



UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA DE  
VALENCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE  
INGENIEROS DE CAMINOS,  
CANALES Y PUERTOS



**PROYECTO BÁSICO. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE UN ENLACE ENTRE LA AUTOVÍA RN23 Y  
LA RONDA ESTE DE TIARET (ARGELIA). DISEÑO ESTRUCTURAL.**

MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

CURSO ACADÉMICO 2015/2016

AUTORA:  
**LLORENS PÉREZ, CELIA**

TUTOR: **MOYÁ SORIANO, JUAN FRANCISCO**

FECHA: **SEPTIEMBRE 2016**

**Documento Nº1:**

**MEMORIA**

**ESTRUCTURA DE ENLACE ENTRE LA AUTOVIA RN23 Y  
LA RONDA ESTE DE TIARET, ARGELIA**

Autoras:

ÁNDUJAR ZABAL, Ángel

LLORENS PÉREZ, Celia

Tutor:

MOYÁ SORIANO, Juan Francisco

SEPTIEMBRE 2016

MASTER EN INGENIERÍA DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

CURSO 2015/2016

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



# *ÍNDICE GENERAL*

---



## ÍNDICE GENERAL

### **1. DOCUMENTO Nº1 MEMORIA**

- 1.1. ANEJO Nº1 ESTUDIO DE SOLUCIONES
- 1.2 ANEJO Nº2 DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA SUPERESTRUCTURA
- 1.3 ANEJO Nº3 INFORME GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS
- 1.4 ANEJO Nº4 CÁLCULOS GEOTÉCNICOS Y DE SUBESTRUCTURA
- 1.5 ANEJO Nº5 EQUIPAMIENTOS
- 1.6 PROGRAMA DE TRABAJOS
- 1.7 VALORACIÓN ECONÓMICA

### **2. DOCUMENTO Nº2 PLANOS**

- 1. Situación y emplazamiento
- 2. Planta general del entorno y ubicación del enlace
- 3. Vistas generales
- 4. Estribos. Definición geométrica
- 5. Estribos. Definición de armado
- 6. Pilas. Definición geométrica
- 7. Pilas. Definición de armado
- 8. Tablero. Definición geométrica
  - 8.1 Replanteo del tablero
  - 8.2 Localización de secciones I
  - 8.3 Localización de secciones II
  - 8.4 Sección por marco
  - 8.5 Sección Tipo I y sección Tipo II
  - 8.6 Sección por rigidizador transversal en Tipo I y en Tipo II
  - 8.7 Sección diafragma estribos
  - 8.8 Sección diafragma pilas



8.9 Detalle celosía-K

9. Tablero. Definición de armado

10. Equipamientos

10.1 Equipamientos I

10.2 Equipamientos II

11. Desvíos

11.1 Desvío en primera fase

11.2 Desvío en segunda fase

12. Proceso constructivo

12.1 Proceso constructivo I

12.2 Proceso constructivo II

12.3 Proceso constructivo III



# *DOCUMENTO Nº1: MEMORIA*

*Redactor:*

***Ángel Andújar Zabala***

***Celia Llorens Pérez***

---



<b>1. OBJETO.....</b>	<b>2</b>
<b>2. CONDICIONANTES .....</b>	<b>¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.</b>
2.1. NATURALES .....	2
2.2. FUNCIONALES.....	3
2.3. ESTÉTICOS .....	4
2.4. CONSTRUCTIVOS.....	4
2.5. ECONÓMICOS.....	4
<b>3. PLANTEAMIENTO INICIAL DE LAS ALTERNATIVAS.....</b>	<b>¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.</b>
<b>4. DESCRIPCIÓN DE LAS ALTERNATIVAS .....</b>	<b>4</b>
4.1. ARCO SUPERIOR.....	5
4.2. TERRAPLÉN Y DOS PUENTES TIPO VIGA .....	5
4.3. VIGA CONTINUA DE TABLERO MIXTO.....	6
<b>5. PREDIMENSIONAMIENTO DE LAS ALTERNATIVAS .....</b>	<b>¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.</b>
5.1. ARCO SUPERIOR.....	<b>¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.</b>
5.2. TERRAPLÉN Y DOS PUENTES VIGA .....	<b>¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.</b>
5.3. VIGA CONTINUA DE TABLERO MIXTO.....	<b>¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.</b>
<b>6. ANÁLISIS DE LAS ALTERNATIVAS .....</b>	<b>¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.</b>
6.1. ARCO SUPERIOR.....	<b>¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.</b>
6.2. TERRAPLÉN Y DOS PUENTES TIPO VIGA .....	<b>¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.</b>
6.3. VIGA CONTINUA DE TABLERO MIXTO.....	<b>¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.</b>
<b>7. COMPARACIÓN DE LAS DIFERENTES ALTERNATIVAS .....</b>	<b>¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.</b>
<b>8. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA .....</b>	<b>¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.</b>



## 1. OBJETO

El objeto del presente Proyecto Básico **Estructura de enlace entre la Autovía RN23 y la Ronda Este de Tiaret, Argelia** es la definición y valoración de las obras necesarias para la ejecución de un puente de enlace entre la Autovía RN23 y la Ronda Este de Tiaret, en Argelia. Esta nueva estructura evita la actual rotonda de intersección entre ambas vías, proporcionando un paso superior que da continuidad a la Ronda Este a la vez que sirve de enlace de esta con la Autovía RN23.

La obra proyectada consiste en un puente tipo viga continua de canto constante, formada por una sección mixta de dos cajones metálicos sobre los que descansa una losa de hormigón armado.

## 2. ANTECEDENTES

La actuación conlleva la realización de un paso superior que sirva de enlace entre la Autovía RN23 y la Ronda Este de Tiaret, de manera quede eliminada la función de enlace entre ambas vías que presenta la rotonda actual.

En la zona de actuación, la Ronda Este de Tiaret tiene un trazado que hemos definido como Sur-Norte, la cual se ve interrumpida de manera casi perpendicular por la Autovía RN23. Para resolver esta intersección se encuentra una rotonda, la cual dificulta el acceso entre vías. Por ello surge la necesidad de realizar un paso superior que facilite el enlace entre la Autovía y la Ronda.

La Entidad encargada de llevar a cabo este proyecto solicitó la elaboración y ejecución de un Proyecto que desarrollase un enlace entre ambas vías. En este Proyecto solo se requería diseñar el enlace para uno de los dos sentidos de circulación, en este caso el sentido Sur-Norte el cual está formado por dos carriles. Así mismo la propia Entidad, que solicita el desarrollo del Proyecto, ha realizado un estudio de trazado previamente a partir del cual ha determinado el trazado en alzado y planta que deberá tener el futuro enlace.



Figura 2. Situación actual del enlace entre la Autovía y la Ronda Este

La zona de actuación no se encuentra en una zona urbana. La solución adoptada debe integrarse con el entorno, por lo que no se busca una solución que presente una estética notoria sino que la estructura debe integrarse en el entorno abierto en el que se encuentran las obras. Este es uno de los condicionantes que deben tenerse en cuenta a la hora de escoger la alternativa más idónea en este caso, los cuales se detallan a continuación.

## 3. LIMITANTES Y CONDICIONANTES

### 3.1. Naturales

#### 3.1.1. Topografía

La región de Tiaret queda emplazada en un gran sinclinal desde el Sudoeste hasta el Noreste y relleno de depósitos carbonatados del mesozoico, la estructura litológica del tellien se caracteriza por el desarrollo de depósitos aluviales (materiales suelos), niveles calcáreos jurásicos y niveles de arenisca y margas miocenas.

La topografía natural de la zona es bastante regular en la cual no se encuentran fallas ni otros elementos naturales que puedan suponer un diseño especial o una peculiaridad en el cálculo (ver *Figura 2.1.1.a Imagen de la situación actual*)



Figura 3.1.1.a Imagen de la situación actual.





### 3.1.2. Hidrología

En el Estudio Geotécnico, proporcionado por la Autoridad encargada de llevar a cabo el enlace entre la Autovía RN23 y la Ronda Este de Tiaret, se determina que la zona no presenta nivel freático por lo que no existe presencia de agua que pueda condicionar las subestructura.

### 3.1.3. Acciones naturales

La estructura se puede ver sometida fundamentalmente a dos tipos de acciones naturales:

Acciones climáticas (lluvia, nieve, viento y temperatura): se diseñará la estructura de forma que resista las variaciones de longitud debidas a la temperatura y los esfuerzos inducidos por el viento y la nieve. Así mismo deberá evacuar las pluviales de forma eficiente.

Acciones sísmicas: La zona de estudio cuenta con una sismicidad de 0,12g, por lo que se diseñará la estructura de forma que resista la acción sísmica que presenta la zona de Tiaret.

### 3.1.4. Entorno paisajístico

El puente sirve de enlace entre la Autovía RN23 y la Ronda Este de Tiaret, Argelia.

Como se ha establecido anteriormente la zona de las obras se encuentra en un gran sinclinal donde la topografía es muy regular y donde no hay vegetación ni elementos de obra que caractericen el entorno, por lo que el entorno es abierto y despejado sin elementos que destaquen.

La solución seleccionada debe estar integrada y en armonía con el entorno natural que lo rodea. Así mismo, se deben buscar soluciones y procesos constructivos con poca afección al terreno y al entorno.

### 3.1.5. Geotecnia

El Informe Geotécnico de la zona del emplazamiento de las obras ha sido realizado por el laboratorio "Laboratoire Travaux Publics L'Ouest" y proporcionado por la autoridad encargada de la realización del enlace. En el informe se detallan los sondeos rotativos y las campañas geotécnicas realizadas tanto por el laboratorio "Laboratoire Travaux Publics L'Ouest" como los sondeos complementarios realizados por el laboratorio "Blamberg".

En dicho informe se determinan que la zona presenta tres niveles diferenciados:

- Nivel 0: Desde la cota 0 hasta la cota -2,7 m: constituidos por la capa superficial del aglomerado asfáltico que apoya sobre los rellenos granulares de las capas del firme. Este primer nivel presenta escasa importancia geotécnica ya que se procederá a excavar para implementar la cimentación.
- Nivel A: Desde la cota -2,7 m hasta la cota -5,0 m, donde el terreno se ha clasificado como arcillas limosas de baja plasticidad.
- Nivel B: Desde la cota -5 m hasta la máxima profundidad reconocida -20 m: se trata del sustrato terciario constituido por margas arcillosas de consistencia muy firme.

El terreno del nivel A es un terreno bueno con capacidad portante alta, por lo que es suficiente con alcanzar 2,7 m de profundidad para realizar la cimentación.

## 3.2. Funcionales

### 3.2.1. Trazado

La planta del puente debe dar continuidad a la Ronda Este, sobrepasando la Autovía RN23 y conservando la actual rotonda. La Autoridad encargada del proyecto ha realizado un estudio de trazado del enlace en el cual se ha determinado cual será la traza en planta del mismo. Por lo que la longitud del enlace es de 182 m, con la posibilidad de poder ampliarla o reducirla ligeramente si el diseño del enlace así lo requiere.

El trazado en alzado queda esencialmente sujeto a la actual rotonda que servirá de enlace entre la Ronda Este de Tiaret y la Autovía RN23. La rotonda afecta al emplazamiento de las pilas ya que deben situarse o bien dentro de la rotonda o bien lo suficientemente alejadas de la misma de manera que no se impida la circulación alrededor de la rotonda. Así mismo, es necesario ajustarse a las pendientes longitudinales sugeridas por la Autoridad encargada de proyecto, al mismo tiempo de asegurarse que se cumple con la normativa vigente que limita las pendientes longitudinales, siendo este límite de 12%.

### 3.2.2. Anchura del tablero

El enlace entre la Autovía RN23 y la Ronda Este de Tiaret, se ha resuelto mediante un puente de doble calzada, es decir, las calzadas correspondientes a cada sentido de circulación se encuentran separadas físicamente. Cada calzada cuenta con 9,6 m de ancho y da servicio a dos carriles en un mismo sentido de circulación. La Entidad responsable del proyecto ha encargado únicamente el diseño de una calzada para un único sentido de circulación.

El ancho total del puente es de 9,6 m, reservado para vehículos a motor, conformando dos carriles en un mismo sentido de 3,5 m de ancho.

### 3.2.3. Gálibo

Como se ha detallado en el apartado del condicionante de trazado se debe continuar dando servicio a la rotonda que quedará bajo el puente de enlace, por lo que es necesario respetar una distancia de seguridad entre la calzada de la rotonda y el tablero del puente para evitar molestias o daños a los usuarios.

El galibo que debe respetarse, como mínimo, es de 5 m.

### 3.2.4. Pendientes

Las pendientes longitudinales del enlace no deben superar el 12% por razones de accesibilidad de los vehículos y al mismo tiempo debe ser suficiente para asegurar la evacuación de las pluviales del tablero, con un mínimo de 0,5%

La pendiente transversal mínima será del 2% en los carriles para asegurar la evacuación de pluviales en el tablero.



### 3.2.5. Conductos para servicios

No debe preverse ningún espacio para ubicar conducciones de la red de servicios ya que la Autoridad responsable del proyecto ha determinado que no es necesario. Sin embargo debe preverse la evacuación de pluviales del tablero y las conducciones necesarias para llevar a cabo el drenaje.

### 3.3. Estéticos

#### 3.3.1. Estética + durabilidad, funcionalidad y seguridad

Se dará especial preferencia a las soluciones englobadas en la seguridad y durabilidad sin despreciar el factor estético.

#### 3.3.2. Área natural próxima

Se debe tener en consideración el diseño estético del conjunto, integrándolo con el medio ambiente del entorno próximo a la zona de actuación.

### 3.4. Constructivos

#### 3.4.1. Presencia de maquinaria pesada

Será necesario habilitar una zona para el almacén de la maquinaria y facilitar un vial de acceso con anchura suficiente para el paso y maniobras de la misma. Así mismo, disponer de una zona de acopio de materiales y una zona de escombros.

#### 3.4.2. Relleno

Para satisfacer la normativa de accesibilidad se necesitará la ejecución de un relleno para la construcción de las rampas de entrada y salida.

#### 3.4.3. Plazos de ejecución

Es conveniente establecer un plazo máximo de ejecución para evitar prolongaciones excesivas en la duración de las actividades. Se deberán buscar soluciones con procedimientos de construcción que agilicen y faciliten la ejecución.

#### 3.4.4. Legislación

Es necesario cumplir con la normativa técnica vigente en este País (Argelia), así como la redacción y cumplimiento de un estudio de seguridad y salud e impacto ambiental, los cuales no pertenecen al alcance de este proyecto.

### 3.5. Económicos

A pesar de no existir limitación de presupuesto es conveniente tener en cuenta en todo momento el coste global tanto de la estructura como de su mantenimiento para tratar de encontrar una solución lo más económica posible sin dejar de lado la funcionalidad, seguridad y estética.

## 4. ESTUDIO DE SOLUCIONES

Desde un principio se descartan todas aquellas soluciones cuyo elemento resistente se considera excesivo para este proyecto debido a su elevado coste económico frente al relativamente poco valor arquitectónico que proporciona un puente de enlace entre una autovía y una ronda en un emplazamiento alejado de la zona urbana. Además son descartadas ya que no son viables para la luz de este proyecto. De esta forma, se descartan las tipologías colgante y atirantada.

Por lo tanto, se van a analizar las siguientes soluciones de enlace:

- Terraplén + puentes de luz reducida: se trata de realizar terraplenes en las partes exteriores (rampas de acceso) e interiores a la rotonda y proyectar dos puentes de pequeña luz que salven los carriles de circulación de la rotonda.
- Puente tipo arco: se trata de realizar las rampas de acceso mediante un tablero tipo viga y la parte central, que salva la rotonda inferior, sustentada mediante un arco superior.
- Puente de vigas: se trata de realizar todo el enlace mediante un puente de vigas continuas apoyado en pilas.

### 4.1. Descripción de las alternativas

Como se ha detallado en el condicionante de trazado, la longitud del enlace viene dada, siendo esta de 182m. Sin embargo, no es necesario realizar un único puente que abarque dichos metros, se pueden realizar soluciones que no conlleven la realización de un puente de 182 m de luz.

Existen un conjunto de características que se pueden fijar desde un primer momento y que serán comunes a todas las alternativas:

- El ancho del tablero será de 9,6 m
- El trazado en alzado del tablero: constaran de dos rampas de acceso con una pendiente del 7% y una parte central con la pendiente mínima del 1,5% para evacuación de pluviales.
- El gálibo inferior deberá respetar el mínimo establecido por la normativa, siendo este de 5 m.
- La pendiente longitudinal máxima no superará el 12%



### Arco superior

En primer lugar se plantea una solución en la cual las rampas de acceso se resuelven mediante dos puentes de 49 m cada uno, los cuales presentan un tablero tipo viga de sección mixta. Los 84 m centrales se han diseñado para resistir con un arco superior y un tablero de sección mixta.

La luz total del puente es de 182m, presentando 5 vanos: 21 m, 28 m, 84m, 28m y 21m.

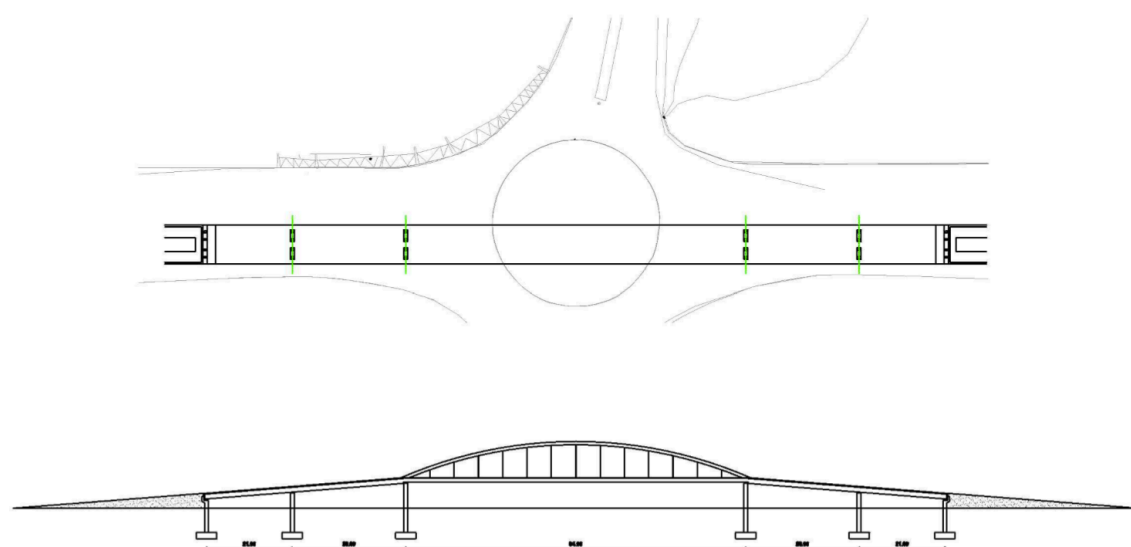


Figura 4.1.a. Alzado y planta del arco superior

Como sistema primario se plantean dos arcos verticales de 8m de altura situados en los extremos del tablero y las péndolas que se encuentran situadas cada 6 metros. El tablero esta formado por dos vigas longitudinales, que resisten principalmente las tracciones, situadas en los extremos del tablero y una losa de hormigón armado de 20 cm de canto.

Así mismo se dispondrán los rigidizadores necesarios tanto para evitar el pandeo del arco, como los rigidizadores de las vigas del tablero.

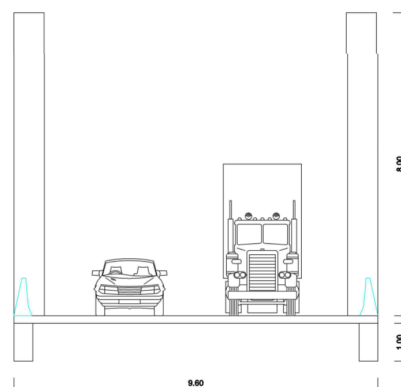


Figura 4.1.b. Sección transversal arco superior

### Terraplén y dos puentes tipo viga

En esta segunda alternativa se abandona la idea de desarrollar el elemento resistente principal por encima del tablero y se introduce la idea de realizar el enlace sin la necesidad de realizar un puente de 182m. El enlace esta formado por dos rampas de acceso y dos puentes tipo viga de 20m que salvan los carriles de la rotonda inferior de manera que se permite el servicio por la ronda.

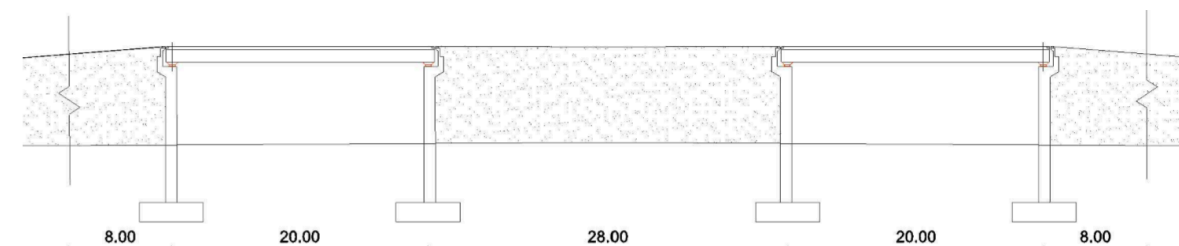


Figura 4.1.c. Alzado Alternativa 2

Los estribos de los extremos se plantean con las aletas inclinadas para retener las tierras de los terraplenes de las rampas de acceso, mientras que los estribos que se emplazan en la rotonda se plantean con las aletas perpendiculares ya que no se puede realizar un terraplén en la rotonda.

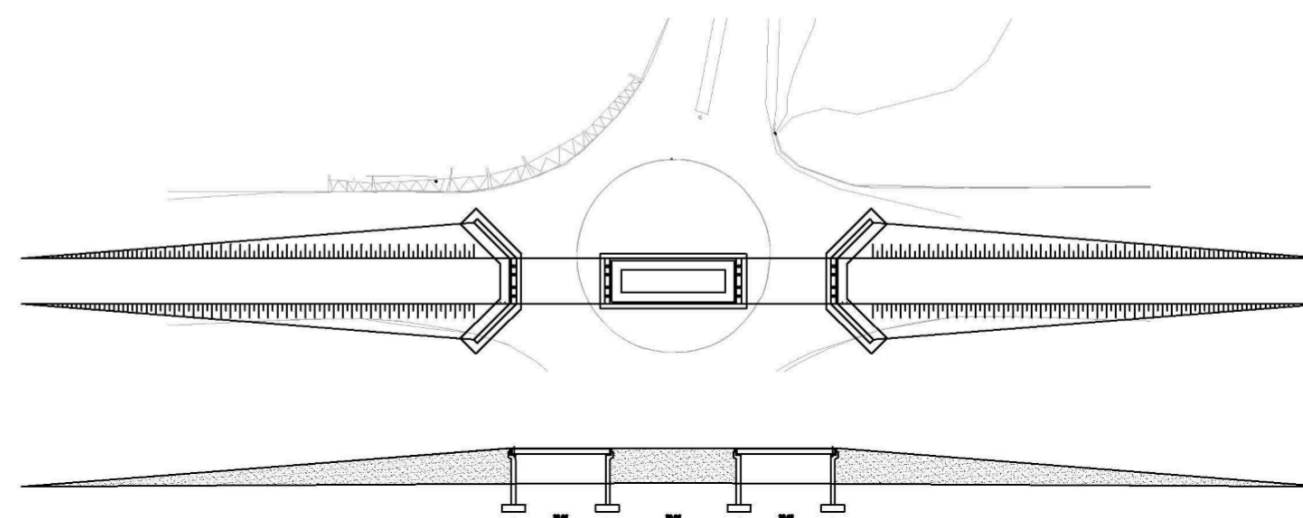


Figura 4.1.d. Planta y alzado Alternativa 2

La sección transversal del tablero esta formada por 6 vigas de hormigón pretensado y una losa superior de hormigón armado.

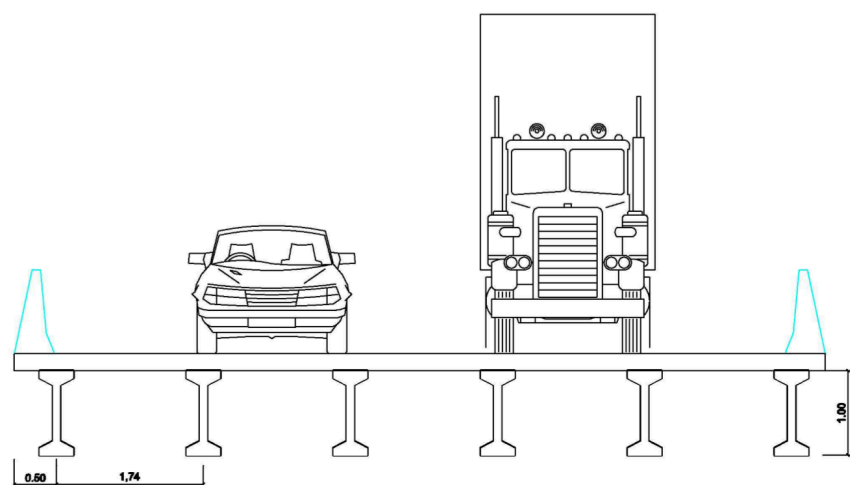


Figura 4.1.e. Sección transversal Alternativa 2

### Viga continua de tablero mixto

En tercer lugar se plantea realizar el enlace mediante un puente tipo viga de 182m, formado por 7 vanos: los dos vanos de los extremos de 21m y los 5 vanos centrales de 28m

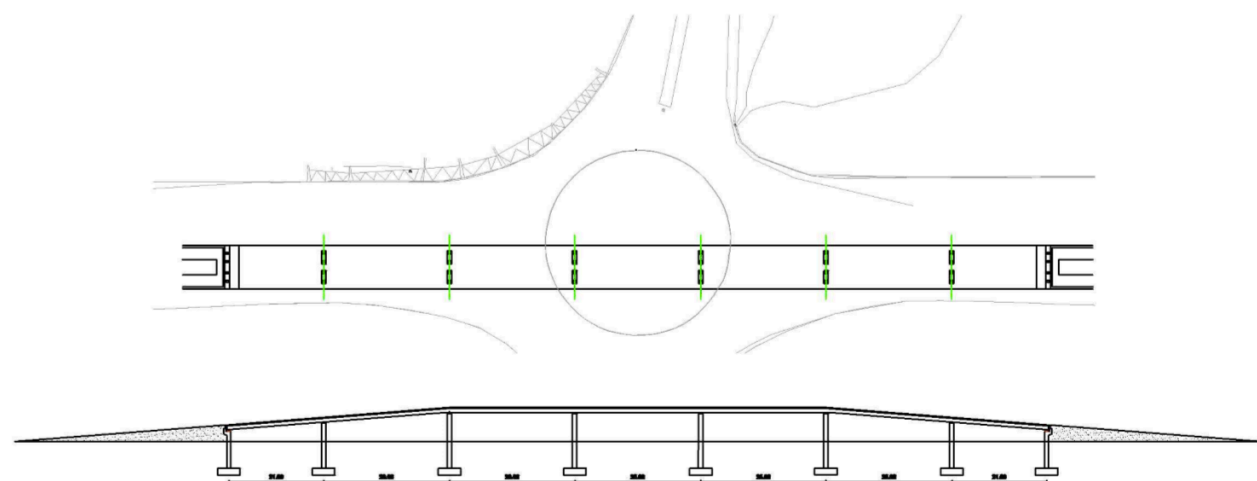


Figura 4.1.f. Alzado y planta de la viga continua

Como sistema primario, la sección transversal de la viga esta formada por dos cajones metálicos sobre los que descansa una losa de hormigón armado de 25 cm de espesor.

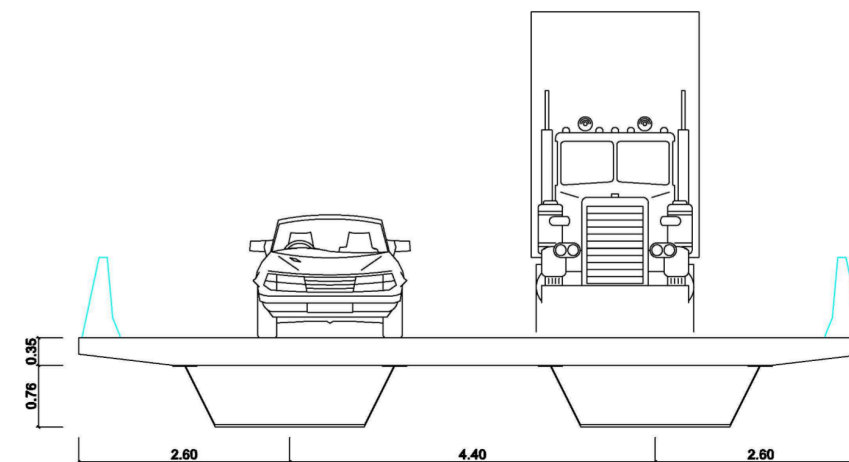


Figura 4.1.g. Sección transversal Alternativa

## 5. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

### 5.1. Geometría general

Llevado a cabo el análisis de las tres alternativas que resultaron de mayor interés se estipula que, en base a las ventajas e inconvenientes que presenta, la solución adoptada para el Proyecto Básico "Estructura de enlace entre la autovía RN 23 y la Ronda Este de Tiaret" sea la Alternativa 3, correspondiente a una viga continua con tablero mixto en cajón, salvando 7 vanos de 21 y 28 metros de longitud.

A continuación se realiza la descripción completa de la solución adoptada:

Se trata de un puente tipo viga continua, compuesto por dos cajones metálicos y una losa colaborante de hormigón armado que conforman un tablero de 9,60 metros de ancho y 182 metros de longitud. Los 250 milímetros de losa y 750 de cajón metálico otorgan a dicho tablero 1 metro de canto, suficiente para salvar las luces mencionadas.

En cuanto al trazado, el puente presenta un desarrollo recto en planta y curvo en alzado. La pendiente longitudinal es del 7% en los accesos y de 1,5 % en el tramo central.

Los apoyos de la estructura se resuelven mediante estribos y pilas cimentados. Los primeros, dos estribos cerrados con aletas laterales para contención de tierras, constan de una zapata de hormigón armado de 12x5x1 metros, cimentada a una cota de 2,7 metros por debajo de la cota actual del terreno. El muro frontal se ha diseñado con un metro de espesor y las aletas laterales con 0,5 metros cada una. En segundo lugar, cada una de las pilas consta de una zapata de 10x6,5x1,5 metros, cimentada a la misma cota que los estribos en busca del estrato resistente, y de un muro de 6,7 metros de ancho y 1 metro de espesor. La altura de las pilas varía en función de la longitud, de forma que se obtienen tres alturas diferentes que dotarán al trazado en alzado de la curvatura necesaria para que la transición entre las rampas de acceso y el tramo central sea lo más suavizada y comfortable posible.

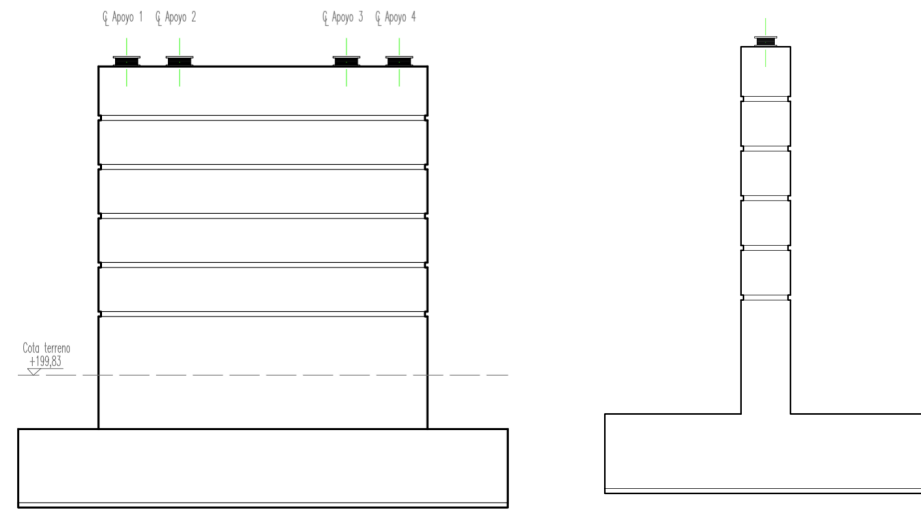


Figura.5.1.a. Estribos y pilas.

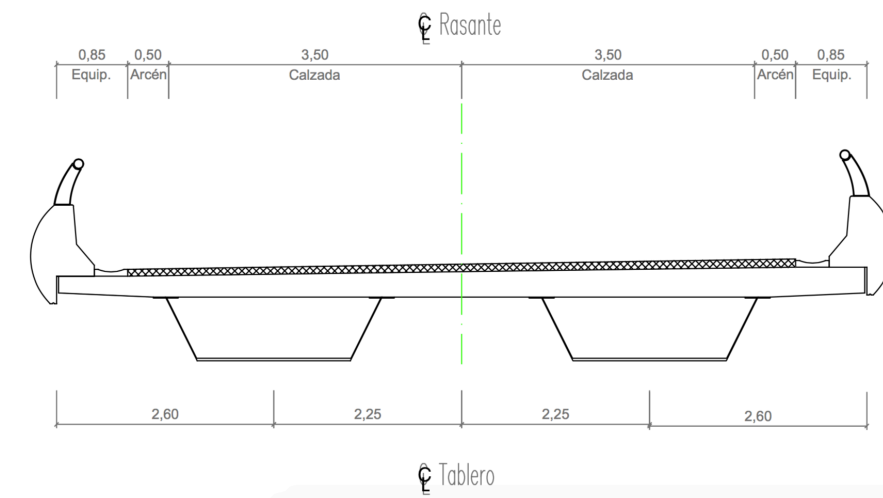
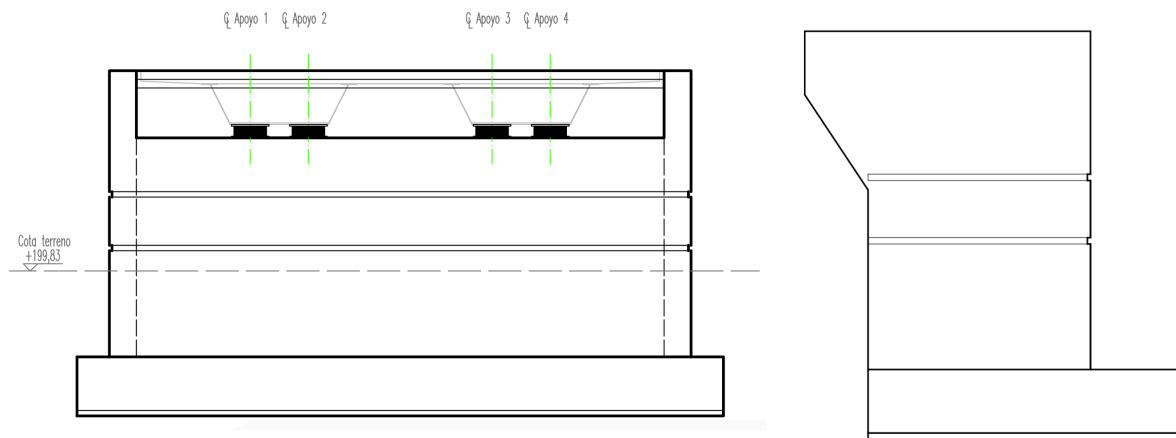


Figura 8.b. Sección transversal del tablero.



En cuanto al sistema resistente, se dispone de una losa de hormigón armado de espesor variable, de forma que permita adoptar la pendiente transversal necesaria. Los cajones metálicos se materializan en acero S 355 JR y constan de dos alas superiores de 300x13 mm, dos alas de 720x8 mm inclinadas 63 grados con respecto a la horizontal y un ala inferior de 183x30 mm. Dichos cajones se encuentran separados por una distancia de 4,50 metros entre ejes.

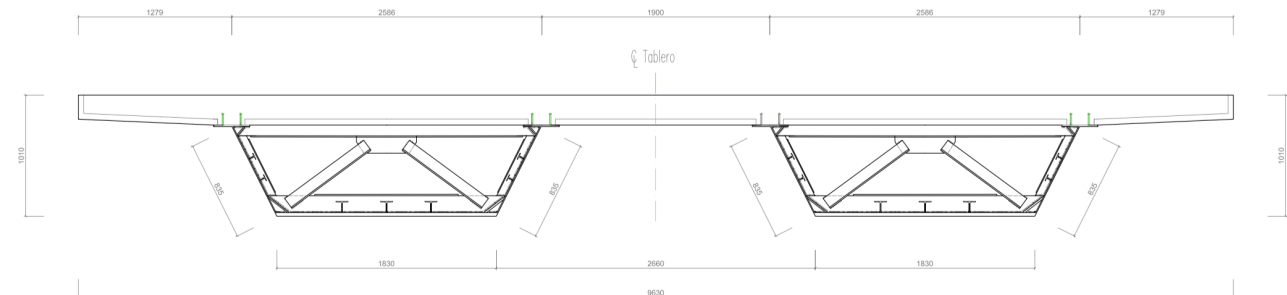


Figura 8.c. Sección transversal por marcos.

Por lo que respecta al tablero, como ya se ha mencionado, consta de 9,60 metros de ancho, albergando en él 2 carriles de circulación de un sólo sentido, arcén de medio metro y 85 centímetros a ambos lados que permiten la disposición de los equipamientos requeridos por este tipo de estructuras.

Con el fin de evacuar las pluviales, se ha dotado a la losa superior de hormigón de una pendiente transversal del 1,5% que permitirá conducir el agua hacia uno de los lados, donde se dispondrá de un CAZ encargado de dirigirla hacia las zonas de vertido, situadas en cada una de las pilas. En este punto serán recogidas y finalmente vertidas en un otro punto donde se ocasione el mínimo impacto ambiental posible.

El pavimento constará de espesor variable, partiendo de un espesor en su lado bajo de 8 centímetros y creciendo de forma uniforme hasta alcanzar los 10 centímetros de espesor en el lado opuesto de la calzada.

Todo el tablero se encuentra rigidizado a lo largo de su longitud por múltiples perfiles cuya completa definición se encuentra en el DOCUMENTO Nº2. PLANOS. La rigidización principal de la estructura se compone por:

- Perfil HEB 100: rigidizador transversal vertical
- Perfil 1/2 IPE 300: rigidizador transversal inferior
- Perfil 1/2 IPE 200: rigidizador transversal superior
- Perfil IPE 140: rigidizador longitudinal superior

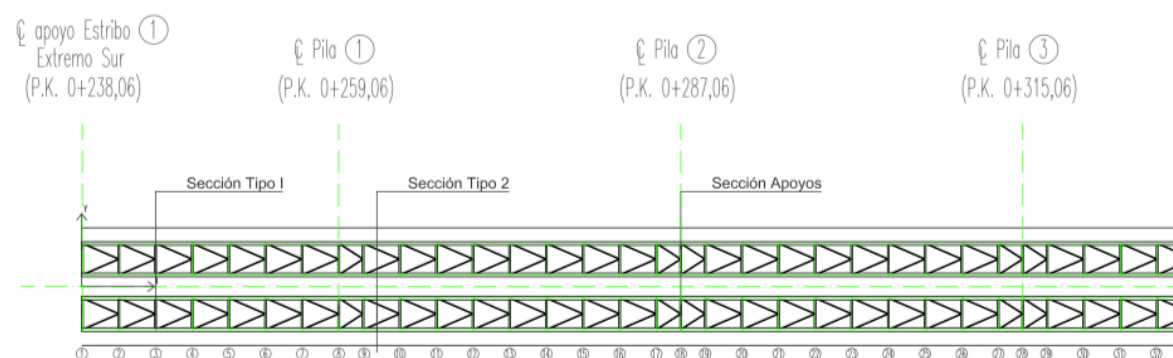


Figura 8.d. Planta de detalle de la celosía tipo K.

Por lo que respecta a los equipamientos, se ha dotado a la estructura de una barrera mixta, formada por un pretil de hormigón armado de 45 Mpa de resistencia característica anclados mediante pernos cada 1,5 metros de forma que se asegure la completa seguridad de los vehículos que circulen por el puente frente a caída libre. Sobre dicho pretil de hormigón se dispone una barandilla metálica de 55 centímetros de altura que remata el sistema de contención de vehículo.

## 5.2. Esquema resistente

La estructura de soporte del puente es una viga continua de sección mixta formada por dos elementos longitudinales: dos vigas metálicas de sección en cajón. Los cajones están formados por una chapa inferior de 1,83 m de ancho y 30 mm de espesor, dos almas inclinadas 63° sobre la horizontal de espesor 8 mm sobre las que descansan dos alas de 30 cm de ancho y 13 mm de espesor. El canto total de los cajones es de 0,75 m.

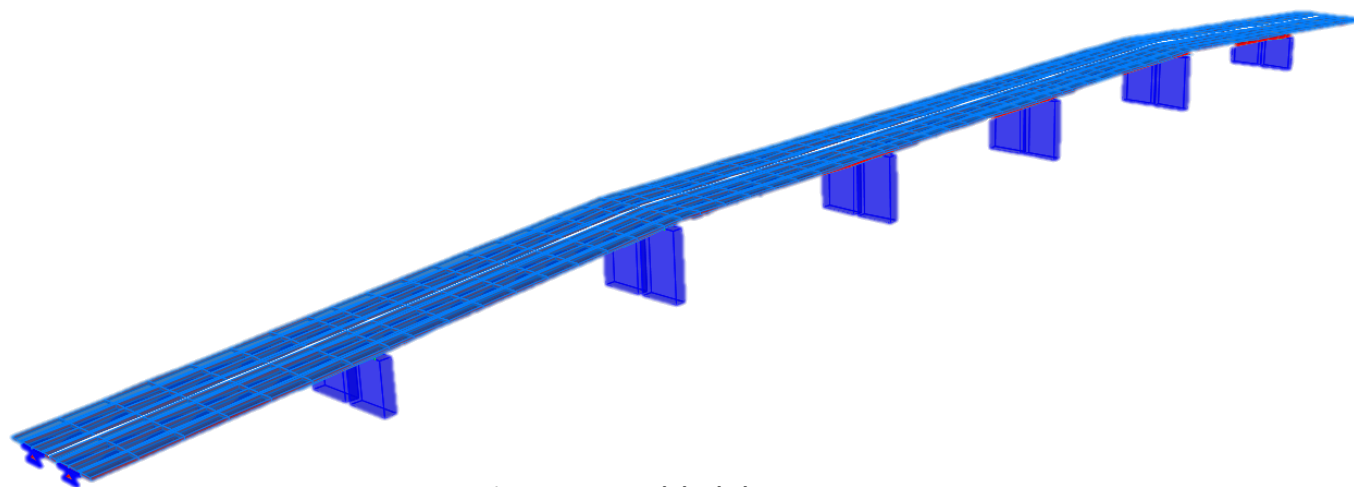


Figura 5.2.a Modelo de la estructura

Las vigas longitudinales se encuentran a su vez rigidizadas longitudinalmente mediante una celosía tipo "K-Truss" en la parte superior del cajón formada por perfiles IPE400 a razón de 3 m. Transversalmente se encuentran rigidizados mediante dos perfiles HEB100 en  $\Lambda$  cada 3 m y dos rigidizadores transversales en las almas. Esta rigidización es la que se ha tenido en cuenta en el modelo de SAP, sin embargo la rigidización completa del cajón es mayor, variando según la posición de la sección a lo largo de puente. Esta rigidización queda detallada en el Documento N°2. PLANOS.

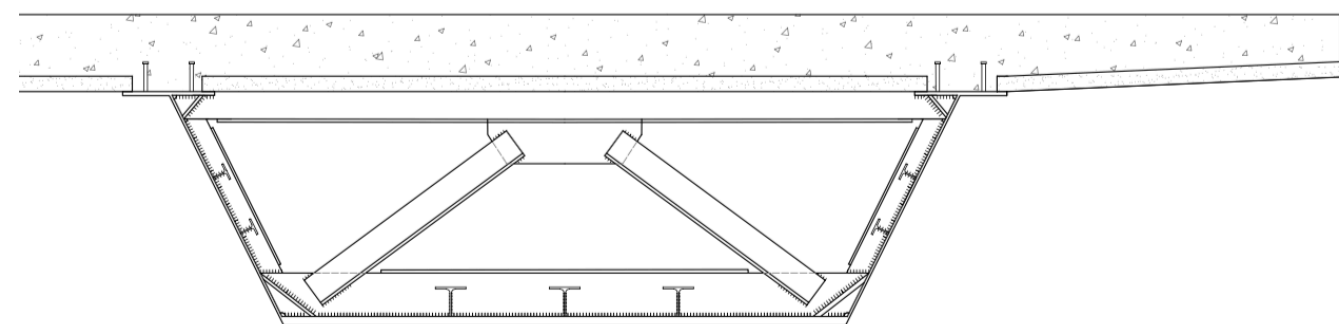


Figura 5.2.b Detalle de la sección en cajón modelada.

Sobre los dos cajones metálicos se encuentra una losa de hormigón armado "in situ", que se ejecuta sobre losetas con un espesor de 5 cm, con un espesor de 25 cm.

La losa se conecta a las alas superiores de los cajones metálicos mediante pernos conectores colocados en los nervios de la chapa, dispuesto como aparece en el Documento n°2 PLANOS.

Esta losa se ha dimensionado con una hoja de cálculo propia, atendiendo a las prescripciones recogidas en el Eurocódigo 2 (EC-2) y la Instrucción Española de Hormigón Estructural (EHE). Los resultados obtenidos se adjuntan en el Apartado 10. Diseño del armado de la losa superior del presente anejo.

Por otro lado, debido a la flexión longitudinal del tablero se producen compresiones en la parte inferior del cajón en la zona de las pilas y por ello se coloca una losa de hormigón armado de 20 cm de espesor en una longitud igual al 20% de la longitud del vano a cada lado de la pila. Esta losa recoge las compresiones que se producen en la parte inferior del cajón metálico bajo ciertas combinaciones, mientras que cuando se producen tracciones, estas son recogidas por la chapa inferior de cajón metálico.



Las dimensiones de los elementos estructurales principales son las que siguen:

SECCIONES		TIPO DE PERFIL	Dimensiones
Cajones metálicos	Ala inferior	Chapa	e = 30 mm
	Almas	Chapa	e = 8 mm
	Alas superiores	Chapa	e = 13 mm
Transversal	Tranversales	Viga	Perfil *
K-Truss	Diagonales	Viga	IPE400
Transversal	Diagonales	Viga	HEB 100
Losas de hormigón superior		Losas	e = 25 cm
Losas de hormigón inferior		Losas	e = 20 cm

Respecto a la transmisión de cargas, la propia losa es la que se encarga de realizar el reparto transversal y transmitirla a las dos vigas metálicas en cajón. Las vigas en cajón se encargan de transmitir las cargas a las pilas y a los estribos, y estos a al terreno. De esta forma la estructura trabaja como una viga, y al ser cargada por la parte superior, trabajará en su conjunto a flexión.

Encontramos que, los momentos internos que producen esfuerzos de compresión y tracción en la viga, se descomponen en un par de fuerzas en la sección transversal produciendo, en la mayor parte de la longitud, esfuerzos de compresión en la losa superior y esfuerzos de tracción en la chapa inferior del cajón. En la zona de los apoyos no ocurre esto si no todo lo contrario: esfuerzos de compresión en la chapa inferior del cajón, que son recogidos por la losa de hormigón inferior; y esfuerzos de tracción en la losa superior de hormigón armado, que son recogidos por la armadura dispuesta en la losa superior.

Por otro lado la rigidización del cajón metálico reduce la longitud de pandeo de las chapas de cajón de forma que se limita el pandeo del mismo. Al mismo tiempo, la celosía tipo K-truss y la rigidización transversal de los cajones resisten principalmente esfuerzos axiales.

### 5.3. Subestructura

El trazado en alzado esta formado por dos rampas en los extremos con una pendiente de 7% durante 49 m y un tramo central horizontal (con la pendiente longitudinal mínima) durante 84 m. El puente se encuentra apoyado sobre 6 pilas de manera que se obtiene 7 vanos: los de los extremos de 21 m y el resto de 28 m. Las alturas de las pilas no son iguales, ya que las dos pilas que se encuentran en las rampas presentan una altura de 5,2 m y el resto de pilas, al encontrarse en la parte horizontal, tienen una altura de 7,4 y 7,2 m.

Todas la pilas presentan la misma sección resistente: el canto de las pilas es de 1 m y el ancho de las pilas es de 6,7 m. Esta dimensiones se deben a razones de diseño por un lado, ya que los apoyos de la vigas en cajón están separados 4,5 m en una misma pila y por ello se han dispuesto 6,7 m de ancho; y por razones resistentes por otro lado.

Se han planteado estribos cerrados convencionales constituidos por un muro frontal de 1 m de espesor y dos aletas cuya función principal es la de contención de tierras.

El muro frontal del estribo tiene una altura de 4 m y un ancho total de 9,8 m. Esta dimensiones son debidas a razones funcionales y de diseño ya que el muro frontal del estribo debía abarcar el ancho total de la pasarela y para conseguir una mejor interfaz entre el enlace y las tierras.

Los muros laterales de los estribos se han diseñado para contener las tierras interiores y por lo tanto en la comprobación del estribo solo se consideran, actuando en los muros laterales, el empuje de tierras en el trasdós y la interacción muro frontal-muro lateral. Los muros laterales tienen una altura de 4 m en su sección mas alta, un longitud de 2,5 m y un canto de 0,50 m . Así mismo, en la parte final del muro lateral, se encuentran dos aletas las cuales no son objetivo de este proyecto y, por lo tanto, únicamente se ha previsto su consideración.

Debido a que el terreno presenta un primer estrato de arcillas con elevada tensión admisible y no se encuentra nivel freático en la zona, se ha optado por realizar una cimentación superficial mediante zapatas a la cota -2,70 m desde la actual superficie del terreno.

Las zapatas de las pilas presentan las misma dimensión en todas ellas. El canto de las zapatas es de 1,5 m, el ancho de las zapatas es de 6,5 m y el largo de 10 m.

Las zapatas de los estribos presentan un canto de 1 m, un ancho de 5 m y 12 m de largo.

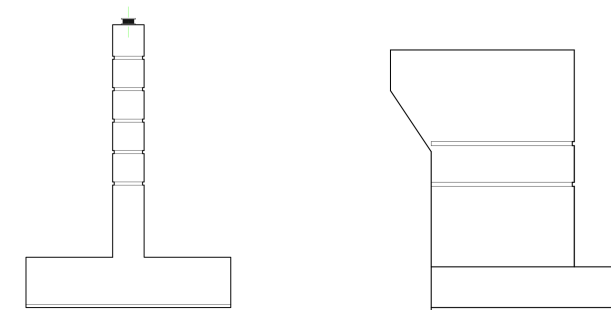


Figura 5.2.e. Alzado longitudinal de la pila y del estribo.

### 5.4. Red de evacuación de aguas pluviales

Con objeto de evitar la acumulación de agua sobre tablero del puente, se ha determinado en el Anejo Nº5.EQUIPAMIENTOS la red de evacuación de pluviales necesaria.

El sistema de evacuación de pluviales esta formado por una rigola de 400 mm de ancho situada a un lado del tablero, ya que es de un único sentido de circulación, la cual recoge la pluviales y las conduce a los sumideros de 600x400x80 situados en las pilas. Una vez en las pilas, las aguas son conducidas por tubos de PVC de 80 mm de diámetro hasta el punto deseado donde se evacuaran al punto definitivo.



### 5.5. Barreras de seguridad

El puente sirve de enlace entre la Autovía RN23 y la Ronda Este de Tiaret. Basándonos en las características de la zona y según establece la normativa, el riesgo de accidente en este caso es “grave” y la clase de contención requerida alta. Por todo esto, el nivel de contención debe ser H1, H2 o H3. Con estos datos se ha buscado en catálogos barreras de seguridad que cumplan con estas características y que cuenten con un certificado de conformidad CE.

En base a todo lo anterior, se propone una barrera que presenta la parte inferior de hormigón armado y la parte superior de acero. El pretil de hormigón integra la imposta del tablero. La cara interna del tablero tiene un perfil tipo New-Jersey y la cara exterior tiene forma curva de manera que aporta una visión más estilizada del conjunto. El pasamanos de acero está formado por un manguito de 60 mm de radio y presenta montantes cada 3 m.

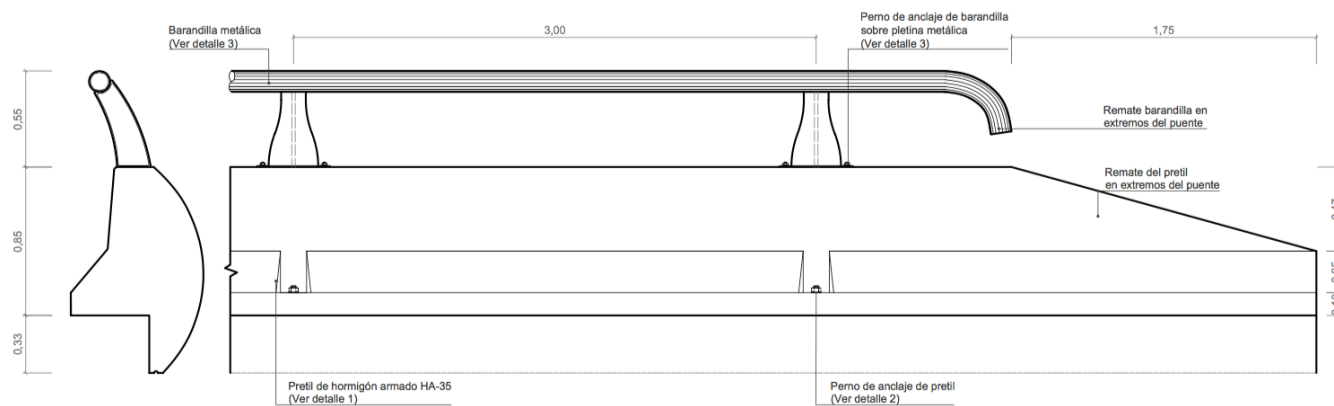


Figura 5.5 Detalle de la barrera de seguridad

### 5.6. Imposta

La imposta se ha diseñado en el programa AutoCAD con el fin de reforzar la sección. Posteriormente se ha buscado en los catálogos barreras que tengan integrada la imposta, buscando las características de diseño que se han determinado en programa AutoCAD.

Se puede observar en detalle en el Documento N°2. PLANOS.

### 5.7. Pavimento

Se ha dispuesto un sistema de pavimento aplicable a tableros de hormigón. El pavimento está formado por una capa de impermeabilización de 1 cm, seguida por dos capas de mástico de 3 cm cada una y finalmente la capa de rodadura de 3 cm.

El espesor total será de 10 cm. El fabricante garantiza una buena capacidad de nivelación, excelente adherencia y compacidad, rápido endurecimiento y secado de fisuras y una fácil puesta en obra.

## 6. PROCESO CONSTRUCTIVO

Las actuaciones principales que componen el presente Proyecto Básico de la estructura de Enlace entre la Autovía RN23 y la Ronda Este de Tiaret son las que se citan a continuación:

En primer lugar se deberá ofrecer un itinerario alternativo para los usuarios para poder empezar a trabajar en la zona. Se ha decidido ampliar la actual rotonda de manera que los usuarios puedan seguir circulando por ella pero se pueda trabajar en el centro de ella. Una vez ampliada la rotonda se puede realizar la excavación necesaria para realizar las cimentaciones de las dos pilas centrales y las propias pilas centrales.

Una vez estén levantadas las dos pilas centrales, se devuelve la rotonda a su forma inicial y se debe desviar el tráfico de la Ronda Este. Para ello se decide realizar una circunvalación a la obra de manera que se realiza una conexión del desvío con la Autovía en otro punto. En este punto se debe realizar una rotonda u otro sistema de intersección. Este desvío permanecerá en servicio durante el resto de los trabajos, de manera que se da servicio a los usuarios de la Ronda Este.

Una vez el desvío está operativo, se realizan los movimientos de tierras necesarios para realizar las pilas restantes y los estribos. Una vez se han realizado todas las pilas y los estribos, se procede a realizar los terraplenes de acceso y a rellenar las zonas.

Cuando la zona está preparada para recibir el tablero, se transportan los cajones que han sido fabricados y soldados en taller hasta la máxima longitud transportable. Una vez en obra, se unen los tramos que no hayan podido ser unidos en taller y, mediante una grúa se colocan los cajones en su emplazamiento final. Cuando se han colocado los cajones y se han unido de manera que el tablero tenga su posición y geometría definitiva, se procede a hormigonar la losa inferior de los cajones en la zona de las pilas. Posteriormente se colocan las prelosas y se hormigona la losa superior del tablero.

Una vez el hormigón ha fraguado se procede con las tareas de equipamientos: barreras de seguridad, red de evacuación de pluviales y pavimentos.

El proceso constructivo acaba cuando se ha devuelto la zona a sus condiciones iniciales, es decir, cuando se ha limpiado la zona y se ha restablecido el tráfico por el itinerario inicial, eliminando los desvíos realizados.

## 7. PLAZO DE EJECUCIÓN

Los distintos trabajos que componen la ejecución de la obra proyectada, así como las tareas a realizar, pueden dividirse en tres partes: adaptación del entorno urbano para recibir la obra, la ejecución de la pasarela en sí misma y, por último, la colocación de equipamientos y acabado de la obra.

El plazo previsto para la ejecución de la obra es de 7 meses, especificándose más detalladamente en el Anejo N°6 PROGRAMA DE TRABAJOS.





## 8. ASPECTOS ECONÓMICOS

En el *Anejo Nº7 VALORACION ECONÓMICA*, se realiza una relación valorada de las mediciones aproximadas de las unidades de obra mas relevantes, con el fin de obtener el coste aproximado de la obra.

De la valoración económica se desprende que el Presupuesto de Ejecución Material asciende a la cantidad de 8.975.005,64 Euros y el Presupuesto Base Licitación a la cantidad de 14.769.270,76 Euros.

## 10.DOCUMENTOS DEL PROYECTO

### Documento Nº1: Memoria

- Anejo Nº1. Estudio de soluciones
- Anejo Nº2. Diseño estructural de la superestructura
- Anejo Nº3. Informe geológico-geotécnico
- Anejo Nº4. Cálculos geotécnicos y de subestructuras
- Anejo Nº5. Equipamientos
- Anejo Nº6. Programa de trabajos
- Anejo Nº6. Valoración económica

### Documento Nº2. Planos e Infografía

- 1. Situación y emplazamiento
- 2. Planta general del entorno y ubicación del enlace
- 3. Vistas generales
- 4. Estribos. Definición geométrica
- 5. Estribos. Definición de armado
- 6. Pilas. Definición geométrica
- 7. Pilas. Definición de armado
- 8. Tablero. Definición geométrica
  - 8.1 Replanteo del tablero

8.2 Localización de secciones I

8.3 Localización de secciones II

8.4 Sección por marco

8.5 Sección Tipo I y sección Tipo II

8.6 Sección por rigidizador transversal en Tipo I y en Tipo II

8.7 Sección diafragma estribos

8.8 Sección diafragma pilas

8.9 Detalle celosía-K

9. Tablero. Definición de armado

10. Equipamientos

10.1 Equipamientos I

10.2 Equipamientos II

11. Desvíos

11.1 Desvío en primera fase

11.2 Desvío en segunda fase

12. Proceso constructivo

12.1 Proceso constructivo I

12.2 Proceso constructivo II

12.3 Proceso constructivo III



## 11.CONCLUSIONES

En el presente documento se ha procedido a la definición de la estructura de Enlace entre la Autovía RN23 y la Ronda Este de Tiaret (Argelia), así como su cimentación y subestructuras.

Con los documentos presentados, se posee la suficiente información para describir y valorar la obra de manera aproximada, y con ello, poder comenzar los trámites administrativos necesarios para la redacción de un Proyecto Constructivo definitivo.

**Valencia, Septiembre 2016**

**Los autores del proyecto:**

**Ángel, ANDÚJAR ZABAL**

**Celia LLORENS PÉREZ**



ANEJO Nº1 ESTUDIO DE SOLUCIONES

ANEJO Nº2 DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA SUPERESTRUCTURA

ANEJO Nº3 INFORME GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS

ANEJO Nº4 CÁLCULOS GEOTÉCNICOS Y DE SUBESTRUCTURA

ANEJO Nº5 EQUIPAMIENTOS

ANEJO Nº6 PROGRAMA DE TRABAJOS

ANEJO Nº7 VALORACIÓN ECONÓMICA

ÍNDICE ANEJOS