EN EL P.K 4+580	15
IV.6.C. MEZCLAS BITUMINOSAS.	9	VIII.2 MARCOS DE LAS O.D.T.	16
IV.6.D. TIPOS DE LIGANTE.	9	IX. CONCLUSIONES	17
IV.6.E. RIEGOS.	9		
IV.6.E. ARCENES	10		
V. ESTUDIO DE SOLUCIONES	10		
V.1 CONDICIONANTES	10		
V.1.A. CONDICIONANTES GENERALES	10		
V.1.B. CONDICIONANTES TERRITORIALES	10		
V.1.C. CONDICIONANTES FÍSICO Y MEDIO AMBIENTALES	10		
V.1.D. CONDICIONANTES SOCIALES	10		
V.2 ALTERNATIVA 0	11		

## I. Objeto del documento y TFG

El presente estudio de acondicionamiento del tramo de la carretera N-232 entre los P.Ks 88.200 y 106.450 (Teruel) se plantea como el Trabajo Final de Grado, en adelante TFG, del autor Paloma Cebrián Sánchez, estudiante de último curso del Grado en Ingeniería Civil en la Universidad Politécnica de Valencia. El estudio ha sido tutorizado por el profesor de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos D. Francisco Javier Torrijo Echarri y co-tutorizado por D. Rafael Cortés Gimeno.

El presente TFG se ha desarrollado trabajando en equipo junto con mis compañeros de promoción Antonio Molina Martínez y Marta Palomar Ordóñez.

### I.1 Descripción

El TFG que se propone se corresponde con el acondicionamiento del tramo de la carretera N-232 entre los P.Ks 88.200 y 106.450 en la provincia de Teruel. El trabajo se ha realizado trabajando en equipo para la recopilación inicial de información para poder realizar con posterioridad cada miembro del grupo su estudio particular.

Estudios realizados de forma común entre todos los participantes del grupo:

- Estudio soluciones
- Estudio Geológico
- Estudio Yacimientos y canteras
- Estudio Climatológico
- Estudio de tráfico
- Estudio de firme

Estudios realizados de manera individual:

- Estudio Geotécnico: realizado por Paloma Cebrián Sánchez
- Estudio Hidráulico: realizado por Antonio Molina Martínez
- Estudio Estructural: realizado por Marta Palomar Ordóñez

### I.2 Objetivo

El objetivo fundamental del presente estudio de acondicionamiento del tramo de carretera Nacional N-232 es poner en práctica los conocimientos y destrezas adquiridas a lo largo de estos cuatro años de Grado en Ingeniería Civil.

También se han utilizado diversos programas informáticos, tanto de diseño asistido por ordenador (CivilCad), como de cálculo estructural (SAP2000, prontuario informático del hormigón estructural según EHE-08), diseño y modelación hidráulica (HEC-RAS), estudios del terreno y comprobaciones geotécnicas (RocLab, Slide, Dips, Swedge), para el correcto estudio y dimensionamiento.

Se ha contado con información necesaria proporcionada por nuestros tutores de datos extraídos del proyecto original y de gran importancia para la recopilación de información inicial y correcto desarrollo de los distintos estudios.

### I.3 Alcance

El alcance de dicho trabajo comprende los estudios geotécnicos, hidráulicos y estructurales para el acondicionamiento de dicho tramo de carretera. En el presente estudio de acondicionamiento al no tratarse de un proyecto real quedan excluidos del mismo los siguientes documentos:

- Anejo justificación de precios
- Cuadro de precios Nº1 y Nº2
- Pliego de prescripciones técnicas particulares
- Estudio de Seguridad y Salud
- Estudio de Impacto Ambiental

Sin embargo, en el estudio de Alternativas se ha realizado tanto un análisis económico y ambiental de cada alternativa.

### I.4 Plan de trabajo

Los tres componentes del grupo hemos trabajado de forma conjunta durante toda la elaboración del presente TFG por lo que tanto los estudios comunes como los individualidades representan el esfuerzo y trabajo colectivo de todos los componentes. El trabajo se ha dividido en meses de la siguiente forma:

- Mes 1. Recopilación de información y estudio de soluciones.
- Mes 2. Diseño de la solución adoptada.
- Mes 3. Estudios geotécnicos y geológicos de los materiales atravesados.
- Mes 4. Estudio hidrológico e hidráulico.
- Mes 5. Dimensionamiento de estructuras y datos finales.

## II. Objeto de estudio

Como ya se ha referenciado en el epígrafe 1.2 “Objetivo” se pretende poner en práctica los conocimientos adquiridos en el grado de Ingeniería Civil, realizando el estudio de acondicionamiento del tramo de carretera N-232 los P.Ks 88.200 y 106.450 en la provincia de Teruel.

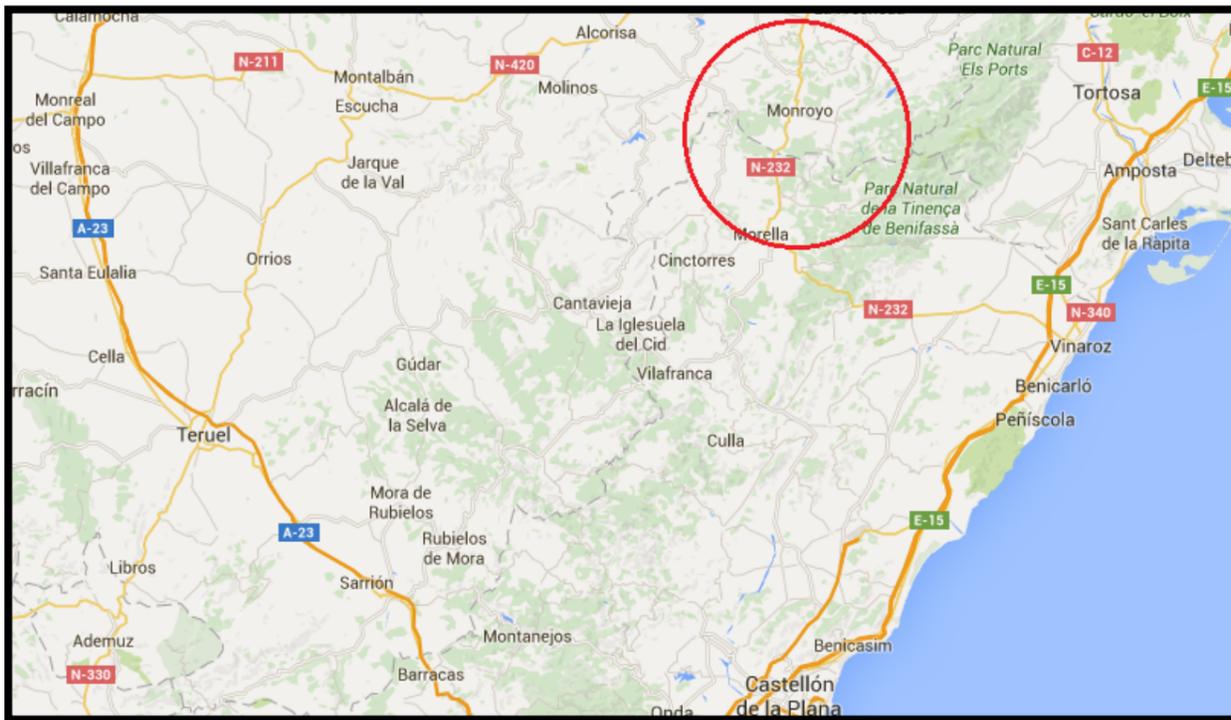


Figura I: Localización de la carretera N-232.

Fuente: Elaboración propia.

## III. Normativa Aplicada

La normativa utilizada en el presente estudio de acondicionamiento de la N-232 es la mencionada a continuación:

- Instrucción 5.2-I.C. “Drenaje Superficial”
- IAP-11 “instrucción sobre acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera”
- “Recomendaciones para el proyecto y puesta en obra de los apoyos elásticos para puentes de carretera”
- EC-1. Eurocódigo 1. “Acciones en estructuras”
- EC-2. Eurocódigo 2. “Proyecto de estructuras de hormigón”
- EHE-08. “Instrucción de Hormigón Estructural”
- Guía de cimentaciones en obras de carretera. Ministerio de fomento.
- Norma 6.1-I.C. “Secciones de firme”
- Manual de capacidad de carreteras 2010
- PG3- “Artículos 542 y 514”
- Norma 3.1-I.C. “Trazado”

## IV. Estudios de información básica

### IV.1 Datos físicos

La carretera N-232, de Santander a Vinaroz, es una vía terrestre española que cruza transversalmente la península y constituye el itinerario viario que permite la conexión entre el norte de la Comunidad Valenciana, Aragón, País Vasco y Cantabria.

El tramo donde se va a llevar a cabo el acondicionamiento se sitúa entre los P.K. 88.200 y P.K. 106.450 de la carretera N-232. Se localiza en la comarca de El Matarraña, en la zona limítrofe entre las provincias de Castellón y Teruel.

Todo el corredor objeto de estudio se sitúa en los términos municipales de Torre de Arcas, Monroyo y Ráfales, siendo el municipio de Monroyo el que mayor parte de la carretera alberga. Se trata de una zona muy montañosa (sierras pertenecientes al Sistema Ibérico) con una altitud media por encima de 800 metros sobre el nivel del mar.

Esta vía de comunicación recoge principalmente el tráfico de la zona costera del norte, cuyos municipios cuentan con una importante presencia turística y residencial que se ve obligada a realizar unos itinerarios más largos para optar por corredores mejor acondicionados que la actual N-232 a su paso por la provincia.



Figura II: Localización de la carretera N-232.

Fuente: Elaboración propia.

## IV.2 Estudio geológico

### IV.2.a. Geología regional

La zona de estudio se sitúa geográficamente entre el Maestrazgo septentrional y la zona meridional del Bajo Aragón. Geológicamente corresponde al entronque de la Cadena Celtibérica oriental y la Cadena Catalana.

Los sedimentos que afloran en la zona son de edades que abarcan desde el Triásico medio (Muschelkalk) hasta el Mioceno, aunque existen varias lagunas estratigráficas y discordancias.

### IV.2.b. Estratigrafía y litología.

En las inmediaciones del tramo de estudio, la serie estratigráfica tiene su origen en el Jurásico (calizas masivas, dolomías y calizas tableadas). Sobre esta serie se disponen los conglomerados, areniscas y arcillas rojas del Paleógeno, los conglomerados, arcillas y areniscas del Chatiense, y por último los materiales miocenos (Arcillas rojas, areniscas y conglomerados).

### IV.2.c. Determinación de zonas con características especiales

- *Tectónica*

La zona objeto de estudio se encuentra enclavada en la intersección de la Cordillera Ibérica y las Cordilleras Costero-Catalanas, ambas cordilleras son dominios geológicos que presentan direcciones estructurales diferentes, encontrándose el paso entre ambos dominios a lo largo de la zona del Maestrazgo, la cual actúa como una zona de transición entre ambas.

- *Sismicidad*

Como la aceleración sísmica básica es menor de 0,04g no deberán tenerse en cuenta los posibles efectos del sismo en terrenos potencialmente inestables.

- *Geomorfología*

La zona de estudio está en gran parte rodeada por montañas mesozoicas y la cuenca queda limitada por las sierras de los confines provinciales, estructuras cabalgantes de dirección Oeste-Este, constituidas por materiales calizos cretácicos y paleógenos, y modeladas en grandes frentes de cuevas inclinadas hacia el Sur.

- *Karstificación*

Del reconocimiento de campo realizado, y de los datos procedentes de las prospecciones llevadas a cabo, se puede comentar que, de los materiales existentes en el trazado, únicamente la unidad calcárea cenomaniense presenta problemas significativos y destacables en relación con este proceso.

## IV.3 Estudio de yacimientos y canteras

### IV.3.a. Yacimientos y canteras

#### YACIMIENTOS GRANULARES

Código	Designación	Material
G-1	BARRANCO DE PULPIS, BENICARLO (CASTELLÓN)	ZAHORRAS
G-2	RAMBLA CERVERA, BENICARLO (CASTELLÓN)	ZAHORRAS
G-3	RAMBLA CERVERA, BENICARLO (CASTELLÓN)	ZAHORRAS
G-4	RAMBLA CERVERA, BENICARLO (CASTELLÓN)	ZAHORRAS

G-5	BARRANCO AGUA OLIVA, VINARON (CASTELLÓN)	ZAHORRAS
G-6	TOMÁS GARCÍA IBAÑEZ, VINARON (CASTELLÓN)	ZAHORRAS
G-7	ÁRIDOS CRIBADOS DOMINGO S.A, BENICARLO (CASTELLÓN)	ZAHORRAS
G-8	BARRANCO DE PULPIS, CASTELLÓN	ZAHORRAS
G-9	RÍO CUEVAS, ALCALÁ DE CHIVERT (CASTELLÓN)	ZAHORRAS
G-10	RÍO BERGANTES, FORCALL (CASTELLÓN)	ZAHORRAS
G-11	RÍO CERVERA, CHERT (CASTELLÓN)	ZAHORRAS
G-12	RAMBLA DE CERVERA, CATÍ (CASTELLÓN)	ZAHORRAS
G-13	RAMBLA DE CERVERA, CERVERA DEL MAESTRE (CASTELLÓN)	ZAHORRAS
G-14	RÍO CUEVAS, ALCALÁ DE CHIVERT (CASTELLÓN)	ZAHORRAS
G-15	RAFAEL GIL, ADZANETA (CASTELLÓN)	ZAHORRAS

## YACIMIENTOS ROCOSOS CALIZOS

Código	Designación	Material
C-1	LOS PASCUALES, TORREBLANCA (CASTELLÓN)	CALIZA
C-2	EL RACHOLAR, ALCALÁ DE CHIVERT (CASTELLÓN)	CALIZA
C-3	DE ALCANAR, CASAS DE ALCANAR (TARRAGONA)	CALIZA
C-4	CANTERA PARRETA, VINARON (CASTELLÓN)	CALIZA
C-5	CANTERA DEL PUCH, BENICARLO (CASTELLÓN)	CALIZA
C-6	DEL PUERTO, PEÑÍSCOLA (CASTELLÓN)	CALIZA
C-7	LA ERMITA, CALIG (CASTELLÓN)	CALIZA
C-8	BOVALAR, BENICARLO (CASTELLÓN)	CALIZA
C-9	RINCÓN DE PASA, PEÑÍSCOLA (CASTELLÓN)	CALIZA
C-10	DEL MARQUÉS, STA MAGDALENA DE PULPIS (CASTELLÓN)	CALIZA
C-11	LA SOLANA, STA MAGDALENA DE PULPIS (CASTELLÓN)	CALIZA
C-12	LA SOLANA, STA MAGDALENA DE PULPIS (CASTELLÓN)	CALIZA
C-13	LA SOLANA, STA MAGDALENA DE PULPIS (CASTELLÓN)	CALIZA
C-14	CORRAY "ROYO, STA MAGDALENA DE PULPIS (CASTELLÓN)	CALIZA
C-15	LA ERMITA, ALCALÁ DE CHIVERT (CASTELLÓN)	CALIZA
C-16	COMA, ALCALÁ DE CHIVERT, (CASTELLÓN)	CALIZA
C-17	LA PEDRERA, ALCALÁ DE CHIVERT (CASTELLÓN)	CALIZA
C-18	LA SIBSIDA, ALCALÁ DE CHIVERT (CASTELLÓN)	CALIZA
C-19	ESCALFIDO, CUEVAS DE VINRROMÁ (CASTELLÓN)	CALIZA
C-20	LA PEDRERA II, ALCALÁ DE CHIVERT (CASTELLÓN)	CALIZA
C-21	VILLANUEVA DE ALCOLEA (CASTELLÓN)	CALIZA
C-22	ELS PLANIOLS, VILLANUEVA DE ALCOLEA (CASTELLÓN)	CALIZA
C-23	CASTILLO DE ALBALAT, CABANES (CASTELLÓN)	CALIZA
C-24	MORTORUM, CABANES (CASTELLÓN)	CALIZA
C-25	LA BOTA, MORELLA (CASTELLÓN)	CALIZA
C-26	QUEROL, MORELLA (CASTELLÓN)	CALIZA
C-27	ORTELLS, VILLORES (CASTELLÓN)	CALIZA
C-28	TORRE MIRO, MORELLA (CASTELLÓN)	CALIZA
C-29	LA VELLA, MORELLA (CASTELLÓN)	CALIZA

C-30	ULL DE BOU, CERVERA DEL MAESTRE (CASTELLÓN)	CALIZA
C-31	EL TOSAL, SAN MATEO (CASTELLÓN)	CALIZA
C-32	TORMASAL, CHERT (CASTELLÓN)	CALIZA
C-33	LA PORTERA (CASTELLÓN)	CALIZA
C-34	MONTE SAN ANTONIO, TORREBLANCA (CASTELLÓN)	CALIZA
C-35	PORTOLES, CABANES (CASTELLÓN)	CALIZA
C-36	SOLSONA, CABANES (CASTELLÓN)	CALIZA
C-37	GRAMINOL, ALCALÁ DE CHIVERT (CASTELLÓN)	CALIZA
C-38	MÁRMOLES TARRAGONA, CHERT (TARRAGONA)	CALIZA
C-39	MÁRMOLES TARRAGONA, ULLDECONA (TARRAGONA)	CALIZA

## YACIMIENTOS ROCOSOS DE MINERALES NO METÁLICOS

Código	Designación	Material
M-1	CANTARAS EBRO SL, ULLDECONA (TARRAGONA)	MINERALES NO METÁLICOS
M-2	MARBRES CASTELL SA, ULLDECONA (TARRAGONA)	MINERALES NO METÁLICOS
M-3	MARBRES CASTELL SA, ULLDECONA (TARRAGONA)	MINERALES NO METÁLICOS
M-4	ANDREU DOMINGO, MOLINOS (TERUEL)	MINERALES NO METÁLICOS
M-5	ÁRIDOS BAJO ARAGÓN SL, ALCAÑIZ (TERUEL)	MINERALES NO METÁLICOS
M-6	CAPILA GASIÓN ANTONIO, AGUAVIVA (TERUEL)	MINERALES NO METÁLICOS
M-7	FELEZ MOLES, ALCORISA (TERUEL)	MINERALES NO METÁLICOS
M-8	GRACIA ESPALLARGA, ALCORISA (TERUEL)	MINERALES NO METÁLICOS
M-9	SILICES Y CAOLINES DE ARAGÓN, ALCAÑIZ (TERUEL)	MINERALES NO METÁLICOS
M-10	INDUSTRIAS DE TRANSFORMACIÓN, CAÑADA VERIC (TERUEL)	MINERALES NO METÁLICOS
M-11	ROCAS INDUSTRIALES, MOINOS (TERUEL)	MINERALES NO METÁLICOS
M-12	ZAERA ARIÑO, TRONCHÓN (TERUEL)	MINERALES NO METÁLICOS

## YACIMIENTOS ROCOSOS PARA CAPAS DE RODADURA

Código	Designación	Material
R-1	CANTERA DE ALMENARA, ALMENARA (CASTELLÓN)	CUARCITA
R-2	PEÑAS PINA, ALTURA (CASTELLÓN)	OFITA
R-3	BARRANCOS, MANZANERA (CASTELLÓN)	OFITA
R-4	LA MONTAÑETA, LA LLOSA (CASTELLÓN)	DOLOMÍA
R-5	PINA, PINA MONTALGRAO (CASTELLÓN)	OFITA
R-6	MANZANERA, MANZANERA (CASTELLÓN)	OFITA
R-7	FONT DE CABRES, ARTANA (CASTELLÓN)	OFITA
R-8	SADES, ARTANA (CASTELLÓN)	CUARCITA
R-9	BCO. TORRECILLA, ALTURA (CASTELLÓN)	OFITA

Las explotaciones más cercanas a la actuación (radio 50 km) son las siguientes:

GRAVERA GR-1: ÁRIDOS SORRIBES, AMELA Y VIVES, S.L.

GRAVERA GR-2: ÁRIDOS LA SERAFINA.

GRAVERA GR-3: ÁRIDOS SAN MATEO.

CANTERA 1: ARIDS ULLDECONA, SAU

CANTERA 2: ARIHORVAL

CANTERA 3: ARASFALTO,S.L.

CANTERA 4: AREXMA (ÁRIDOS Y EXCAVACIONES MATARRAÑA)

CANTERA 5: ÁRIDOS SEVA

#### IV.4 Estudio climatológico

##### IV.4.a. Precipitaciones

La precipitación acumulada total anual en la zona donde se va a realizar el proyecto es mayor de 600 mm.

##### IV.4.b. Temperaturas.

La temperatura media de la zona donde se va a llevar a cabo el acondicionamiento es de aproximadamente 15 grados centígrados.

##### IV.4.c. Régimen de heladas.

El promedio de los días de heladas es menor a 40 días al año y la mayor parte de las heladas que se producen lo hacen en los meses de Diciembre y Enero.

##### IV.4.d. Nubosidad y radiación.

La radiación potencial de la zona del estudio estaría comprendida entre 3000 y 3400 Julios por metro cuadrado y día de media.

##### IV.4.e. Registros térmicos excepcionales.

La temperatura mínima absoluta ronda los -9 °C de media, mientras que la máxima absoluta está en torno a los 43°C.

##### IV.4.f. Clasificación climática de Köppen.

El clima asociado al tramo de carretera N-232 se corresponde con el índice Cfa, clima templado sin estación seca con verano caluroso. Este tipo de clima se observa principalmente en el noreste de la Península, en una franja de altitud media que rodea los Pirineos y el Sistema Ibérico.

#### IV.5 Estudio tráfico

##### IV.5.a. Estimación del tráfico

La Intensidad Media Diaria responde a la cantidad de **1150 veh/día**. Por otro lado, el valor en tanto por ciento de vehículos pesados se mantiene más o menos constante, en torno del **10% - 15%**.

##### IV.5.b. Categoría del tráfico.

Según indica la tabla 1B del "Anejo nº1 de la Norma 6.1.-I.C" la categoría de tráfico pesado es T32, ya que la cantidad de vehículos pesados por día y carril es menor a 100.

##### IV.5.c. Nivel de servicio de la carretera.

El procedimiento para estimar el nivel de servicio siguiendo el Manual de Capacidad 2010 será el siguiente, y los datos adoptados para estudiar el nivel de servicio se exponen a continuación:

1. Estimar la velocidad en flujo libre ( $V_L$ ).
2. Estimar  $V_M$ .
3. Estimar  $\%T_C$ .
4. Determinar el nivel de servicio.

Obteniéndose como resultados los siguientes:

$$V_L = 77,5 \text{ Km/h.}$$

$$V_m(2020) = 75,8 \text{ Km/h ; } V_m(2036) = 75,55 \text{ Km/h}$$

$$\%T_{C,B}(2020) = 4,71\% ; \%T_{C,B}(2036) = 6,33\%$$

Una vez se han calculado las velocidades medias y los % de tiempo en cola para los años de puesta en servicio y horizonte podemos estimar el nivel de servicio de este tramo de carretera.

Comparando los valores que se han obtenido con los proporcionados por el Manual de Capacidad de Carreteras del año 2010, se concluye determinando que el nivel de servicio sea:

$$NS_{(2020)} = B$$

$$NS_{(2036)} = B$$

## IV.6 Estudio de firmes

### IV.6.a. Formación de la explanada.

Contamos con una explanada tipo E1, y además el suelo del que se dispone para explanada es tolerable (0).

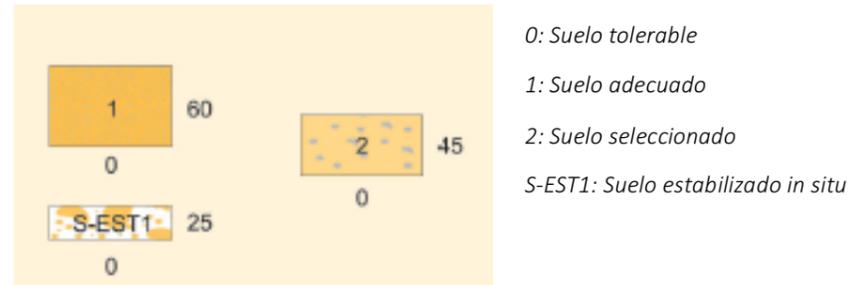


Figura III – Formación de la explanada E1 con Suelo tolerable.

Fuente: Norma 6.1. I-C. "Secciones de firme"

Escogeremos en este caso la opción 2, ya que contamos con suelo adecuado procedente de préstamos, que será la capa de explanada y que además resulta mejor económicamente ya que el suelo seleccionado y la estabilización con cemento resulta más cara.

### IV.6.b. Sección del firme

Para escoger la sección del firme, se tendrá en cuenta tanto el factor económico como la dificultad de puesta en obra. Es por eso que la opción 2 se descarta debido a que se hace necesario un uso elevado de cemento para su elaboración, lo que encarece el coste, además de que su puesta en obra resulta más compleja. Por otro lado, la opción 3 necesita maquinaria y personal especializado, además del cumplimiento de muchos requerimientos en su puesta en obra.

Esto hace que la opción más apropiada sea la 1, una sección 3211 con un firme compuesto por mezclas bituminosas y zahorra artificial.

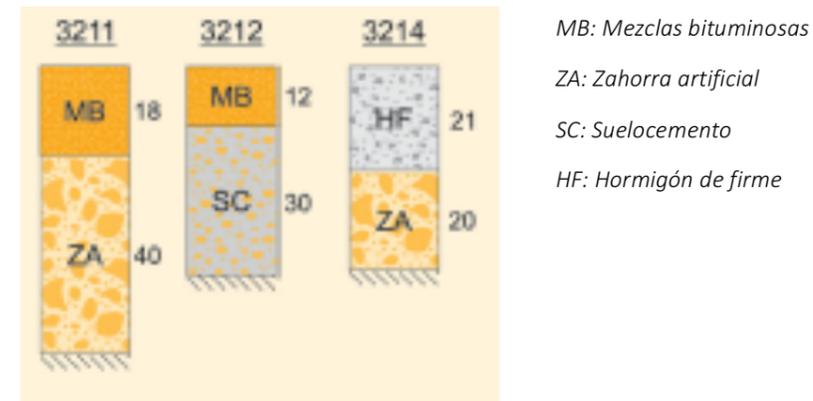


Figura IV – Secciones de firme para la categoría de tráfico pesado T32 y explanada E1.

Fuente: Norma 6.1. I-C. "Secciones de firme"

### IV.6.c. Mezclas bituminosas.

Se deciden adoptar los siguientes espesores, respetando la limitación de que el espesor de la capa superior sea igual o menor al de la capa inferior:

CAPA DE RODADURA: 6 cm  
CAPA INTERMEDIA: 6 cm  
CAPA BASE: 7 cm

### IV.6.d. Tipos de ligante.

Con los datos que disponemos, podemos definir completamente la mezcla bituminosa, que sería la siguiente:

CAPA DE RODADURA: AC22 surf 50/70 S  
CAPA INTERMEDIA: AC22 bin 50/70 S  
CAPA DE BASE: AC32 base 70/100 G

### IV.6.e. Riegos.

#### RIEGO DE IMPRIMACIÓN

C60BF4 IMP: Emulsión bituminosa catiónica con un 60% de ligante, cuyo ligante hidrocarbonado es un betún asfáltico, con un contenido de fluidificante superior al 2% y con un índice de dureza de 4.

## RIEGO DE ADHERENCIA

C60BP3 ADH: Emulsión bituminosa catiónica modificada con un 60% de ligante, cuyo ligante hidrocarbonado es un betún asfáltico, con contenido en polímeros y con un índice de dureza de 3.

### IV.6.e. Arcenes

En la solución adoptada se ejecutarán arcenes de un ancho de **1.5 m** cada uno, siguiendo las recomendaciones de la Norma 3.1 – I.C. Trazado. Se tendrá en cuenta la distribución de capas del firme de la calzada para así coordinar su construcción.

## V. Estudio de soluciones

### V.1 Condicionantes

#### V.1.a. Condicionantes Generales

El acondicionamiento de dicho tramo busca obtener una mejora en la conectividad del territorio, evitando el paso por municipios con un bajo índice poblacional, convirtiendo más rápida la vía, la mejora paisajística y un importante desarrollo en la seguridad vial.

#### V.1.b. Condicionantes Territoriales

Atendiendo a los distintos usos del suelo en la zona objeto de estudio, se identifica suelo urbano consolidado en los municipios de Torre de Arcas, Monroyo, La Cerollera y Ráfales.

El resto de suelo por el que transcurre el tramo a acondicionar se encuentra en suelo no urbanizable, necesitando un permiso del gobierno de Aragón para poder llevar a cabo las debidas expropiaciones justificadamente.

#### V.1.c. Condicionantes Físico y Medio Ambientales

La zona de estudio se caracteriza por una importante accidentalidad orográfica. Algunas de las formaciones montañosas tanto por el término municipal de Torre de Arcas como cerca del municipio de Monroyo alcanzan más de los 950 m de sobre el nivel del mar.

Estas formaciones montañosas impiden la continuidad del trazado de la actual N-232 y reducen la seguridad vial en muchos puntos del trazado. Como consecuencia de dichas formaciones, es necesaria la realización de muchas curvas sinuosas para rodearlas, provocando una importante disminución de la velocidad en las mismas.

#### V.1.d. Condicionantes Sociales

El principal condicionante social es la falta de seguridad y la gran cantidad de curvas y tramos estrechos, dificultando la visibilidad en muchos casos y la conducción de vehículos pesados. A pesar de ser una zona con mucha accidentalidad orográfica, es posible adecuar el trazado mejorando la seguridad en la circulación.

## V.2 Alternativa 0

---

En esta alternativa, no se realizará ninguna variación, conservando el trazado actual de la N-232 en el tramo objeto de estudio y evitando cualquier actuación como ampliación de la calzada o mejora del firme actual.

## V.3 Alternativa 1

---

En esta alternativa se conserva el trazado actual de la carretera N-232 en el tramo de estudio, con un trazado total de 20.250 Km.

La principal actuación en esta alternativa se centra en la ampliación del ancho del firme de forma que cumpla la normativa actual y mejorando asimismo la seguridad vial, tanto en el municipio de Monroyo como en el resto del trazado.

## V.4 Alternativa 2

---

En esta Alternativa 2 se propone respetar el trazado existente objeto de estudio en la mayor parte del tramo, aunque recortando algunas curvas significativas para dar continuidad al trazado. La obra constaría de una totalidad de 17.200 Km. Reduciendo significativamente los 20.250 Km del trazado inicial y que se mantendrían en la Alternativa 0.

## V.5 Alternativa 3

---

En esta alternativa 3 se estudia la realización de una carretera de una sola calzada, con dos carriles de 3,5 metros y arcenes de 1,5 metros disminuyendo la longitud del trazado actual a 13,9 kilómetros en los que se incluye la variante de la población de Monroyo.

Se conserva el trazado actual en las zonas donde se pueda realizar la ampliación y se crea un nuevo trazado en las zonas donde no sea posible.

Se estudia la posibilidad de proyectar un viaducto, a la altura del P.K. 87.000, para solventar el barranco de San Bernardo, y la realización de 2 túneles: el túnel de Monroyo, a la altura de la localidad de Monroyo, entre los P.K. 93.000 y 94.000, y el de La Consolación, entre los P.K. 100.250 y el 101.000, disminuyendo considerablemente la longitud del trazado actual y reduciéndola en torno a 5 Km.

## V.6 Solución adoptada

---

### V.6.a. Costes y rentabilidad.

La alternativa más desfavorable sería la **alternativa 3**, ya que sería la más cara, pero con la construcción de túneles y viaductos incrementamos la seguridad de la vía exponencialmente y por lo tanto la seguridad de las personas, lo que haría de algún modo justificar el gasto.

### V.6.b. Impacto ambiental.

El impacto ambiental provocado es aproximadamente el mismo en la alternativa 2 y 3, si bien, una alternativa tiene mayor longitud que otra y por tanto afecta a una mayor zona. Con respecto a este criterio, se tendrán en cuenta los resultados obtenidos en el apartado (Anejo II. Estudio de alternativas. V.3 Impacto Ambiental), donde con las respectivas matrices se han estudiado cada una de las alternativas por separado.

### V.6.c. Limitaciones por trazado.

La alternativa 0 y por tanto a su vez la alternativa 1, en casi la totalidad de su trazado incumplen la normativa, debido a esto se propuso su modificación y nueva construcción aumentando la seguridad de la vía.

La alternativa 2 incumple en menor medida la normativa aplicada, pero siguen encontrándose puntos donde la normativa no sería posible cumplirla sin la construcción de algún túnel o viaducto que salvara los diferentes accidentes geográficos de la zona

En la alternativa 3, a diferencia de las 3 anteriores, la normativa se cumple en la totalidad de su trazado, aumentado con ello los criterios de seguridad y comodidad que se especifican en la norma.

Por lo tanto respecto al trazado de la vía, la alternativa a elegir sería la **alternativa 3**.

### V.6.d. Solución final.

Según el análisis llevado a cabo, se concluye que la **Alternativa 3** es la que presenta mayores ventajas globales, desde los puntos de vista técnico, funcional y de seguridad. Dado esto, se escoge esta alternativa como la solución óptima para resolver el problema en estudio.

Por lo tanto, en el presente estudio, a pesar de que la alternativa escogida engloba los 13,9 km nombrados con anterioridad, en los anejos individuales (Estudio geotécnico, Estudio hidráulico y Estudio estructural) tan sólo se analizará en detalle el tramo que discurre entre los P.Ks 4.200 y 6.300 de la solución adoptada.

## VI. Estudio Geotécnico

### VI.1 Desmonte del P.K 4+420 al P.K 4+640

El primer desmonte presenta una altura máxima de 10'00 metros medidos en el eje y un desarrollo de 220 metros.

Para la caracterización de los materiales a excavar en este desmonte, se ha realizado en la actual fase de estudio, los siguientes reconocimientos específicos de la zona de desmonte, aunque para la caracterización geotécnica de estos materiales se han utilizado el resto de prospecciones realizadas sobre estos materiales en el resto del trazado:

- Sondeos: S-1
- Estaciones geomecánicas: EG-1
- Calicatas: C-1

La columna litológica tipo presenta un único nivel (conglomerados calcáreos) cuyos parámetros geotécnicos de cálculo son los que seguidamente se detallan:

- RQD = 65%
- Resistencia a compresión simple de la roca intacta:  $\sigma'_{ci} = 100 \text{ Kg/cm}^2$ .
- Densidad aparente media:  $\gamma = 2'52 \text{ t/m}^3$
- Fr/ml = 6
- Juntas onduladas rugosas
- Sin presencia de agua

La clasificación geomecánica de los macizos rocosos se ha basado en la Clasificación RMR de Bieniawski. Concretamente, se ha calculado el índice numérico del macizo rocoso, RMR básico, que corresponde a la versión de Bieniawski de 1989. En este caso, obtendríamos para este desmonte una valoración total de 65 puntos, que correspondería a una roca de **clase II o buena**.

#### VI.1.a. Parámetro GSI

En nuestro caso observando los parámetros geológicos y geotécnicos que posee nuestro terreno, ( macizo rocoso con bloques entramados y con superficies rugosas ligeramente meteorizadas) podremos adoptar un valor de GSI en torno a un rango de **60-70**.

#### VI.1.b. Parámetro D

Adoptaremos para nuestro estudio un valor del parámetro **D** igual a **0**, ya que no producimos una alteración muy significativa del macizo rocoso en su excavación.

#### VI.1.c. Parámetro $m_i$

En nuestro caso al tener una columna litológica tipo que presenta un único nivel (conglomerados calcáreos), obtendremos un valor de  $m_i$  aproximadamente de **21-22**.

#### VI.1.d. Características geotécnicas

Según el criterio de rotura de Hoek-Brown para el análisis de los diferentes parámetros del macizo y dados un conjunto de datos de entrada ( $\sigma_{ci}$ , GSI,  $m_i$  y D), nos permite calcular los parámetros del criterio de rotura generalizado de Hoek-Brown ( $m_b$ , s y a).

En nuestro caso de estudio podemos resumir los valores en :

- Cohesión efectiva:  $c' = 21 \text{ t/m}^2$
- Ángulo de rozamiento efectivo:  $\phi' = 59^\circ$

El módulo de deformación del macizo rocoso obtenido es de **7943 MPa**.

#### VI.1.e. Análisis de estabilidad y taludes recomendados

Considerando una pendiente de 1H/3V para la excavación completa, se obtiene un factor de seguridad mínimo de **FS= 5,838**, valor más que aceptable para el tipo de actuación prevista y que aseguraría la estabilidad.

#### VI.1.f. Rotura planar

En nuestro caso, aunque geoméricamente es posible que se produzca rotura planar en el talud oeste porque se cumple la condición de que la discontinuidad descalza al talud ( $\psi > \alpha$ ), cinemáticamente es imposible ya que la diferencia entre las direcciones del talud y el plano son mayores a  $20^\circ$ .

#### VI.1.g. Rotura en cuña

No parece viable que se produzcan problemas de inestabilidad local por rotura cuneiforme, ya que si bien geoméricamente es posible, cinemáticamente no lo es.

De tal modo se plantea para este desmonte la ejecución de una geometría de talud de **1H/3V** para ambos taludes.

#### VI.1.h. Estudio de ripabilidad

Para roca tipo conglomerado, como es nuestro caso, la velocidad sísmica se establecería en torno a 2500-3000 m/s. Por lo tanto los materiales van a presentar un **ripado muy costoso**, con necesidad puntual de voladuras ligeras o prevoladuras.

## VI.2 Desmante del P.K 6+270 al P.K 6+730

Estos desmontes a excavar se corresponden también con los emboquilles del túnel de Monroyo y presentan una altura máxima de 15'00 m medidos en el eje.

Para la caracterización de los materiales a excavar en este desmante, se han realizado, en la actual fase de estudio, los siguientes reconocimientos específicos en la zona de desmante, aunque para la caracterización geotécnica de estos materiales se han utilizado el resto de prospecciones realizadas sobre estos materiales en el resto del trazado:

- Sondeo: S-2
- Estaciones geomecánicas: EG-2

Teniendo en cuenta, tanto los resultados de ensayos de laboratorio como los de campo podemos indicar que la columna litológica tipo presenta un único nivel (argilitas y areniscas del Chatiense-Mioceno) cuyos parámetros geotécnicos de cálculo son los que seguidamente se detallan:

- RQD= 65 % Resistencia media a compresión simple de la roca intacta
- $\sigma_{ci} = 85 \text{ Kg/cm}^2$
- Densidad media aparente:  $\gamma = 2,37 \text{ t/m}^3$
- Fr / ml = 7
- Juntas onduladas rugosas
- Sin presencia de agua

Como en el caso anterior, la clasificación geomecánica de los macizos rocosos se ha basado en la Clasificación RMR de Bieniawski. Por lo tanto, obtendríamos para este desmante una valoración total de 56 puntos, que correspondería a una roca de **clase III o mediana**.

### VI.2.a. Parámetro GSI

En este caso observando los parámetros geológicos y geotécnicos que posee nuestro terreno, ( macizo rocoso parcialmente perturbado con bloques entrabados y angulares y con superficies rugosas ligeramente meteorizadas) podremos adoptar un valor de GSI en torno a un rango de **45-55**.

### VI.2.b. Parámetro D

En este segundo desmante, adoptaremos para nuestro estudio un valor del parámetro **D** igual a **0**, ya que no producimos una alteración muy significativa del macizo rocoso en su excavación.

### VI.2.c. Parámetro $m_i$ .

En nuestro caso al tener una columna litológica tipo que presenta un único nivel (argilitas y areniscas del Chatiense-Mioceno), obtendremos un valor de  $m_i$  aproximadamente de **4**.

### VI.2.d. Características geotécnicas.

Utilizando el criterio de rotura de Hoek-Brown para el análisis de los diferentes parámetros del macizo. Para su aplicación, como en el desmante anterior, se ha usado el programa RocLab de la casa Rocscience.

En nuestro caso de estudio podemos resumir los valores en :

- Cohesión efectiva:  $c' = 11 \text{ t/m}^2$
- Ángulo de rozamiento efectivo:  $\phi' = 41^\circ$

El módulo de deformación del macizo rocoso obtenido es de **2915 MPa**.

### VI.2.e. Análisis de estabilidad y taludes recomendados

Considerando una pendiente del 1H/3V para la excavación completa, se obtiene un factor de seguridad mínimo de **FS = 2'168**, valor que aseguraría la estabilidad.

### VI.2.f. Rotura planar.

En nuestro caso, aunque geoméricamente es posible que se produzca rotura planar en el talud oeste porque se cumple la condición de que la discontinuidad descalza al talud ( $\psi > \alpha$ ), cinemáticamente es imposible ya que la diferencia entre las direcciones del talud y el plano son mayores a  $20^\circ$ .

### VI.2.g. Rotura en cuña

Únicamente se van a producir problemas por aparición de cuñas entre dos familias de diaclasado ( $J_1$  y  $J_3$ ) en el talud oeste, que son geométrica y cinemáticamente inestables.

De tal modo que se plantea para estos desmontes la ejecución de una geometría de talud de **1H/3V** para los taludes este y oeste, y **1H:1V** para los frontales, teniendo en cuenta la necesidad de protección de la carretera de la caída de bloques por rotura en cuña de los taludes oeste mediante bulones.

Para establecer las dimensiones del bulón hemos optado por la construcción de un **bulón activo de unos 17 m de largo**. Luego adoptamos un factor de seguridad de 1,5 y optimizando la solución nos proporciona un valor de longitud de anclaje de 16,38 m de largo, con un ángulo de inclinación en torno a los  $20^\circ$ , que estaría dentro del intervalo recomendable de  $15^\circ$  a  $35^\circ$ .

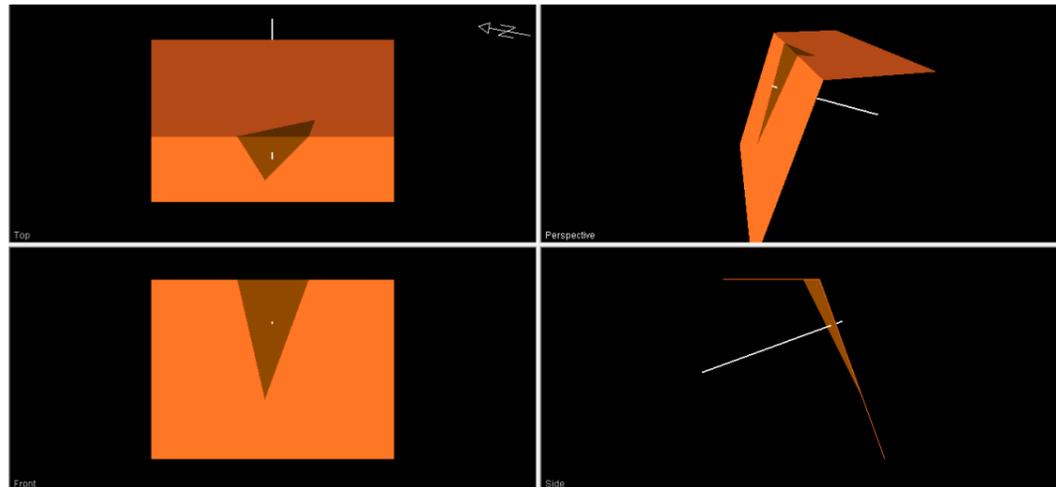


Imagen V: Representación del bulón activo como medida de sostenimiento en la cuña que presenta el terreno

Fuente: Elaboración propia con el software Swedge.

#### VI.2.h. Estudio de ripabilidad

Para rocas tipo argilitas y areniscas como es nuestro caso, la velocidad sísmica se establecería en torno a 2000-2500 m/s. Pero debido al espaciado de las discontinuidades y los valores de resistencia, la velocidad sísmica disminuiría presentando los materiales un **ripado fácil**, sin necesidad de voladuras.

## VII. Estudio Hidrológico

En este estudio se analizan las condiciones hidrológicas de la zona donde se va a llevar a cabo el acondicionamiento del tramo de carretera Nacional N-232, además de dimensionar el drenaje longitudinal y transversal de la plataforma y márgenes de la carretera del P.K 4.200 al P.K. 6.300.

### VII.1 Hidrología superficial

El caudal máximo anual  $Q_T$  (cuyo valor se muestra en la tabla que se incluye a continuación), corresponde a un determinado período de retorno  $T$  y pertenece a la subcuenca de Monroyo, la cual ha sido utilizada para dimensionar los elementos de drenaje.

Para obtener el valor del caudal de proyecto se calculado mediante el método racional.

:

$$Q_T = \frac{K_t}{3,6} \cdot I(T, t_c) \cdot \sum [C_i \cdot A_i]$$

T (años)	$K_t$	C	I (T, $t_c$ ) (mm/h)	A (Km <sup>2</sup> )	Q (m <sup>3</sup> /s)
25	1.11	0.13	3.54	68.89	9.47
100	1.11	0.20	4.64	68.89	19.66

Tabla I: Tabla resumen y caudal en m<sup>3</sup>/s de la subcuenca de Monroyo.

Fuente: Elaboración propia.

### VII.2 Drenaje longitudinal

Para dimensionar el drenaje longitudinal se han realizado cunetas triangulares no simétricas a modo de canal en lámina libre, estableciéndose como periodo de retorno el establecido por la norma, siendo por lo tanto  $T = 25$  años.

Las características geométricas del tipo de cuneta que se va a disponer son las siguientes:

- Cuneta triangular NO simétrica.
- Anchura total (B): 2.00 m
- Profundidad (H): 0.5m.

- Talud interior de la plataforma: 3H: 1V
- Talud exterior a la plataforma: 1H: 1V
- Revestimiento de hormigón (e) de 0.10 m

Además de las cunetas, se colocan bajantes prefabricadas de hormigón en las zonas de terraplén, compuestas por módulos de 0.80 m de longitud y espesor de 0.25m. Entre el terreno natural y el hormigón en masa "in situ" se vierte, además, una capa de geotextil.

La sección de entrada de cada módulo es de 0.60 m x 0.25m y la de salida de 0.50m por 0.20m.

Se ha verificado que se cumplen las limitaciones a cumplir por la Instrucción de carreteras 5.2-IC "Drenaje Superficial" en cuanto a lo relativo a la capacidad hidráulica de los elementos lineales y a la velocidad media del agua para el caudal de proyecto.

### VII.3 Drenaje transversal

Con el drenaje transversal se restituye la continuidad de la red de drenaje natural del terreno una vez ejecutadas las obras, permitiendo el paso del caudal de proyecto a su través, cumpliendo los requisitos que se especifican en la Instrucción de carreteras 5.2-IC "Drenaje Superficial" y con un  $Q_p$  de proyecto correspondiente a la cuenca de Monroyo con un período de retorno de  $T = 100$  años.

En el presente tramo se disponen de 5 obras de drenaje transversal, pero únicamente se han dispuesto dos tipos distintos de sección constructiva para realizar su análisis, considerando que para el resto de casos el procedimiento es el mismo pero cambiando las condiciones de contorno.

Se realizan, por lo tanto, marcos ejecutados "in situ" de hormigón armado, cuyas secciones son de 8.00 x 4.50 metros y de 2.00 x 2.00 metros, respectivamente.

Para verificar que los marcos escogidos cumplen con la normativa antes especificada, se ha comprobado, por un lado, que  $H_E$  es inferior a uno coma dos veces la altura libre de cada ODT.

Además, para comprobar que la altura de agua es inferior a uno coma dos veces la altura libre del conducto ( $H_E < 1,2$ ), se ha realizado una modelización hidráulica mediante el programa HEC-RAS.

Tras la realización de todas las comprobaciones pertinentes, se considera que tanto el drenaje longitudinal como transversal proyectados en el tramo, para los distintos períodos de retorno establecidos, disponen de capacidad suficiente para ser capaces de evacuar los caudales de proyecto que les correspondan.

## VIII. Estudio Estructural

### VIII.1 Paso de fauna en el P.K 4+580

#### VIII.1.a. Descripción

Se predimensiona un paso superior que permita el paso de fauna situado en el P.K. 4+580 del tramo de estudio utilizando para realizar los cálculos y los dimensionamientos pertinentes el programa informático Prontuario de Hormigón Estructural 3.0 y programando una hoja de cálculo.

El paso de fauna estará conformado por los siguientes elementos:

El tablero tiene un ancho constante de 12 m y una longitud de 22 m de eje de apoyo a eje de apoyo del estribo. Por otro lado, su sección resistente se compone por 6 vigas pretensadas isostáticas prefabricadas tipo I-105R separadas 1.14 m entre alas consecutivas, sobre las cuales se apoya una losa de espesor total 0.2m conformada por prelosas prefabricadas PRL8x120 T4 de espesor 0.08 m que se dispondrán sobre las vigas y sirven de encofrado perdido y una capa de H.A.30 in situ mejorando así el comportamiento de la estructura.

El canto del conjunto de la sección será la suma de canto de la viga y de la losa, resultando ser de 1.25m.

Además, sobre el tablero se colocan dos capas de tierra para el paso de los animales. Una de esas capas es de zahorra artificial con un espesor de 0.15 m y sobre ésta se añade otra de tierra vegetal de 0.45 m de espesor. En la parte exterior del tablero se sitúan dos cerramientos de protección fabricados con madera, de 2.5 m de altura.

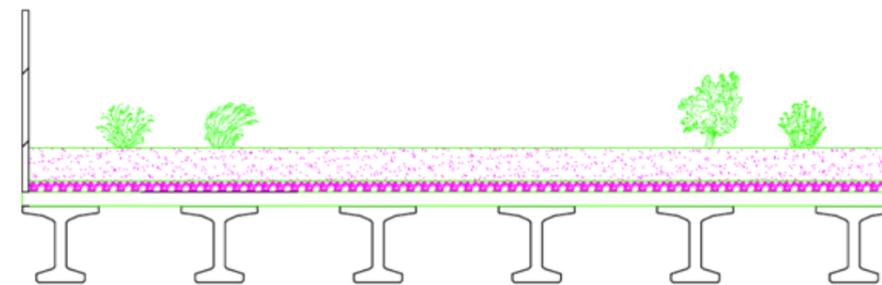


Imagen VI: Croquis del tablero del paso superior.

Fuente: Elaboración propia

Los estribos del paso superior son también prefabricados, colocándose en cada uno de ellos 5 módulos de muro nervado de anchura 2.40 m para el apoyo del tablero y de 9 m de altura (sin contar con la altura de la zapata, que será de 1m). Además se incluyen sendos paneles de 2.40 m más a cada lado de 10 m de altura, enmarcando el tablero.

El apoyo del tablero se resuelve por medio de aparatos de apoyo que se colocan directamente sobre los muros que conforman los estribos a ambos extremos del puente. Estos apoyos son de neopreno zunchado tipo A, completamente recubiertos de elastómero y cuyos recubrimientos superior, inferior y laterales son de 2.5 mm de espesor, siguiendo la normativa "Recomendaciones para el proyecto y puesta en obra de los apoyos elastoméricos para puentes de carretera". Las dimensiones del aparato son de 200 x 250 mm, con un espesor de capa de 8 mm y de zuncho de 3 mm.

#### VIII.1.b. Comprobaciones E.L.U y E.L.S.

Para predimensionar el paso superior se ha verificado individualmente que cada elemento conformante del tablero cumple con los estados límite último y estado límite de servicio pertinentes.

La comprobación del E.L.U de resistencia de las piezas prefabricadas se ha realizado comparando los momentos de cálculo obtenidos con la hoja de cálculo con los momentos últimos facilitados en los catálogos de los fabricantes. Para la losa de hormigón armado, en cambio, se ha utilizado el programa nombrado previamente para diseñar su armado y conocer su momento último resistente-

Además del buen comportamiento resistente, se verifica asimismo el cumplimiento de la limitación de flecha, así como el E.L.S de Fisuración. En este último caso, se obtienen los momentos más desfavorables para la combinación cuasi-permanentes para estos elementos, comparando con los momentos de fisuración detallados en los catálogos y calculados, para comprobarse que no se produce fisuración en ninguno y que por lo tanto no se hace necesario calcular la abertura de fisura.

## VIII.2 Marcos de las O.D.T.

### VIII.2.a. Descripción

Las obras de drenaje transversal que se van a dimensionar son las que se encuentran localizadas en el tramo de carretera de estudio en los P.k. 5+142 y 5+839, y se calculan como las representativas del tramo completo de estudio.

El marco localizado en el P.k. 5+142 tiene unas dimensiones de 8 x 4.5 m, mientras que el que está en el P.k. 5+839 tiene unas dimensiones de 2 x 2m. Los marcos constan de una losa inferior que funciona como cimentación, de dos hastiales laterales y de una losa superior, todo de H.A-30 con armaduras de acero B-500S.

Por otro lado, para contener las tierras de la traza de la carretera se dispondrían, tanto a la entrada como a la salida de los marcos, aletas de canto variable y espesor del alzado constante, aunque su cálculo no se realizará en el presente estudio.

La geometría de sendos marcos se incluye a continuación (cotas en m).

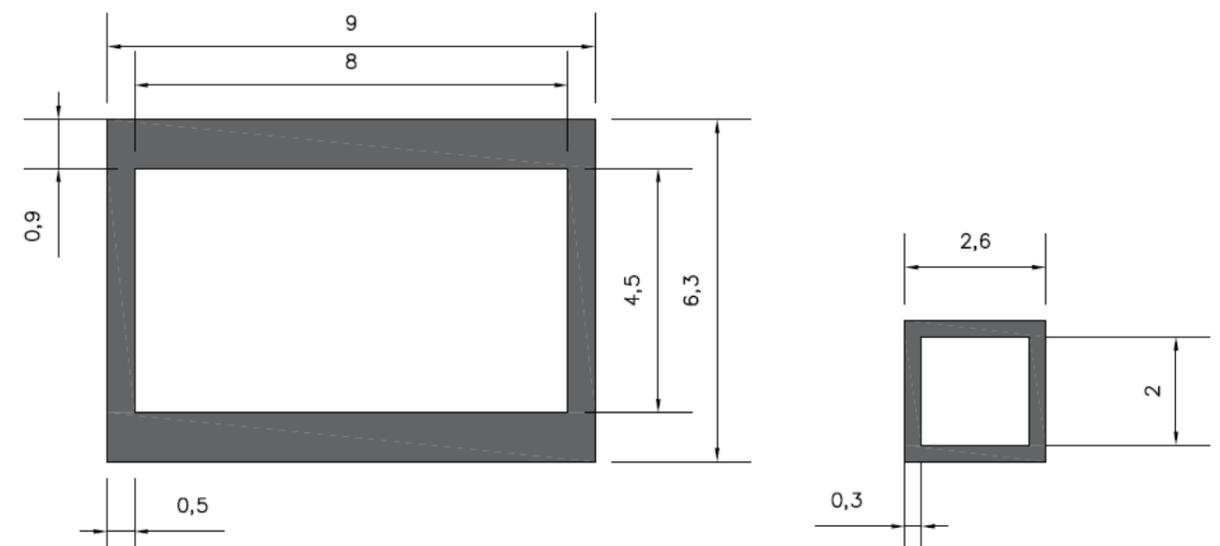


Imagen VII: Croquis marcos.

Fuente: Elaboración propia con AutoCad.

### VIII.2.b. Introducción del modelo en SAP2000

El método utilizado para realizar los cálculos se ha basado en el procedimiento recomendado en un video tutorial obtenido del PoliMedia, cuyo autor es el profesor de la UPV Julián Alcalá.

Los marcos se introducen en SAP como estructuras de cuatro vigas que discurren por las directrices de las losas y los hastiales. Cada una de estas viga se discretiza en elementos finitos, dividiendo cada uno de los marcos en varios elementos. Se dividen los marcos en 10 elementos por cada una de las 4 vigas y se numeran los vértices. Por otro lado, la losa inferior de los marcos funciona como cimentación flexible y se realiza una aproximación de su comportamiento real suponiendo que el apoyo inferior de los nodos está compuesto por muelles, cuya constante elástica se deduce del módulo elástico del terreno.

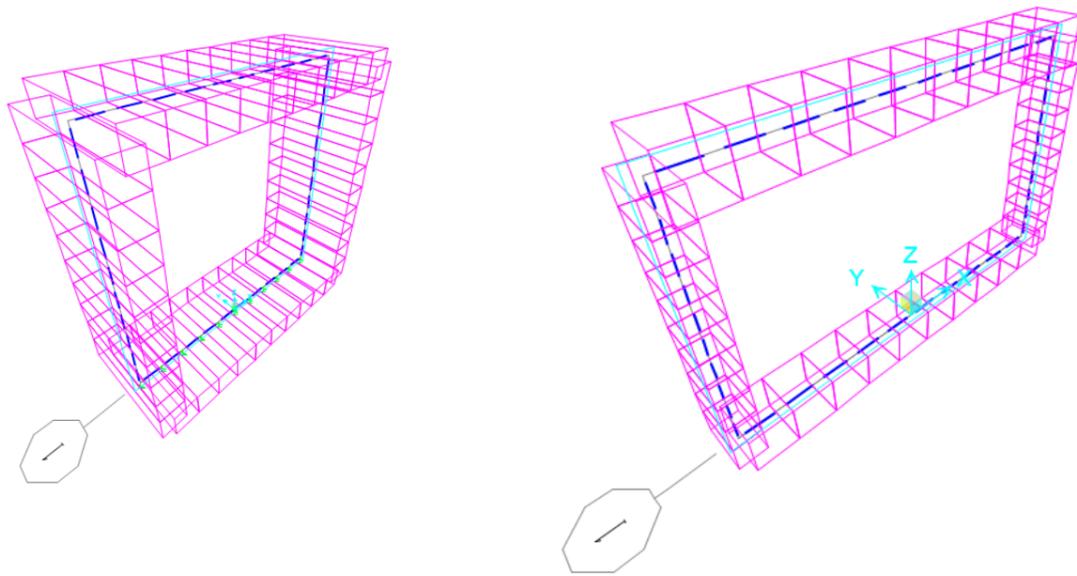


Imagen VIII: Modelo marcos.

Fuente: Elaboración propia con SAP2000

### VIII.2.c. Comprobaciones E.L.U y E.L.S.

Para dimensionar la armadura necesaria para resistir los esfuerzos de flexocompresión, se consideran las envolventes de Estado Límite Último obtenidas mediante el modelado de los marcos en SAP2000, a partir de los valores máximos y mínimos de los momentos flectores así como de sus axiles concomitantes. Para el dimensionamiento del armado se ha utilizado el Prontuario de Hormigón Estructural 3.0.

Se ha dimensionado también la armadura a cortante de las secciones y verificado el E.L.S. de Fisuración. Al fisurar todos los elementos de los marcos se hace necesario realizar el control de la abertura de fisura sirviéndonos de los resultados obtenidos en el citado programa y comprobando que en todas las secciones se cumple con la limitación de abertura característica.

## IX. Conclusiones

De acuerdo con lo expuesto en la presente memoria, así como en el conjunto de anejos y planos se adopta la Alternativa 3 como solución final para realizar el estudio de acondicionamiento del tramo de la carretera N-232 entre los P.Ks 88.200 y 106.450. Dicha alternativa cumple todas las normativas actuales es la que presenta mayores ventajas globales, desde los puntos de vista técnico, funcional y de seguridad.

Valencia, Junio 2016

Fdo. Paloma Cebrián Sánchez

Fdo. Antonio Molina Martínez

Fdo. Marta Palomar Ordóñez