

**Escuela Técnica  
Superior de Ingeniería  
de Caminos, Canales y  
Puertos**



**UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA**

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA**  
**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS,  
CANALES Y PUERTOS**

**GRADO EN INGENIERÍA DE OBRAS PÚBLICAS**

TRABAJO FIN DE GRADO

**“Proyecto de reposición del camino en el P.K.  
7+129 del tramo Cocentaina-Muro de Alcoy de la  
A7”**

**Tutor: Julián Alcalá Gonzalez**

**Autor: Ana Cervera Vallbona**

**Valencia, Junio 2014**

# **MEMORIA**

## **ÍNDICE**

- 1. OBJETO Y ALCANCE**
- 2. ANTECEDENTES**
- 3. SITUACIÓN ACTUAL Y LOCALIZACIÓN**
- 4. CARTOGRAFÍA Y TOPOGRAFÍA**
- 5. GEOLOGÍA Y GEOTECNIA**
- 6. SISMO**
- 7. ESTUDIO DE SOLUCIONES**
- 8. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA**
- 9. CÁLCULO DE ESTRUCTURAS**
- 10. DRENAJE**
- 11. VALORACIÓN**
- 12. DOCUMENTOS QUE INTEGRAN EL PROYECTO**

## 1. OBJETO Y ALCANCE

El presente Proyecto de Construcción desarrolla la definición y valoración de las obras a efectuar para la construcción del paso inferior en el PK 7+129 de la Autovía del Mediterráneo A-7, en su tramo Cocentaina-Muro de Alcoy, término municipal de Muro de Muro de Alcoy (Alicante).

Con la construcción del paso inferior se pretende dar solución al efecto barrera que supondrá la implantación de la autovía sobre la carretera autonómica CV-700.

Cabe decir que el paso inferior se construye al unísono con las obras de construcción de la citada autovía.

Este proyecto constituye el Trabajo Fin de Grado del autor, y se presenta para cumplir el requisito necesario para la obtención del título de Grado de Obras Públicas, especialidad en Construcciones Civiles.

## 2. ANTECEDENTES

El título de este proyecto, "Proyecto de la reposición del camino en el PK 7+129 del tramo Cocentaina - Muro de Alcoy de la A7", fue propuesto por la Escuela Técnica Superior de Caminos Canales y Puertos de Valencia como trabajo final de grado y asignado por la propia escuela al autor del mismo. El tutor del proyecto ha sido el profesor D. Julián Alcalá González, profesor de la Escuela Técnica Superior de Caminos, Canales y puertos de Valencia y desarrollado como Trabajo Final de Grado.

## 3. SITUACIÓN ACTUAL Y LOCALIZACIÓN

El paso inferior está ubicado en la Comunidad Valenciana, concretamente en la localidad de Muro de Alcoy perteneciente a la provincia de Alicante.



Más concretamente el paso inferior se encuentra en el PK 7+129 de tramo Cocentaina- Muro de Alcoy de la A-7 en su cruce con la CV-700.



#### 4. CARTOGRAFÍA Y TOPOGRAFÍA

Para la redacción del proyecto se ha requerido un levantamiento cartográfico de la zona.

Se ha empleado el levantamiento topográfico realizado para la construcción de la A-7, del "Proyecto de Construcción de la Autovía del Mediterráneo".

#### 5. GEOLOGÍA Y GEOTECNIA

La geología de la zona, consta de un primer nivel de arcillas limosas firmes (Qal-C) y otro nivel de margas arcillosas/ arcillas margosas (TAP) cuyos parámetros son:

##### NIVEL A. ARCILLAS LIMOSAS FIRMES (Qal-C)

Resistencia a corte sin drenaje:	$C_u = 0,40 \text{ kg/cm}^2$
Ángulo de rozamiento efectivo:	$\phi = 28^\circ$
Cohesión efectiva:	$c' = 0,00 \text{ kp/cm}^2$
Densidad aparente:	$\gamma = 1,90 \text{ t/m}^3$
Densidad seca:	$\gamma_d = 1,60 \text{ t/m}^3$
Módulo de deformación efectivo:	$E' = 90 \text{ kg/cm}^2$

NIVEL B. MARGAS ARCILLOSAS/ARCILLAS MARGOSAS (TAP)

Resistencia a corte sin drenaje:	$C_u = 2,25 \text{ kg/cm}^2$
Ángulo de rozamiento efectivo:	$\phi = 29^\circ$
Cohesión efectiva:	$c' = 0,10 \text{ kp/cm}^2$
Densidad aparente:	$\gamma = 2,00 \text{ t/m}^3$
Densidad seca:	$\gamma_d = 1,70 \text{ t/m}^3$
Módulo de deformación efectivo:	$E' = 400 \text{ kg/cm}^2$

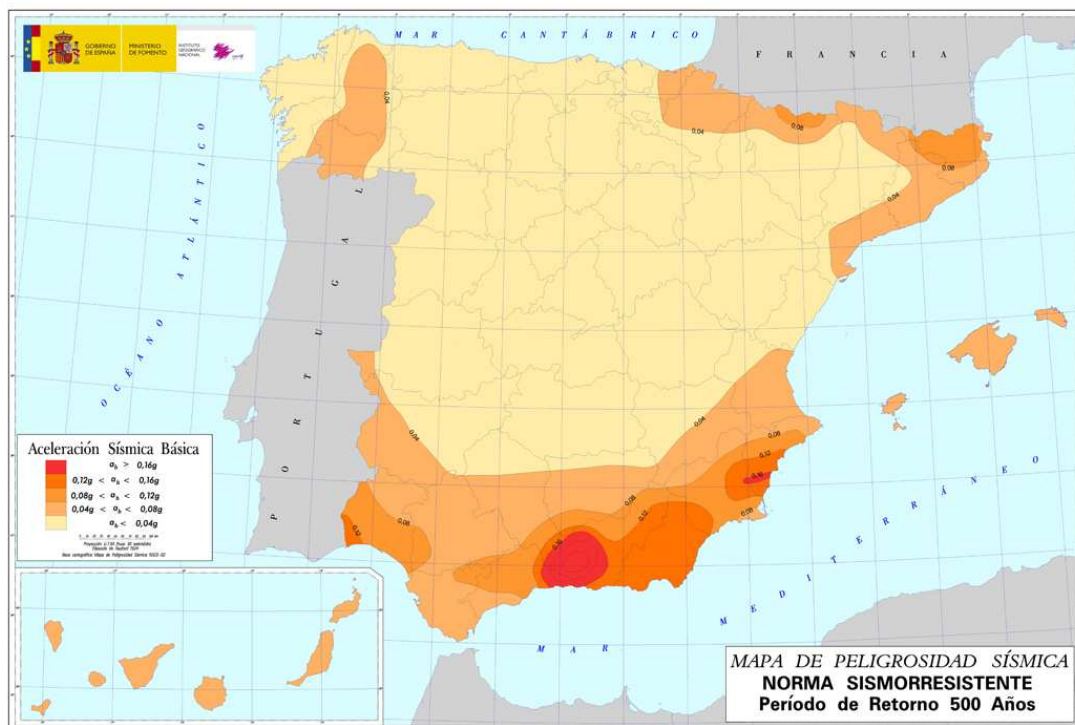
Según los datos recopilados del “Proyecto de la Autovía del Mediterráneo” es necesaria la sustitución de unos 2.80 metros de potencia de material existente por escollera, ya que el material arcilloso del nivel superficial tiene una consistencia media/baja desde el PK 7+ 060 hasta el PK 7+ 240.

En cuanto a la geotecnia, se ha adoptado un coeficiente de balasto de:

$$K_v=36 \text{ MN/m}^3$$

## 6. SISMO

La Norma de Construcción Sismorresistente: Parte Puentes (NCSP-07) incluye el mapa sísmico de la aceleración sísmica básica de la Norma de Construcción Sismorresistente NCSE-02 que es el que se muestra a continuación. Esta aceleración es el valor característico de la aceleración horizontal de la superficie del terreno, correspondiente a un período de retorno de 500 años.



La aceleración sísmica horizontal de cálculo se define como:

$$ac = S \rho ab \quad (\text{apartado 3.2})$$

La aceleración sísmica básica en Muro de Alcoy es de 0.07g, por tanto, la aceleración sísmica horizontal de cálculo es:

$$ac = 1.28 \times 1.30 \times 0.07g = 0.11648g$$

Según la Norma Construcción Sismorresistente para Puentes es necesaria la consideración de las acciones sísmicas en las situaciones en las que la aceleración sísmica de cálculo cumpla:

$$ac > 0.04g$$

## 7. ESTUDIO DE SOLUCIONES

Con el estudio de soluciones se pretende realizar la elección de la mejor alternativa de ejecución del paso inferior para la realización del presente proyecto.

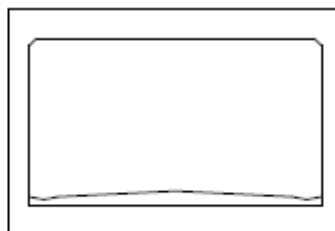
Para ello se describirán los condicionantes técnicos de partida, se propondrá un conjunto de posibles soluciones estructurales, se determinarán los criterios de juicio a aplicar, se analizarán con ellos las propuestas técnicas ya planteadas, se concluirá justificadamente con la mejor de todas y se ampliará la descripción de ésta última.

Los principales criterios de valoración son: funcionalidad, construcción, conservación, impacto ambiental, estética y economía.

Las distintas soluciones propuestas son:

- Solución 1: Pórtico en U invertida de hormigón armado.
- Solución 2: Marco cerrado hormigón armado prefabricado
- Solución 3: Marco cerrado hormigón armado "in situ".

Resultando como elegida la solución 3. El estudio de dicha solución se lleva a cabo en el Anejo nº 3 Estudio de Soluciones y constituye uno de los anejos fundamentales del presente proyecto.



MARCO DE HORMIGÓN ARMADO EJECUTADO "IN SITU"

## 8. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

El paso inferior de la autovía A-7 para la reposición de la carretera CV-700, se va a realizar, como se ha comentado en el punto anterior, con un marco cerrado de hormigón armado ejecutado in situ.

El marco se rematará en sus extremos exteriores con dos aletas de hormigón armado.

### Marco

El marco tiene 11.00 metros de gálibo horizontal interior y 5.50 metros de gálibo vertical interior, con una longitud total del marco de 60.00 metros.

La montera de tierras, entendiéndose por esta la suma del terraplén y del firme de la autovía, que soportará el techo de esta estructura será de 3.00 metros.

La losa inferior del marco tiene un espesor de 1.10 metros, al igual que la losa superior, y los hastiales tienen un espesor de 0.80 metros.

Se dispone de una ménsula en cada hastial de 0.30 metros donde se apoyarán las losas de transición.

Los materiales que se emplean son hormigón HM-15 a modo de hormigón pobre para nivelación de la cota del terreno, para el marco será HA-25/B/20/IIa y el acero B500S.

### Aletas

Las aletas tendrán unas dimensiones apropiadas para soportar el empuje de tierras y la carga diferida proveniente de las sobrecargas de la vía. Éstas nacerán de las esquinas de las dos secciones extremas del marco, dispuestas formando un ángulo en planta con respecto a la directriz del camino de:

- Aleta inicial izquierda: 2°
- Aleta inicial derecha: 38°
- Aleta final izquierda: 25°
- Aleta final derecha: 4°

La aleta inicial izquierda y la final derecha tendrán 20 metros de longitud y la inicial derecha y final izquierda tendrán 13.4 metros de longitud. De este modo se tendrá dos tipos de aletas distintos.

Las aletas tipo 1, que son las de 13.4 metros de longitud estarán configuradas por 3 secciones distintas con diferente geometría y configuración de armado y las aletas tipo 2, las de 20 metros, se configurarán en 4 secciones.

Con ello se pretende optimizar el empleo de acero en la construcción, ya que las situaciones tensionales soportadas van variando a medida que la aleta se aleja del marco.

La sección 1 de cada aleta se corresponde con su arranque desde los hastiales del marco y donde la altura del alzado es máxima (6.60 m), y la sección 3 o 4' dependiendo de si es aleta tipo 1 o 2 que serán las secciones más alejadas del marco que finalizarán con una altura mínima (1 m).

Las secciones tienen la siguiente longitud:

- Aletas tipo 1 (13.4 m):
  - Sección 1: 4.5 m
  - Sección 2: 4.5 m
  - Sección 3: 4.4 m
- Aletas tipo 2 (20 m):
  - Sección 1': 5 m
  - Sección 2': 5 m
  - Sección 3': 5 m
  - Sección 4': 5 m



El ancho del muro será 0.65 m en los dos tipos de aletas y en cuanto a las zapatas tendrán un espesor de 0.75 m.

La definición de las distintas secciones en cuanto a su altura y dimensiones de la zapata será la siguiente:

- Aletas tipo 1 (13.4 m):

Sección 1: Talón= 3 m; Puntera=1.5 m; H=[6.6, 4.72] m

Sección 2: Talón= 2.5 m; Puntera=1 m; H=[4.72, 2.84] m

Sección 3: Talón= 1 m; Puntera=0.5 m; H=[2.84,1] m

-Aletas tipo 2 (20 m):

Sección 1': Talón= 3 m; Puntera=1.5 m; H=[6.6,5.2] m

Sección 2': Talón= 2.5 m; Puntera=1 m; H=[5.2,3.8] m

Sección 3': Talón= 1.5 m; Puntera=0.7 m; H=[3.8,2.4] m

Sección 4': Talón= 1 m; Puntera=0.5 m; H=[2.4,1] m

### Losa de transición

Diseñada de acuerdo con las indicaciones del documento Nota de servicio sobre losas de transición en obras de paso, medirá 5 m de longitud desde su arranque en el hastial sobre un dado de apoyo visto en la sección del marco y un espesor de 0.30 m.

## **9. CÁLCULO DE ESTRUCTURAS**

### Acciones a considerar

Las acciones a considerar son las indicadas en la Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera (IAP-98)

Acciones permanentes (G)

- Peso propio.
- Peso tierras

Cargas permanentes de valor no constante (G\*)

- Empuje activo
- Empuje al reposo del terreno

Acciones variables

- Tren de cargas
- Sobrecarga uniformemente repartida
- Sobrecarga en terraplenes adyacentes

Accidentales

- Sismo

### Características de los materiales

Hormigón para armar:

En la construcción del marco, las aletas y las losas de transición se emplearán:

- HM-15, para limpieza y nivelación.
- HA-25/B/20/IIa como material estructural en marco, losas y aletas.

Acero en armaduras pasivas:

Para todas las estructuras se empleará acero soldable en forma de barra corrugada tipo B500S.

### Coeficientes de seguridad

La seguridad en el proyecto se ha introducido mediante el método de los Estados Límite, que supone la aplicación de coeficientes de minoración de resistencias y de mayoración de acciones. Los coeficientes vienen marcados por la normativa vigente y son los normalmente empleados en este tipo de obras. La misma normativa establece la hipótesis de combinación de acciones. En el Anejo 4: Cálculo de estructuras se puede ver una mayor descripción del método empleado.

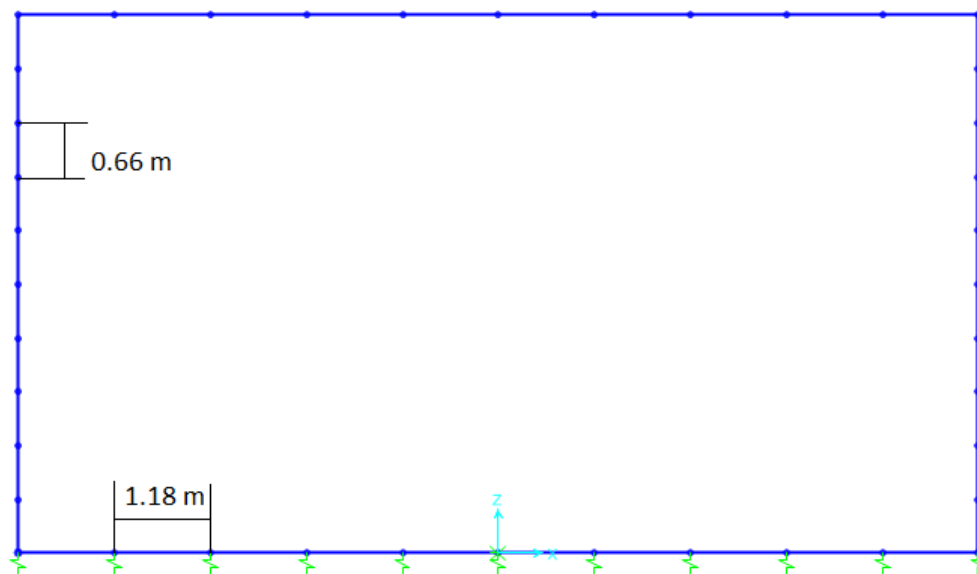
### Modelización de la estructura

La estructura del cajón se calculará por elementos finitos tipo marco mediante nudos y barras, utilizando el programa informático "SAP-2000", con el fin de calcular los distintos esfuerzos de rotura (Cortante, axil y flector).

De esta manera y tras definir e introducir en el programa informático las distintas sollicitaciones actuantes así como sus estados de carga, dicho programa nos devolverá por cada tramo la carga máxima actuante, el estado de carga más desfavorable del correspondiente tramo.

Como hemos mencionado, la estructura del marco, que calcularemos por elementos finitos mediante nudos y barras utilizando el programa informático "SAP-2000" deberá ser modelizada previamente. Para realizar esta modelización se divide la misma en tramos equidistantes, concretamente, en 10 tramos por cada una de sus partes significativas, quedando así dividido del 1 al 10 en el hastial izquierdo, del 11 al 20 en la losa superior, del 21 al 30 en el hastial derecho y del 31 al 40 en la losa inferior.

Cabe destacar que en dicho programa la estructura queda modelizada mediante una sección transversal de 1.00 metros de espesor.



## 10. DRENAJE

La infiltración del agua procedente de las precipitaciones en el terraplén que conforma la plataforma de la autovía A7 puede causar serios problemas, es por esta razón, por la que para el drenaje del marco se dispondrá una lámina de geotextil protegiendo el trasdós de todos los elementos que estén en contacto con el terraplén además de la impermeabilización previa mediante pintura asfáltica. Al pie del trasdós de cada muro se dispondrá de un tubo dren de PVC ranurado doble de pared de  $\square$  150 mm, que conducirá el agua drenada hacia el exterior del terraplén para que no afecte a la estructura evitando así las sobrepresiones que pueda ocasionar.

Además se dispondrá de una capa de material drenante a base de gravas.

En definitiva, los materiales a emplear para un correcto drenaje del marco son:

- Lámina drenante de geotextil de 200 g/m<sup>2</sup>
- Tubo dren de PVC ranurado doble pared de  $\square$  150 mm.

## 11. VALORACIÓN

Se ha realizado una valoración aproximada de las obras proyectadas, para ello se han definido unas unidades de obra, agrupadas por capítulos, unas mediciones y unos precios unitarios, descritos en el Anejo nº 5: Valoración. El resultado obtenido ha sido el siguiente:

Descripción	Importe
CAPITULO 1. MOVIMIENTO DE TIERRA	13245.12
CAPITULO 2. ESTRUCTURAS	401633.84
CAPITULO 3. DRENAJE	19247.1
Valoración Total	434126.06

De manera aproximada podemos decir que las obras proyectadas se valoran en 434126.06 €.

Documento nº 1: MEMORIA

## 12. DOCUMENTOS QUE INTEGRAN EL PROYECTO

Documento nº 1: MEMORIA Y ANEJOS

1. MEMORIA
2. ANEJOS
  - Anejo nº 1: LOCALIZACIÓN, CARTOGRAFÍA Y TOPOGRAFÍA
  - Anejo nº 2: GEOLOGÍA Y GEOTECNIA
  - Anejo nº 3: ESTUDIO DE SOLUCIONES
  - Anejo nº 4: CÁLCULO DE ESTRUCTURAS
  - Anejo nº 5: VALORACIÓN

Documento nº 2: PLANOS

- 01\_SITUACIÓN
- 02\_EMPLAZAMIENTO
- 03\_PLANTA GENERAL
- 04\_DEFINICIÓN GEOMÉTRICA 1
- 05\_DEFINICIÓN GEOMÉTRICA 2
- 06\_DEFINICIÓN GEOMÉTRICA 3
- 07\_ARMADO MARCO
- 08\_DETALLE ZUNCHOS Y EXTREMOS DEL MARCO
- 09\_ARMADO ALETAS TIPO 1
- 10\_ARMADO ALETAS TIPO 2
- 11\_DESPIECE MARCO
- 12\_DESPIECE ALETAS

-