



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



# UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos,  
Canales y Puertos

Proyecto Básico de Puente sobre la Rambla del Judío en  
Jumilla (Murcia). Parte 2.

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Civil

AUTOR/A: López Olivares, Juan Vicente

Tutor/a: Monleón Cremades, Salvador

CURSO ACADÉMICO: 2022/2023



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ETS INGENIERÍA DE CAMINOS,  
CANALES Y PUERTOS

# TRABAJO DE FIN DE GRADO

PROYECTO BÁSICO DE PUENTE SOBRE LA RAMBLA DEL JUDÍO EN JUMILLA (MURCIA)

*Autores*

*Juan Vicente López Olivares*

*Marco Palencia Martínez*

*Tutor*

*Salvador Monleón Cremades*

*Para la obtención del*

*Grado en Ingeniería Civil*



*Fecha: Septiembre de 2023*

*Curso: 2022/2023*



## Resumen

El trabajo final de grado con el título de “Proyecto Básico sobre la Rambla del Judío en Jumilla (Murcia)” tiene como objeto diseñar una alternativa que sustituya el actual puente ya que este no cumple con las necesidades de la zona. Desde un primer momento se han establecido una serie de condicionantes que tienen que ver, por un lado, con el diseño del puente y por otro con la construcción de la misma. La solución adoptada se trata de un puente arco superior de tipo bowstring con una luz de 44 m. El diseño incorpora dos arcos metálicos de sección singular conectados a la viga longitudinal mediante péndolas rígidas. El tablero se trata de una solución tipo mixta de 18,6m de ancho. La cimentación, se ha realizado con la ayuda de los datos obtenidos de un estudio geotécnico próximo a la zona. Se estima un plazo de ejecución de 160 días laborales. Por último, se realiza una valoración económica donde obtenemos que el coste total de la obra asciende hasta los 1.994.424,56 €. El proyecto contiene un estudio de soluciones con la descripción detallada y justificada de la solución elegida, también dispone de un anejo con el cálculo estructural que verifica el buen funcionamiento de la misma. Además, se presenta un estudio geotécnico e hidrológico de la zona, finalizando el presente trabajo con una valoración económica.

## Summary

The final degree project with the title “Basic Project on the Rambla del Judío in Jumilla (Murcia)” aims to design an alternative to replace the current bridge since it does not meet the needs of the area. From the beginning, a series of conditions that have relation, on one hand, with the design of the bridge and, on the other, with its construction. The solution adopted is a bowstring-type upper arch bridge with a span of 44 m. The design incorporates two metal arches with a singular section connected to the longitudinal beam by means of rigid hangers. The deck is a mixed type of solution 18.6m wide. The foundation has been carried out with the help of data obtained from a geotechnical study close to the area. An estimated execution period of 160 business days. Finally, an economic valuation is carried out where we obtain that the total cost of the work amounts to €1,994,424.56. The project contains a study of solutions with a detailed and justified description of the chosen solution, it also has an annex with the structural calculation that verifies its proper functioning. In addition, a geotechnical and hydrological study of the area is presented, ending this work with an economic valuation.

# ÍNDICE

## TRABAJO FINAL DE GRADO

### 1. DOCUMENTO Nº1: MEMORIA Y ANEJOS

- 1.1. MEMORIA
- 1.2. ANEJO Nº 1: ESTUDIO GEOTÉCNICO
- 1.3. ANEJO Nº 2: ESTUDIO HIDROLÓGICO
- 1.4. ANEJO Nº 3: ESTUDIO DE ALTERNATIVAS
- 1.5. ANEJO Nº 4: CÁLCULO ESTRUCTURAL Y SUS CIMENTACIONES
- 1.6. ANEJO Nº 5: EQUIPAMIENTOS
- 1.7. ANEJO Nº 6: OBJETIVO DE DESARROLLO SOSTENIBLE
- 1.8. ANEJO Nº 7: BIBLIOGRAFÍA
- 1.9. ANEJO Nº8: REPORTAJE FOTOGRÁFICO

### 2. DOCUMENTO Nº2: PLANOS

### 3. DOCUMENTO Nº3: VALORACIÓN ECONÓMICA



# DOCUMENTO Nº1: MEMORIA Y ANEJOS

Curso 2022/2023

Grado en Ingeniería Civil

*Autores: Juan Vicente López Olivares,  
Marco Palencia Martínez*

*Tutor: Salvador Monleón Cremades*





# ÍNDICE

## MEMORIA

1. OBJETO DEL PROYECTO BÁSICO .....	2
2. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA .....	2
2.1. Situación.....	2
2.2. Emplazamiento .....	2
3. ANTECEDENTES Y CONDICIONANTES EXISTENTES.....	2
3.1. Antecedentes .....	2
3.2. Condicionantes existentes .....	3
4. GEOLOGÍA Y GEOTÉCNIA.....	3
5. HIDROLOGÍA .....	3
6. ESTUDIO DE SOLUCIONES .....	3
6.1. Alternativas propuestas .....	4
6.2. Alternativa 1.....	4
6.3. Alternativa 2.....	4
6.4. Alternativa 3.....	4
6.5. Valoración de las alternativas .....	5
6.6. Solución adoptada .....	5
7. NORMATIVA APLICADA .....	6
8. PROCESO CONSTRUCTIVO.....	6
9. PLAZO DE EJECUCIÓN .....	7
10. PRESUPUESTO.....	7



## 1. OBJETO DEL PROYECTO BÁSICO

El presente Trabajo de Fin de Grado tiene por objeto la definición de un nuevo puente sobre la Rambla del Judío, Jumilla, Murcia, cumpliendo y aplicando con la normativa vigente y empleando los conocimientos adquiridos a lo largo del Grado en Ingeniería Civil.

Se ha propuesto la demolición del puente actual y la reconstrucción de uno nuevo debido a que el puente actual solo permite el paso de un vehículo en paralelo, siendo las carreteras que conectan con el puente de doble sentido, obligando así a que los coches se tengan que detener para dejar pasar a los otros coches que vienen en sentido contrario. Por lo tanto, se ha propuesto un puente de doble sentido que también contenga un carril bici y un espacio peatonal para que los peatones puedan circular.

## 2. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA

### 2.1. Situación

La pasarela que se proyecta se encuentra situada en el término municipal de Jumilla (Murcia). Esta localidad está situada en el altiplano, al norte de Murcia. La ciudad cuenta con 26.596 habitantes según el Centro Regional de Estadística de Murcia (CREM) en el año 2022



Imagen 1. Situación de Jumilla (Fuente: Google Maps)

### 2.2. Emplazamiento

En cuanto al emplazamiento el puente está situado al suroeste de la población de Jumilla, sobre la Rambla del Judío, conectando Jumilla con un camino que desemboca en La Estacada (Una pedanía de Jumilla).



Imagen 2. Emplazamiento obras (Fuente: Google Earth)

## 3. ANTECEDENTES Y CONDICIONANTES EXISTENTES

### 3.1. Antecedentes

El conocido como Puente de Hierro de Jumilla debe su nombre a un antiguo puente ferroviario, el cual fue demolido con motivo de la desaparición de la línea ferroviaria. Este puente fue remodelado por otro tipo viga para abrirlo al tráfico rodado, pero manteniendo la anchura original, por lo que se produce un estrechamiento que impide que dos vehículos crucen en sentido opuesto.

Con el objetivo de mejorar y facilitar el acceso a la zona de La Estacada con la ciudad de Jumilla se ha decidido realizar un nuevo puente que pueda albergar dos carriles de tráfico rodado y otro carril bici, que cree conexión con el sistema de carril bici de la zona, promoviendo así su uso.



### 3.2. Condicionantes existentes

En este apartado, se procede a detallar todos los factores que influyen en la toma de decisiones al proponer la solución más adecuada. Las obras de ingeniería suelen presentar múltiples requisitos fundamentales, como los relacionados con la seguridad, durabilidad y funcionalidad, que ejercen una influencia significativa en la solución final y que son fijos en todas las alternativas consideradas. Sin embargo, existen otros requisitos, como la consideración de aspectos económicos, la integración en el entorno o el respeto al medio ambiente, que marcan diferencias significativas entre las diversas alternativas y, en muchos casos, determinan la elección de la solución final.

A continuación, se proporciona una breve descripción de los condicionantes establecidos. Para obtener una descripción más detallada de cada uno de estos condicionantes, se remite al *Anejo nº3 Estudio de Soluciones*, donde se encuentran definidos de manera más exhaustiva.

- Demolición del puente actual sobre la rambla
- Demolición de nave industrial contigua
- Prohibición de disponer pilas en el cauce
- Disposición de una acera y carril bici
- Resguardo mínimo de 1.5 m en el centro de la rambla
- Plan de ejecución de obra enfocado en acortar el plazo de ejecución para restablecer el flujo de tráfico en la avenida en el menor tiempo posible.
- No se establecen restricciones presupuestarias

### 4. GEOLOGÍA Y GEOTÉCNIA

Se ha podido elaborar el anejo de estudio geotécnico gracias a la disponibilidad de un estudio geotécnico elaborado en una zona próxima a nuestra zona de estudio, esto sumado a que las labores realizadas son reconocimientos puntuales puede introducir cierta incertidumbre en las características geotécnicas del suelo, limitación que nos vemos obligados a asumir por la naturaleza del TFG.

El estudio ha sido realizado a petición privada por la empresa Orós Servicios Geológicos, estando ubicado el estudio en Pol.139, Pc. 616 Jumilla (Murcia).

La zona de estudio se encuentra en el extremo oriental de la Cordillera Bética, limitada al norte por la Meseta Ibérica y al sur por el Mar Mediterráneo. Los materiales geológicos en esta área abarcan desde el Triásico hasta la actualidad, siendo predominantemente rocas sedimentarias carbonatadas. También se encuentran calizas, dolomías y materiales margosos. Los terrenos más recientes, del período cuaternario, son principalmente de tipo continental y se formaron debido a la erosión y el transporte de los materiales subyacentes, presentando una variedad de características como costras carbonatadas, suelos eluviales y formaciones fluviales.

Se han realizado los siguientes trabajos de campo: Sondeo mecánico por rotación ligera, SPT, toma muestras inalterados y un ensayo de penetración dinámica superpesada.

Del sondeo por rotación se ha definido la composición del suelo hasta los 6,60 metros de profundidad, encontrando de 0,00 m hasta 0,70 m terreno vegetal y de 0,70 a 6,60 limos arenosos siendo este un terreno granular de compacidad densa, no ha llegado a detectarse nivel freático.

De las muestras obtenidas se han realizado ensayos de granulometría de suelos por tamizado, límites de Atterberg y se ha estimado el contenido en sulfatos solubles, dando este últimos valores de no agresividad al hormigón.

Además de todo esto se han estimado los condicionantes relativos a los condicionantes para ambas cimentaciones del puente.

### 5. HIDROLOGÍA

El objeto de este apartado consiste en la realización de un estudio para el puente propuesto analizando detalladamente las características hidrológicas de la zona con el objetivo de comprender y prever el comportamiento de los flujos de agua en diferentes condiciones.

El estudio se enfoca en determinar los caudales máximos probables en distintos intervalos de retorno, considerando tanto eventos pluviales habituales como situaciones extremas.

En cuanto a la hidrología de la zona según los datos obtenidos mediante la página de la Confederación Hidrográfica del Segura y la plataforma del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables, se sabe cual va a ser la cota de la lámina de agua para un periodo de retorno de 500 años.

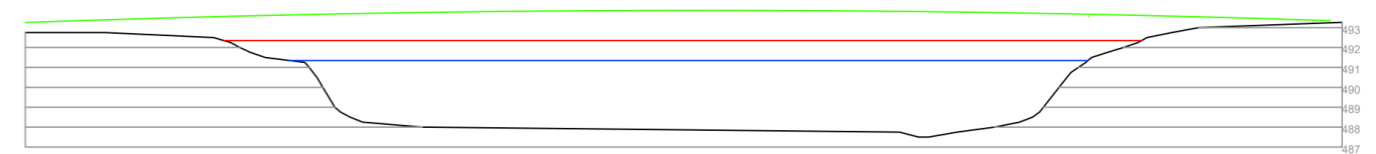


Imagen 3: Cota de la lámina de agua, de color azul (Fuente: Elaboración propia)

La cota máxima de la lámina de agua es de 491.35 m y se tiene que disponer de un resguardo mínimo de 1.5 m se tiene la cota mínima de la cara inferior del tablero que será 492.85 m.

### 6. ESTUDIO DE SOLUCIONES

El objeto del presente apartado es el estudio de las diferentes alternativas que se plantean como solución para la construcción de un nuevo puente sobre la Rambla del Judío (Jumilla). Dada la necesidad de mejorar la infraestructura vial y asegurar la accesibilidad en la zona, se plantea la construcción de un nuevo puente que reemplace al existente. El puente actual no satisface las exigencias y requerimientos de conectividad que la situación actual demanda ya que el puente es de un solo carril y teniendo en cuenta la expansión del pueblo este puente se ha vuelto mucho más transitado lo que provoca una necesidad de remodelación del mismo.

## 6.1. Alternativas propuestas

Primero, se inicia el proceso de eliminación de las tipologías que no resultan factibles, ya sea debido a consideraciones funcionales o a aspectos de diseño. Después de completar esta evaluación, se llega a la conclusión de que las tipologías que mejor se ajustan al caso de estudio son las siguientes:

- Puente viga.
- Puente arco con tablero inferior
- Puente atirantado

## 6.2. Alternativa 1

La alternativa planteada consiste en un puente arco de tipo bowstring. Este diseño incorpora un arco de acero de sección singular, ya que en el arranque del arco este tendrá una forma triangular mientras que conforme el arco va avanzado crecen dos trapecios a los laterales que le proporcionan una estética tan singular y diferente de otros puentes de tipo arco. Para mejorar la distribución de las cargas y la estabilidad, se agregarán péndolas rígidas.

En cuanto al tablero se trata de una solución de tipo mixta ya que por un lado se dispondrán de vigas de piso y de cuchillos laterales cada 3 m sobre los cuales se colocará una chapa grecada que haga de unión entre el hormigón y las vigas. Tanto vigas de piso como los cuchillos laterales irán soldados a la viga principal y se dispondrá de unos rigidizadores para asegurar la estabilidad de la estructura. En los extremos del puente se implementarán riostras que se conectarán a los apoyos, colaborando con ellos para resistir las fuerzas y mantener la integridad estructural.

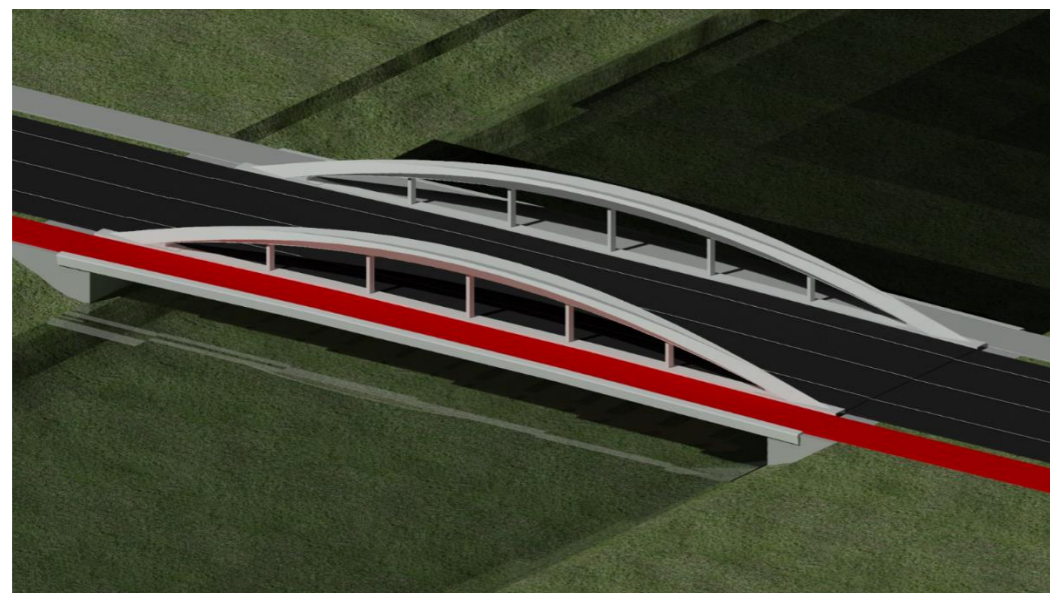


Imagen 4: Alternativa 1. Modelo 3D (Fuente: Elaboración propia)

## 6.3. Alternativa 2

Esta solución consiste en un puente viga de 45 m de luz en el que su sistema estructural se basará en dos celosías metálicas de tipo Warren ubicadas entre la calzada y las aceras, este tipo de celosía está compuesta por un cordón superior y otro inferior los cuales están unidos mediante diagonales.

El tablero será una solución mixta similar a la explicada en la alternativa 1. En cuanto a los materiales utilizados en la celosía, se considera utilizar perfiles de acero con sección rectangular tanto para el cordón superior como para el cordón inferior.

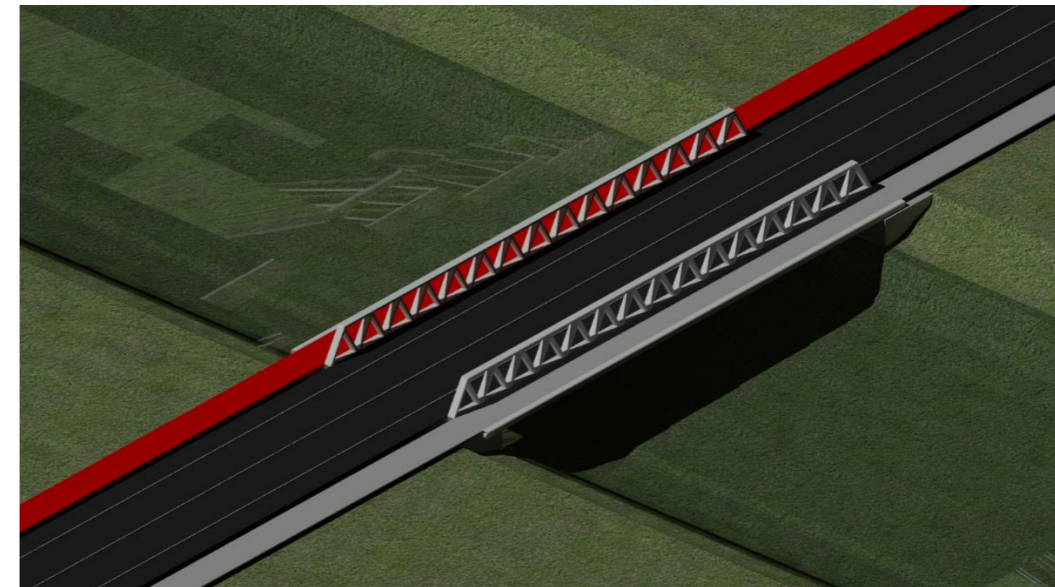


Imagen 5: Alternativa 2. Modelo 3D (Fuente: Elaboración propia)

## 6.4. Alternativa 3

La última solución planteada consiste en un puente atirantado de acero con un vano de 50 m, donde el peso del tablero y las diferentes cargas que tenga que soportar el mismo tablero son desviadas por los tirantes hacia la torre mientras la cual se mantiene estable debido a los tirantes de retenida que van unidos a unos macizos de anclaje que actúan como contrapeso consiguiendo así la estabilidad de la estructura

Se colocarán 7 cables de retenida los cuales se dispondrán de manera equidistante a lo largo de un semicírculo de radio menor al de la rotonda. Los cables irán unidos de forma que el punto de anclaje más lejano quede unido al punto más bajo de la torre y los puntos más cercanos a los más altos consiguiendo así una forma muy singular. Por otro lado, tenemos que se dispondrán de 7 tirantes con forma de arpa separados cada 6.25 m.



La torre será de hormigón armado y tendrá una forma triangular para no incidir en el trazado de la carretera y tener un único plano de tirantes. La altura de esta será de unos 21 m condicionada, entre otras cosas, por la inclinación de las péndolas, teniendo unos 25º de mínima.

Se construirá una rotonda en la parte oeste de la rambla en la cual irán los macizos de anclaje permitiendo también un mejor flujo del tráfico.

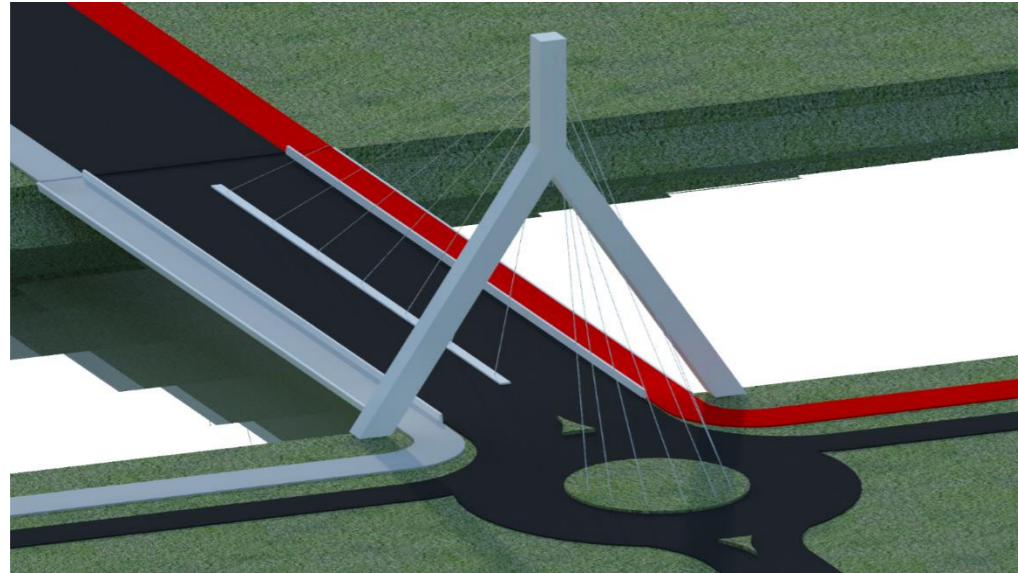


Imagen 5: Alternativa 3. Modelo 3D (Fuente: Elaboración propia)

A su vez el tablero consiste en un sistema transversal formado por vigas de piso y cuchillos laterales en voladizo, cuya separación es de la mitad de la distancia longitudinal entre péndolas, teniendo estos cuchillos una sección doble T y las dos vigas longitudinales de sección tubular rectangular. Sobre la estructura metálica se coloca una losa de hormigón de 22 centímetros de espesor que actúa como superficie además de colaborar en la resistencia con la estructura metálica.

El arco del puente tiene una sección variable, comenzando con una sección triangular rigidizada con hormigón (únicamente en el arranque), a la que se le añaden progresivamente dos alas que crecen hasta alcanzar su dimensión total en el centro-luz, manteniendo constante la sección triangular interior.

Los cuchillos exteriores que están en voladizo, teniendo estos como función para el voladizo norte de acera y para el sur de carril bici, tienen una sección variable, con un arranque en el empotramiento de sección similar al de los cuchillos entre vigas longitudinales y en su terminación se vislumbra una reducción de la altura del alma de 30 cm.

En los extremos (sobre los apoyos) del tablero de han colocado dos riostras de sección en cajón, siendo esta una sección muy adecuada para resistir grandes valores de torsión, como es el caso.

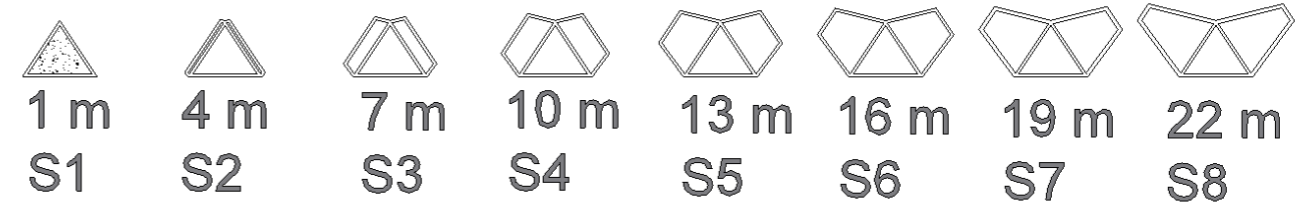


Imagen 6: Detalle evolución del arco (Fuente: Elaboración propia)

### 6.5. Valoración de las alternativas

Para valorar las diferentes alternativas va a proceder a la realización de una matriz de análisis en la cual se puntúan todas las alternativas planteadas según los condicionantes tales como el aspecto económico, estético, constructivo y funcional. Para ello, se expondrán las ventajas e inconvenientes que presentan cada una de las alternativas

Donde a cada uno de estos condicionantes se le ha asignado un porcentaje en función a la importancia que tiene a la hora de elegir una solución.

### 6.6. Solución adoptada

Se trata de un puente tipo Bowstring, teniendo cada uno de sus arcos conectados a su respectiva viga longitudinal, de manera que las fuerzas verticales, transmitidas al arco a través de las péndolas, son compensadas por las tensiones en la cuerda inferior (viga longitudinal).

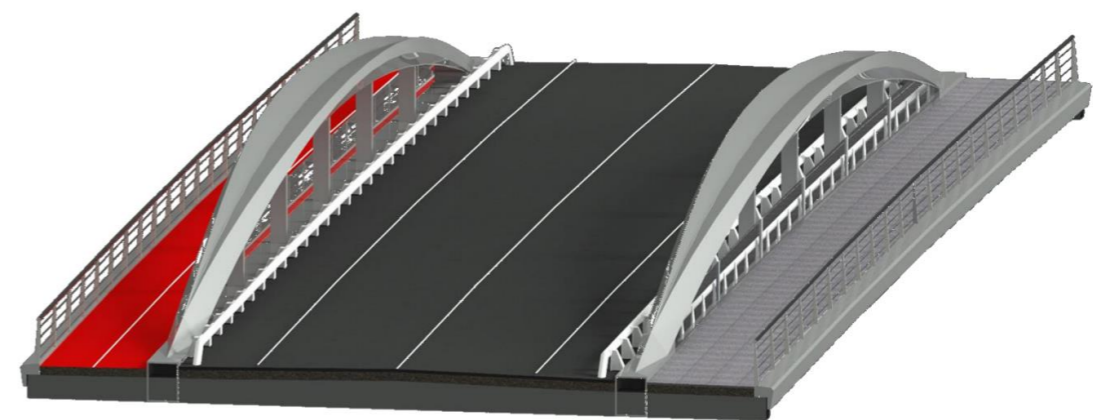


Imagen 7: Perspectiva 3D de la solución adoptada (Fuente: Elaboración propia)

En cuanto al diseño del estribo se ha escogido de la tipología de estribo cerrado, como se puede ver en las siguientes imágenes:

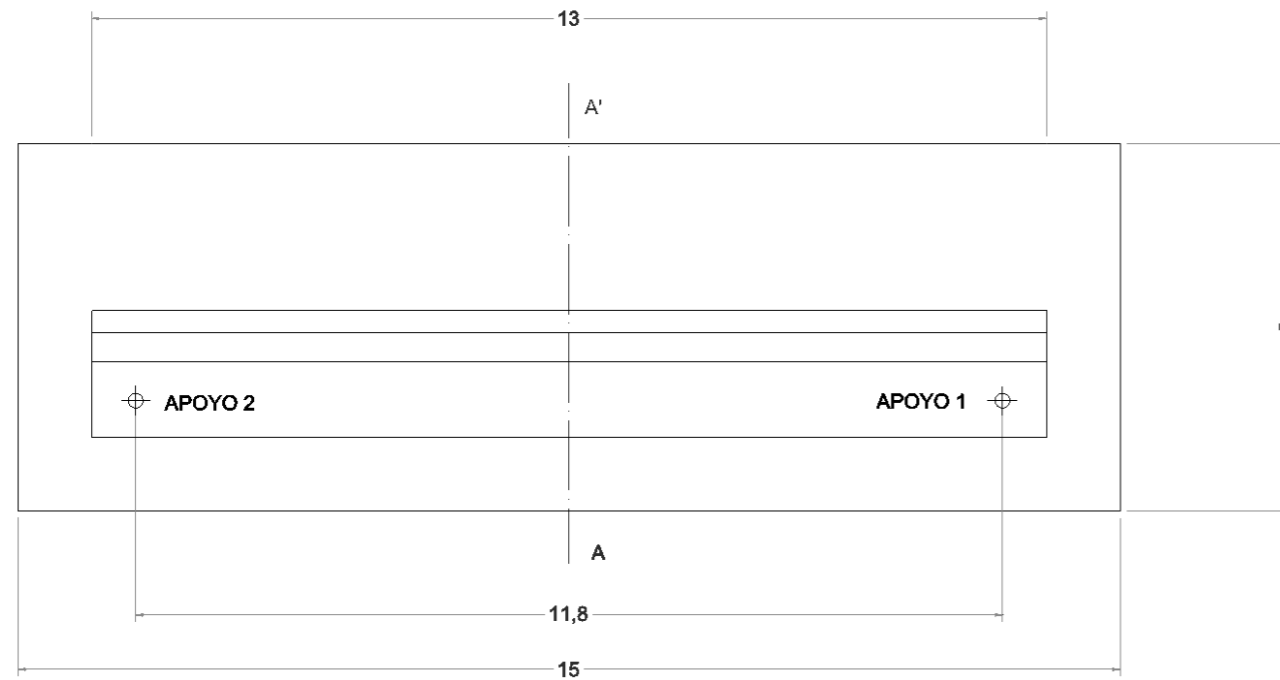


Imagen 8. Planta estribo, unidades en m (Fuente: Elaboración propia)

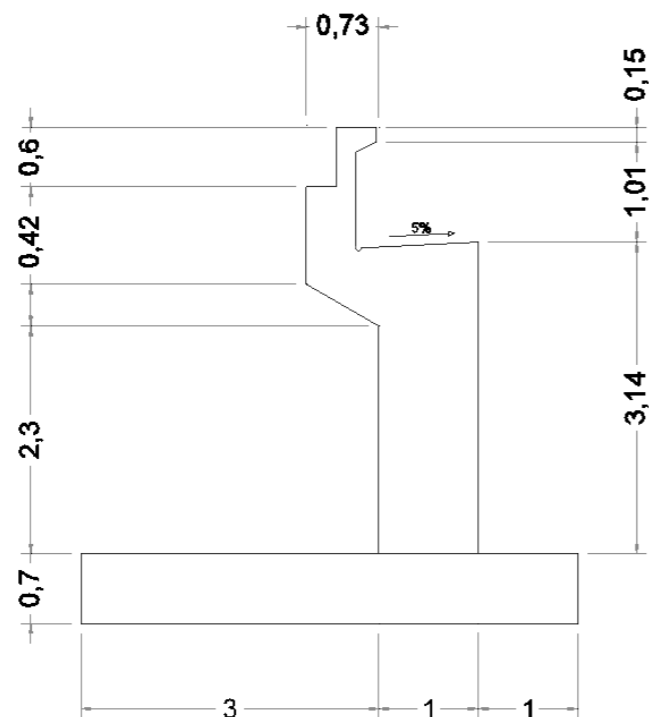


Imagen 9. Corte AA, unidades en m (Fuente: Elaboración propia)

## 7. NORMATIVA APLICADA

- EHE-08 “Instrucción de hormigón estructural” MINISTERIO DE FOMENTO 2008
- EAE “Instrucción de acero estructural” MINISTERIO DE FOMENTO 2011
- IAP-11 “Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera” MINISTERIO DE FOMENTO 2011
- CTE “Código técnico de la edificación” MINISTERIO DE VIVIENDA 2006
- GCOC “Guía de cimentaciones en obras de carretera” MINISTERIO DE FOMENTO 2009
- EN 1992-1-1:2004 “Eurocódigo 2: Proyecto de estructuras de hormigón” AENOR 2010
- Norma 5.2 - IC Drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras. Orden FOM/298/2016, de 15 de febrero. - Guía cimentaciones obras de carretera, de 30 de septiembre de 2002.
- “Máximas lluvias diarias en la España peninsular” Ministerio de Fomento 1999.
- 6.1 IC Secciones de firme, Orden Fom/3460/2003, de 28 de noviembre, BOE de 12 de diciembre de 2003.
- Recomendaciones para la iluminación de carreteras a cielo abierto, Tomo I, Orden circular 36/2015 sobre criterios a aplicar en la iluminación de carreteras a cielo abierto y túneles.
- “Instrucción Técnica Complementaria EA – 02” Ministerio de Industria, Comercio y Turismo.

## 8. PROCESO CONSTRUCTIVO

Se comienza con un replanteo general, tras lo que se empieza a llevar a cabo el plan de gestión de residuos que la empresa constructora debe tener previsto. Una vez llevado a cabo todo esto se comienza con los trabajos de señalización de las obras, colocación de elementos necesarios para acordonar la zona de la obra etc.

Al tratarse de un puente sobre un cauce, en este caso seco, todos los acopios de materiales se realizan en un terreno contiguo que deberá expropiarse en los que apenas hay actividad. Las actividades en las que se necesite operar sobre el cauce han de ser previstas en un periodo sin lluvias.

Una vez realizadas las medidas anteriores, se procederá al desbroce y limpieza del terreno para así poder realizar una actuación correcta. Así como se procederá a la demolición de todos aquellos elementos que sean una barrera arquitectónica para el buen desarrollo de los trabajos, tales como demolición de bordillos que causen molestias, acequias etc. Los principales trabajos de demolición son la demolición parcial de la nave industrial del lado este del cauce y la de la propia estructura ya existente.

A continuación, tras ejecutar los movimientos de tierras necesarios para la construcción de estribos y apeos, se realizan ambos estribos a cada lado del cauce y las cimentaciones de los apeos. Una vez realizados los estribos y los apeos se colocan las vigas longitudinales, estando cada una de estas divididas en tres partes cada una de 14,80m, las cuales, mediante una grúa son izadas para llevarlas a su posición, habiéndose colocado dos apeos provisionales para la parte central a tres metros del centro luz de la viga en ambas direcciones u uno para cada parte extrema como se muestra en la imagen 10.

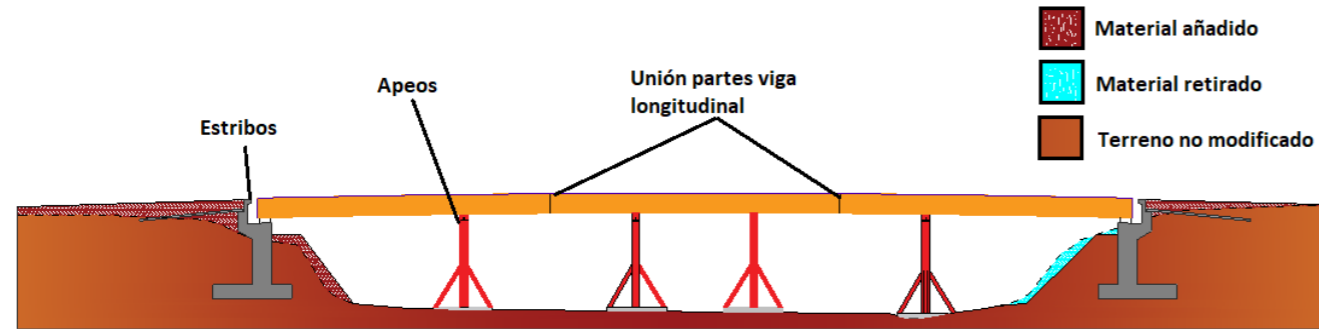


Imagen 10. Apeos para viga longitudinal y movimientos de tierras (Fuente: Elaboración propia)

Una vez colocadas las vigas longitudinales se comienzan a colocar y soldar a las vigas longitudinales las vigas transversales y las dos riostras que conforman el tablero. Tras esto que se completan ambos arcos, los cuales han sido montados en el margen izquierdo del cauce y una vez listos izados mediante una grúa para ser puestos en obra.

Una vez completados ambos arcos (rigidización de extremos incluida) y tablero se colocan las respectivas péndolas, estando estas repartidas cada 6 metros. Tras este paso ya pueden retirarse los apeos provisionales de las vigas longitudinales.

Ya estando completa la estructura metálica se colocan las chapas colaborantes para proceder al hormigonado de la losa, para lo que es necesario preparar adecuadamente todos los emparrillados y conectores de las vigas metálicas. Una vez finalizada esta se comienzan a realizar trabajos de asfaltado, colocación de impostas, barandillas, terminación de superficies de paso y por último colocación de iluminación.

## 9. PLAZO DE EJECUCIÓN

Contando con la totalidad de los trabajos a realizar se ha estimado un plazo de ejecución de **160 días laborables**, el plan de trabajos se incluye como anexo al Documento N°3 Valoración Económica

## 10. PRESUPUESTO

El presupuesto de ejecución material asciende a **UN MILLÓN TRESCIENTOS OCHENTA Y CINCO MIL CIENTO TRECE EUROS CON VEINTICUATRO CÉNTIMOS**. Las correspondientes justificaciones del precio se encuentran en el Documento N°3 valoración Económica.

El presupuesto para el conocimiento de la administración asciende a **UN MILLÓN NOVECIENTOS NOVENTA Y CUATRO MIL CUATROCIENTOS VEINTICUATRO EUROS CON CINCUENTA Y SEIS CÉNTIMOS**. Las correspondientes justificaciones del precio se encuentran en el Documento N°3 valoración Económica.

Valencia a 1 de Septiembre de 2023, firman los autores del proyecto:

Fdo.: López Olivares, Juan Vicente

Fdo.: Palencia Martínez, Marco





# ANEJO Nº1: ESTUDIO GEOTÉCNICO

Curso 2022/2023

Grado en Ingeniería Civil

*Autores: Juan Vicente López Olivares,  
Marco Palencia Martínez*

*Tutor: Salvador Monleón Cremades*





# ÍNDICE

## ANEJO ESTUDIO GEOTÉCNICO

1. INTRODUCCIÓN .....	2
2. ANTECEDENTES .....	2
3. OBJETIVO Y ALCANCE .....	2
4. SITUACIÓN GEOLÓGICA .....	2
5. ENSAYOS Y TRABAJOS REALIZADOS .....	3
5.1. Trabajos de campo .....	3
5.2. Ensayos de laboratorio .....	4
6. SISMICIDAD .....	5
7. CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS DEL TERRENO .....	5
8. CONDICIONANTES PARA LA CIMENTACIÓN .....	6
8.1. Excavabilidad y condiciones de estabilidad .....	6
8.2. Asientos admisibles .....	6
8.3. Tensión admisible .....	6
9. CONCLUSIONES .....	6

ANEXO DE COLUMNA LITOLÓGICA

ANEXO DE ACTAS DE ENSAYOS



### 1. INTRODUCCIÓN

El siguiente estudio geotécnico corresponde a una zona del entorno del emplazamiento de este proyecto básico, situada a unos 180 metros del mismo. Es la mejor información obtenida y entendemos que los datos resultantes son adecuados para el diseño de las cimentaciones del puente.

La empresa encargada del estudio realizó un sondeo mecánico a rotación ligera, ensayos de penetración estándar, toma de muestras inalteradas y una penetración dinámica superpesada.

Debe tenerse en cuenta que las labores realizadas son reconocimientos puntuales, esto sumado a la distancia puede introducir cierta incertidumbre en las características geotécnicas del suelo, limitación que nos vemos obligados a asumir por la naturaleza del TFG.

A continuación, se expondrán los resultados del estudio.

### 2. ANTECEDENTES

El estudio geotécnico recoge los trabajos llevados a cabo para caracterizar y conocer el suelo, teniendo como fin, a través de las conclusiones que se obtienen de este, comprobar la constructibilidad y efectividad de las cimentaciones de la obra proyectada.

El estudio ha sido realizado a petición privada por la empresa Orós Servicios Geológicos, estando ubicado el estudio en Pol.139, Pc. 616 Jumilla (Murcia).

La obra proyectada se trata de un puente de doble carril, paso peatonal y carril bici sobre la Rambla del Judío en la localidad de Jumilla, teniendo este una anchura de unos 19 metros y una luz de 44 metros, apoyando este en dos estribos a sus extremos.

### 3. OBJETIVO Y ALCANCE

El objeto y alcance de este estudio geotécnico para la cimentación, es la descripción de las diferentes capas que constituyen el terreno reconocido, estimando para cada una de ellas,

la naturaleza, estado natural y características mecánicas con expresión de las condiciones de cimentación respecto a su topología, nivel de apoyo, presión admisible y asientos asociados.

### 4. SITUACIÓN GEOLÓGICA

La ciudad de Jumilla está ubicada en el denominado altiplano de la región de Murcia al suroeste de España, aunque desde una perspectiva geológica este altiplano forma parte de la cordillera Bética.

Aunque en esta zona hay gran variedad de tipos de rocas las más comunes de encontrar son las calizas y dolomías, siendo ambas de origen sedimentario. Estas se pueden advertir en forma de colinas y relieves suaves.

En términos de procesos geológicos, la región de Jumilla ha experimentado movimientos tectónicos a lo largo de su historia, lo que ha dado lugar a la formación de montañas y sierras en el área. Además, durante el período cuaternario, los procesos erosivos han desempeñado un papel significativo en la configuración del paisaje, creando valles y barrancos.

En Jumilla, se encuentran diferentes unidades estratigráficas que abarcan desde el Cretácico hasta el Terciario. Estas incluyen calizas y dolomías de la era Mesozoica, que forman parte de la Formación Cretácica. También se presentan depósitos del Mioceno, que consisten en areniscas, conglomerados, arcillas, limos y calizas. La estratigrafía de la zona se caracteriza por la presencia de depósitos granulares gruesos (arenas) y finos (limos) en disposiciones sedimentarias típicas de medios aluviales.

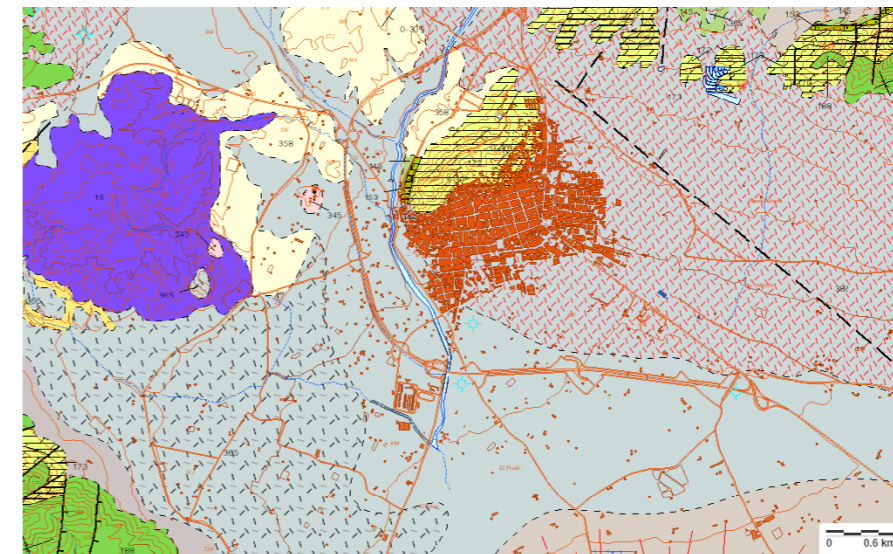


Imagen 1. Localización geológica Jumilla (Fuente: Visor IGME)

Es importante tener en cuenta que la estratigrafía puede variar en diferentes áreas de Jumilla. Para obtener información más detallada, se recomienda consultar publicaciones geológicas especializadas o buscar la asesoría de expertos en la materia.





En resumen, Jumilla se encuentra en el Altiplano de Jumilla, dentro de la Cordillera Bética. Su geología está marcada por la presencia de calizas y dolomías, y ha sido moldeada por movimientos tectónicos y procesos erosivos a lo largo del tiempo.

## 5. ENSAYOS Y TRABAJOS REALIZADOS

En este apartado se describen la serie de ensayos y trabajos realizados para poder realizar el estudio geotécnico, mostrando el procedimiento con los que se han realizado, además de los medios utilizados.

### 5.1. Trabajos de campo

Los trabajos de campo consistieron en la realización de:

- Sondeo mecánico a rotación ligera ASTM D-2113
- Ensayos de penetración estándar SPT UNE 103-800-92
- Toma de muestras inalterados ASTM D-1587/00 y XP P-94-202
- Penetración dinámica superpesada UNE-EN-ISO 22476-2/2005

A continuación, se especificarán detalles sobre algunos de los trabajos:

- Sondeo rotacional con extracción continua de testigo, Sondeo S1 6,60 m

El sondeo se ha realizado mediante el procedimiento de rotación, con extracción continua de testigo. Dependiendo de la dureza y consistencia del terreno atravesado, se ha realizado la perforación con o sin inyección de agua, empleándose baterías sencillos y dobles, habiéndose conseguido una recuperación del terreno próxima al 100%. Con este procedimiento se han alcanzado los 6,60 metros de profundidad, encontrando de 0,00 m hasta 0,70 m terreno vegetal y de 0,70 a 6,60 limos arenosos siendo este un terreno granular de compacidad densa. El proceso de perforación está representado en la imagen 3.

En el sondeo se tomaron, dependiendo de las características del terreno atravesado, muestras alteradas y/o inalteradas, estas se pueden identificar en las imágenes del anexo de columna litológica, las primeras se destinaron a ensayos de clasificación y las segundas a ensayos mecánicos de resistencia. Además, se realizaron ensayos de penetración dinámica estándar (SPT).

La localización del sondeo viene dada por la siguiente imagen:



Imagen 2. Localización sondeo S1 (Fuente: Elaboración propia)

Al tratarse de un estudio ajeno al proyecto se ha realizado a una distancia de 170 m del puente, distancia suficientemente reducida para poder tener en cuenta sus resultados a la hora de la caracterización de nuestro suelo.



Imagen 3. Realización del sondeo S1 (Fuente: Informe geotécnico G-3187)

- Ensayos de penetración estándar SPT

Tenemos  $N_{spt}=34$ , esto se calcula a partir de los resultados arrojados por los ensayos de penetración estándar se muestran en la tabla 1, siendo  $N_{spt}$  el resultado de la media de 42, 28 y 34.

COTA (m)	TIPO ENSAYO	N <sub>20</sub>	N <sub>20</sub>	N <sub>20</sub>	N <sub>20</sub>	N <sub>SPT</sub>
1,20-1,80	SPT	16	22	20	18	42
3,00-3,60	SPT	11	13	15	14	28
6,00-6,60	SPT	18	14	20	19	34

Tabla 1. Resultados ensayo SPT (Fuente: Informe geotécnico G-3187)

- Penetración dinámica superpesada

Se han realizado dos ensayos de penetración dinámica superpesada, consistiendo estos en la introducción en el terreno de un elemento de penetración, generalmente de forma cónica, unido solidariamente a un varillaje. La hincas se realiza por golpeo de una maza con un peso definido, sobre una sufridera o cabezal colocado en la parte superior del varillaje. Dicha maza se eleva a una altura fijada, y se deja caer libremente.

El resultado del ensayo es el número de golpes necesario para que el penetrómetro se introduzca una determinada profundidad, alcanzando los ensayos realizados las siguientes profundidades:

- DPSH P1 2,80 m
- DPSH P2 3,60 m

Los ensayos han arrojado los siguientes resultados:

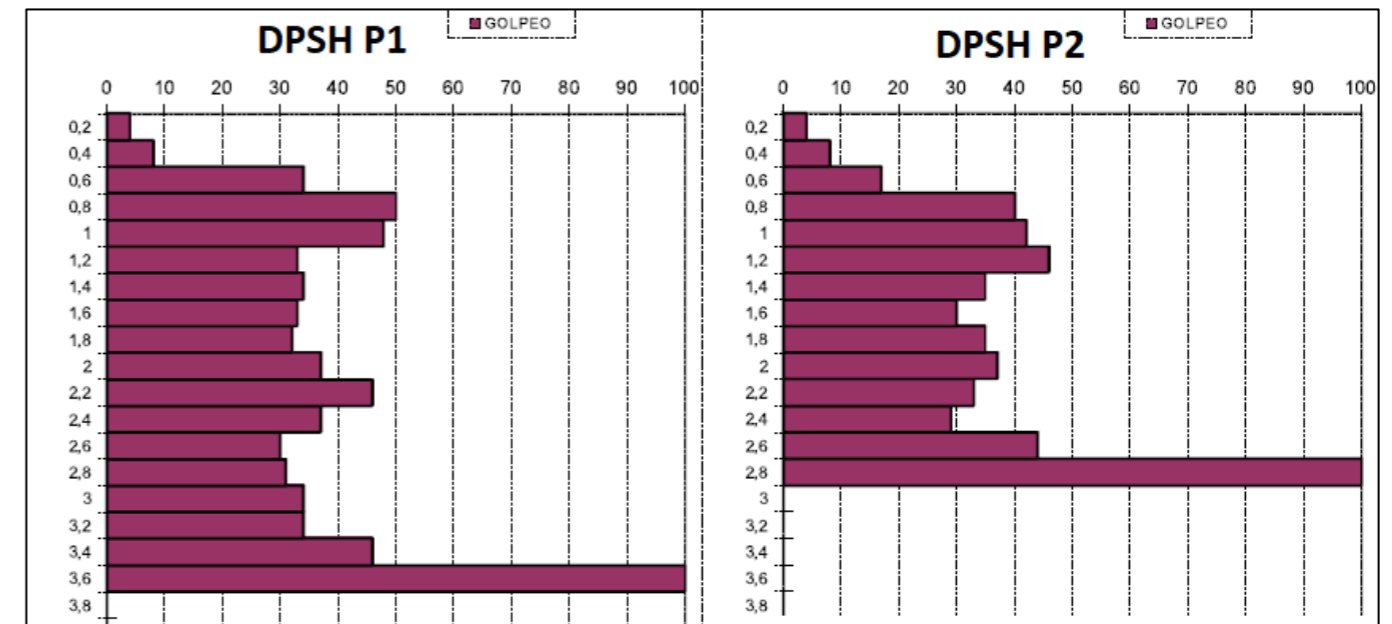


Imagen 4. Valores de golpeo ensayos DPSH (Fuente: Informe geotécnico G-3187)

### 5.2. Ensayos de laboratorio

A partir de las muestras obtenidas a partir del sondeo S1 se han realizado los siguientes ensayos de laboratorio para determinar las propiedades del suelo:

- Granulometría de suelos por tamizado UNE 103.101/95
- Límites de Atterberg. UNE 103.104/93
- Contenido en sulfatos solubles en el suelo. UNE 103.201/96

Al finalizar el anejo se adjuntas los resultados del ensayo de granulometría.

En cuanto al contenido en sulfatos del suelo se ha elaborado la siguiente tabla para describir los resultados obtenidos en el ensayo:





Tipo de medio agresivo	PARÁMETROS	RESULTADO ENSAYO	Tipo exposición (EHE)		
			Qa	Qb	Qc
			Ataque débil	Ataque medio	Ataque fuerte
SUELO	Ion Sulfato (mg SO <sub>4</sub> /Kg de suelo seco)	59,27	2000-3000	3000-12000	>12000

Tabla 2. Resultados ensayo Contenido en sulfatos (Fuente: Informe geotécnico G-3187)

En base a los resultados del ensayo resulta que el terreno involucrado en la cimentación no presenta agresividad al hormigón, por lo que no se precisa la utilización de cementos sulforresistentes en el hormigón de la cimentación.

En el sondeo de 6,60 m no se ha detectado el nivel freático por lo que este no afectará en los trabajos a realizar.

## 6. SISMICIDAD

A efectos de la Norma Sismorresistente (NCSE-02), se considera en el proyecto que el Término Municipal de Jumilla (Murcia), donde se sitúan los terrenos objeto de estudio, tienen unos valores de aceleración sísmica básica ( $a_b$ ) de 0,07\*g.

Siendo un terreno TIPO II con un coeficiente de suelo  $C=1,3$  y una construcción de importancia normal. Con estos datos calculamos la aceleración sísmica de cálculo ( $a_c$ ) a partir de la siguiente expresión:

$$a_c = S \cdot \rho \cdot a_b$$

Donde:

- ❖  $a_b$ : Aceleración básica de cálculo
- ❖  $\rho$ : Coeficiente adimensional de riesgo, función de la probabilidad aceptable de que se exceda  $a_c$  en el periodo de vida para el que se proyecta la construcción. En construcciones de importancia normal  $\rho=1$  y de importancia especial  $\rho=1,3$ .
- ❖  $S$ : Coeficiente de amplificación del terreno. Al ser en este caso  $\rho \cdot a_b \geq 0,4 \cdot g \rightarrow S=1$

Por los que  $a_c = 0,07$  siendo así de aplicación la normativa NCSE-02, debiéndose de tener en cuenta los posibles efectos del sismo en terrenos potencialmente inestables.

## 7. CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS DEL TERRENO

En el sondeo 1 se han detectado dos clases de materiales, siendo estos terreno vegetal, el cual se considera de alrededor de 70cm y limos arenosos, los cuales se encuentran hasta el final del sondeo.

Por lo tanto, las características geotécnicas obtenidas de los ensayos de laboratorio y/o estimadas de los niveles estratigráficos de interés geotécnico para la resolución de las cimentaciones son:

- NIVEL 0: TERRENO VEGETAL, de 0,00m a 0,40-0,70m de profundidad, se visualiza como arcillas marrones oscuras con resto de raíces y materia orgánica. Este terreno no es apto para admitir cimentaciones directas, por lo que en todo caso debe ser eliminado.
- NIVEL 1: LIMOS ARENOSOS-ARENAS LIMOSAS, de 0,40-0,70m a 6,60m de profundidad. Se observan limos arenosos naranjas. Se trata de un terreno granular de compacidad densa (según la clasificación U.S.C.S). Presenta los siguientes parámetros geotécnicos:

CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS	VALOR
Clasificación U.S.C.S.	ML
Límite líquido (%)	NP
Límite plástico (%)	NP
Índice plasticidad (%)	NP
Nspt	34
Ángulo de rozamiento (°)	28
Cohesión Kg/cm <sup>2</sup>	0
Grava (%)	0
Arena (%)	41
Finos (%)	59
Riesgo de expansividad	No expansivo
Riesgo de colapsabilidad	No colapsable

Tabla 3. Parámetros geotécnicos para NIVEL 1 (Fuente: Informe geotécnico G-3187)

Además, en el anexo de actas de ensayos se muestra la distribución granulométrica del Nivel 1.

## 8. CONDICIONANTES PARA LA CIMENTACIÓN

### 8.1. Excavabilidad y condiciones de estabilidad

La excavación se realizará en seco sobre un terreno de tipo suelo, excavable mediante métodos convencionales.

En el caso de excavación en rellenos se realizará sobre un terreno muy inestable, por lo que será necesario tomar las medidas de precaución adecuadas para evitar posibles inestabilidades del terreno durante su vaciado.

Los parámetros orientativos para el empuje del terreno son:

	NIVEL 0	NIVEL 1
C (Kp/cm <sup>2</sup> )	0	0
∅ (°)	15-18	28
γ <sub>ap</sub> (g/cm <sup>3</sup> )	1,4	2,07
C. Permeabilidad (m/s)	<10 <sup>-4</sup>	<10 <sup>-4</sup>

Tabla 4. Parámetros de empuje del terreno (Fuente: Informe geotécnico G-3187)

para evitarlas excavaciones a realizar para llevar a cabo la ejecución se muestran en la imagen 5, donde se dejan unos taludes de ángulo β=33,7°, es decir de una relación de 1,5/1. El volumen total de excavación para el estribo 1 es de 748 m<sup>3</sup> y para el 2 de 997 m<sup>3</sup>.



Imagen 5. Excavaciones para ejecución de estribos (Fuente: Elaboración propia)

### 8.2. Asientos admisibles

Para el cálculo de asientos admisibles se debe tener en cuenta que nuestras cimentaciones descansan sobre el nivel 1 de arenas limosas. Los cálculos justificativos se encuentra en el anexo de cálculos.

En un terreno granular cohesivo como el que nos ocupa la carga de hundimiento suele ser elevada. Sin embargo, no por ella queda asegurada que los asientos sean admisibles para las presiones de trabajo así obtenidos, por lo cual se fijan dichas presiones con relación a los asientos.

Puede tomarse en terrenos granulares no cohesivos una presión admisible la cual produzca en la zapata más grande un asentamiento inferior a una pulgada (2,5 cm). El asiento producido sería de carácter inmediato, es decir, se producirá durante la ejecución de la obra. Su comprobación se encuentra en el anejo de cálculo de estructuras y sus cimentaciones, teniendo un asiento de 2,38 cm, por lo que cumple.

### 8.3. Tensión admisible

Con motivo del cálculo de la tensión admisible se ha utilizado el GCOC (Guía de cimentaciones en obras de carretera). Se han tenido en cuenta los siguientes factores a la hora del cálculo:

- ❖ Asientos elásticos permisibles de 2,5 cm.
- ❖ Carga de la estructura del puente sobre las cimentaciones
- ❖ Valores de los ensayos SPT
- ❖ Dimensiones de zapatas
- ❖ Apoyo de cimentación sobre nivel 1 (arenas limosas)
- ❖ Profundidad de cimentaciones

Implementando estos datos en las fórmulas propuestas, y al ser ambas cimentaciones idénticas, la tensión admisible arroja un valor de 7,77 Kg/cm<sup>2</sup>. A este valor no se le han aplicado factores de seguridad, se tiene en cuenta a la hora de la comprobación por hundimiento.

Los cálculos justificativos se encuentran en el anejo de cálculo de estructuras y sus cimentaciones.

## 9. CONCLUSIONES

Para la realización de este estudio geotécnico se han llevado a cabo dos ensayos de penetración dinámica superpesada y un sondeo por rotación ligera llevando a cabo durante el mismo el ensayo SPT. Del sondeo se han tomado muestras para realizar los distintos ensayos de laboratorio.

Gracias al sondeo podemos distinguir dos capas de material, el nivel 0 de terreno vegetal y el nivel 1 de arenas limosas, sobre el que descansarán las cimentaciones.

De los distintos ensayos podemos decir que:

- ❖ El terreno no presenta apenas sulfatos, por lo que no es agresivo al hormigón.
- ❖ Los medios de excavación pueden ser los convencionales.
- ❖ La aceleración sísmica de cálculo es de 0,07



# ANEXO DE COLUMNA LITOLÓGICA



	Cliente	D, PASCUAL SÁNCHEZ MORCILLO		<b>S-1</b> DE 1	FOLIO
	Obra	VUA (PB+1ALT)			
	Localidad	JUMILLA		<b>G-3187</b>	
	Fecha Inicio	06/10/2021	Fecha Fin		

Escala 1:50	Profundidad	Estratigrafía	Descripción	Valor SPT/PVC	R.Q.D.	Nivel freático	MUESTREO	
	0.70	↓ ↓ ↓ ↓	Terreno vegetal, arcillas marrón oscuras con materia orgánica.					
1			Limos arenosos-arenas limosas naranjas	1.20			1.20	
				<b>SPT 16/22/2018</b>				<b>S1M1</b>
2				1.80				1.80
3				3.00				
				<b>SPT 11/13/15/14</b>				
4				3.50				
5		6.00						
		<b>SPT 18/14/20/19</b>						
6		6.50						
7	6.60							

COTA BOCA DEL SONDEO: -0.00 m. Ref: C/	María López de la Manzanara Giménez Geóloga col. 5297
--	--





# ANEXO DE ACTAS DE ENSAYOS







CIF B53858684  
 C/ San Bartolomé 5  
 03560 EL CAMPELLO (ALICANTE)  
 Tfno.: 965 63 73 20  
 Laboratorio de ensayos autorizado. Inscrito en el Registro General de Laboratorios de ensayos para el control de calidad de la edificación-LECCE: VAL-L-027



E-mail: oficina@casagrandegeo.com

MUESTRA: 944/21/OR37      ACTA nº: 1079/21  
 CÓDIGO DEL PETICIONARIO: S1M1 (1,20 - 1,80 m)

DETERMINACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA. MÉTODO DE TAMIZADO UNE-EN-ISO 17892-4:2019

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Divisiones principales según SUCS

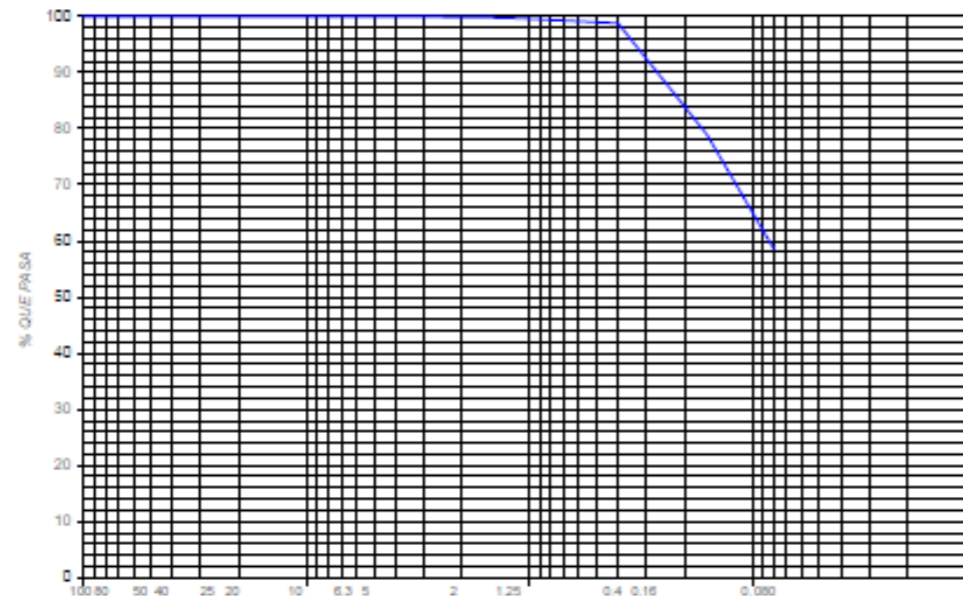
TAMAÑO	GRAVAS	ARENAS	FINOS
%	0	41	59

RESULTADOS DE ENSAYO																
TAMICES	100	80	63	50	40	25	20	12,5	10	6,3	5	2	1,25	0,40	0,160	0,080
% PASA	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	99	79	59

fecha final del ensayo: 13/10/2021

GRANULOMETRIA POR TAMIZADO.



TAMICES. ABERTURA mm.

OBSERVACIONES:

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO Y EL LÍMITE PLÁSTICO  
 UNE-EN-ISO 17892-12:2019

fecha final del ensayo: 11/10/2021

Límite líquido	NO PLÁSTICO
Límite plástico	NO PLÁSTICO
Índice de plasticidad	NO PLÁSTICO

OBSERVACIONES:



DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO EN SULFATOS SOLUBLES DE UN SUELO. UNE 83963-08

fecha final del ensayo: 11/10/2021

59,27 mg/kg
-------------

OBSERVACIONES:



# ANEJO Nº2: ESTUDIO HIDROLÓGICO

Curso 2022/2023

Grado en Ingeniería Civil

*Autores: Juan Vicente López Olivares,  
Marco Palencia Martínez*

*Tutor: Salvador Monleón Cremades*







1-OBJETO.....	2
2-ANÁLISIS DE LA ZONA.....	2
3-COTA DE LA LÁMINA DE AGUA.....	2
4-CAUDAL MÁXIMO .....	2
5-ANÁLISIS HIDROLÓGICO .....	3
5.1. CÁLCULO DE LA PRECIPITACIÓN MÁXIMA DIARIA.....	3
5.2. MÉTODO RACIONAL.....	4
5.2.1 INTENSIDAD DE PRECIPITACIÓN.....	4
5.2.2 COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA.....	6

# ÍNDICE

## ANEJO ESTUDIO HIDROLÓGICO

## 1. OBJETO

El objeto del presente estudio para el puente propuesto en la Rambla del Judío es analizar detalladamente las características hidrológicas de la zona con el objetivo de comprender y prever el comportamiento de los flujos de agua en diferentes condiciones.

El estudio se enfoca en determinar los caudales máximos probables en distintos intervalos de retorno, considerando tanto eventos pluviales habituales como situaciones extremas.

## 2. ANÁLISIS DE LA ZONA

El análisis de la zona correspondiente a la Rambla del Judío se llevó a cabo con una atención exhaustiva a las características hidrológicas y topográficas del entorno. La zona de estudio abarca tanto el cauce de la rambla como los alrededores inmediatos, considerando los factores que podrían influir en el flujo de agua y el comportamiento hidráulico.

Para obtener datos precisos y confiables, se recurrió a múltiples fuentes, entre las cuales se destacan la página de la Confederación Hidrográfica del Segura y la plataforma del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables. Estas herramientas han proporcionado información esencial, como registros históricos de caudales, datos pluviométricos y mapas detallados de la topografía y las áreas de inundación potencial.

Gracias a estos recursos digitales ha permitido obtener una visión completa de las condiciones hidrológicas en la Rambla del Judío. La utilización de estas plataformas y fuentes oficiales garantiza la calidad y la precisión de los datos, fundamentales para la toma de decisiones informadas en el diseño del puente y la planificación de su construcción.

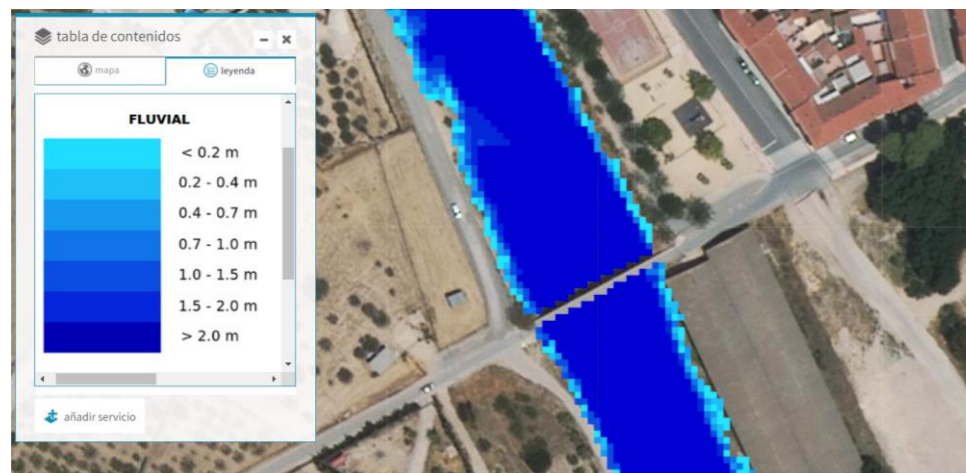


Imagen 1: Mapa de peligrosidad por inundación fluvial para T=500 años

En la imagen adjunta se puede observar la peligrosidad por inundación fluvial en un periodo de retorno de 500 años. Como se muestra en la leyenda prácticamente todo el cauce de la rambla superará los 2 metros de profundidad llegando hasta los 3,85 metros de profundidad en el lugar donde se quiere realizar el puente.

## 3. COTA DE LA LÁMINA DE AGUA

La cota máxima de la lámina de agua en el diseño y análisis del puente es un elemento crítico para evaluar la seguridad y la estabilidad de la infraestructura ante posibles inundaciones. Esta cota se refiere al nivel máximo al que el agua podría elevarse durante eventos hidrológicos extremos, como lluvias intensas. Para comprender y abordar adecuadamente este aspecto, es esencial considerar los datos proporcionados por el Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables.



Imagen 2: Cota de la lámina de agua (Fuente: Elaboración propia)

La cota máxima de la lámina de agua que se ha obtenido para un periodo de retorno de 500 años es de 491.35 m, esta es la que se representa en la imagen con una línea azul sobre el perfil de la rambla.

Según el artículo 47 del BOE con disposición 3511 el resguardo desde el nivel de aguas a la cara inferior del tablero será, si es posible, de un metro o mayor para la avenida de 500 años de periodo de retorno. En la imagen se puede apreciar una línea roja que corresponde con este resguardo mínimo de un metro. Como para la realización de nuestro puente se pretende estar del lado de la seguridad, se va a disponer por lo menos de un resguardo de un metro y medio en la zona central ya que, al fin y al cabo, será la zona más crítica.

Tanto la rasante como el tablero del puente tendrán una forma parabólica para poder cumplir con el resguardo mínimo de la forma más eficiente posible. La rasante del puente se ve representado en la imagen como la línea verde tiene una cota en el centro del tablero de 493.94 metros. Por otro lado, tenemos que el canto del tablero será de 1 metro y que la rasante se encuentra 1 centímetro por encima del canto del tablero, con todo esto podemos saber que la cota de la cara inferior del tablero es:

$$z_T = z_R - h - x = 493.94 - 1 - 0.01 = 492.93 \text{ m}$$

Por último, se comprueba que la cota de la cara inferior del tablero es mayor que la cota máxima de la lámina para la avenida de 500 años incrementada en el resguardo adoptado (1.5 m):

$$z_T = 492.93 > z_{500} + 1.5 = 492.85$$

## 4. CAUDAL MÁXIMO

Atendiendo a los datos proporcionados por el Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables se ha determinado que el caudal máximo estimado varía significativamente según los periodos de retorno considerados.

Para un periodo de retorno de 100 años, se ha obtenido un caudal máximo de 258 m<sup>3</sup>/seg. Si se amplía el período de retorno a 500 años, el caudal máximo estimado se incrementa a 481 m<sup>3</sup>/seg.

Destacar que el período de retorno, en el contexto hidrológico, se refiere al intervalo de tiempo promedio durante el cual se espera que ocurra un evento hidrológico específico, como una inundación o un caudal máximo. Es una medida utilizada para expresar la probabilidad de que un evento de cierta magnitud se produzca en un año determinado.

Cabe destacar que cuanto mayor sea el período de retorno, menor será la probabilidad de que el evento ocurra en un año específico, pero su magnitud podría ser más significativa cuando finalmente ocurra.

Es importante tener en cuenta que el período de retorno es una estimación basada en datos históricos y modelos hidrológicos, y no garantiza que el evento ocurra exactamente en los intervalos previstos.

## 5. ANÁLISIS HIDROLÓGICO

### 5.1. CÁLCULO DE LA PRECIPITACIÓN MÁXIMA DIARIA

Para la obtención del caudal máximo de avenida para diferentes periodos de retorno, se ha utilizado un método regional según la publicación del Ministerio de Fomento “Máximas Lluvias Diarias en la España Peninsular” que trata de reducir la varianza de los parámetros estimados con una única muestra, empleando la información de estaciones con similar comportamiento

El enfoque tradicional de estos métodos asume la existencia de una región homogénea respecto a ciertas características estadísticas, lo que permite aprovechar el conjunto de información disponible en dicha región.

El método regional adoptado, denominado tradicionalmente “índice de avenidas”, asume que la variable Y resultante de dividir en cada estación los valores máximos anuales por su media sigue idéntica distribución de frecuencia en toda la región considerada. Los parámetros de dicha distribución, una vez seleccionado el modelo de ley, son obtenidos a partir del conjunto de datos de las estaciones de la región, mientras que el valor local de la media P se estima exclusivamente a partir de los datos de cada una de las estaciones.

La estimación de los cuantiles locales  $X_t$  ( $P_T$  en el “Mapa para el Cálculo de Máximas Precipitaciones Diarias en la España Peninsular” de 1997) en un determinado punto se reduce a reescalar los cuantiles regionales  $Y_t$  (denominados Factores de Amplificación  $K_T$  en la referida publicación) con la media local P según la siguiente expresión:

$$X_t = Y_t * P$$

El modelo de función de distribución a emplear para la caracterización estadística de la lluvia es el SQRT-ET max ya que, entre otras cosas, es el único de los modelos analizados de la ley de distribución, que ha sido propuesto específicamente para la modelación estadística de máximas lluvias diarias.

$$F(x) = \exp[-k(1 + \sqrt{\alpha} * x) \exp(-\sqrt{\alpha} * x)]$$

Atendiendo al Manual de Máximas Lluvias Diarias en la España Peninsular para poder calcular la precipitación máxima diaria se consultan los mapas donde se muestran los valores del coeficiente de variación  $C_v$  y del valor medio de P.

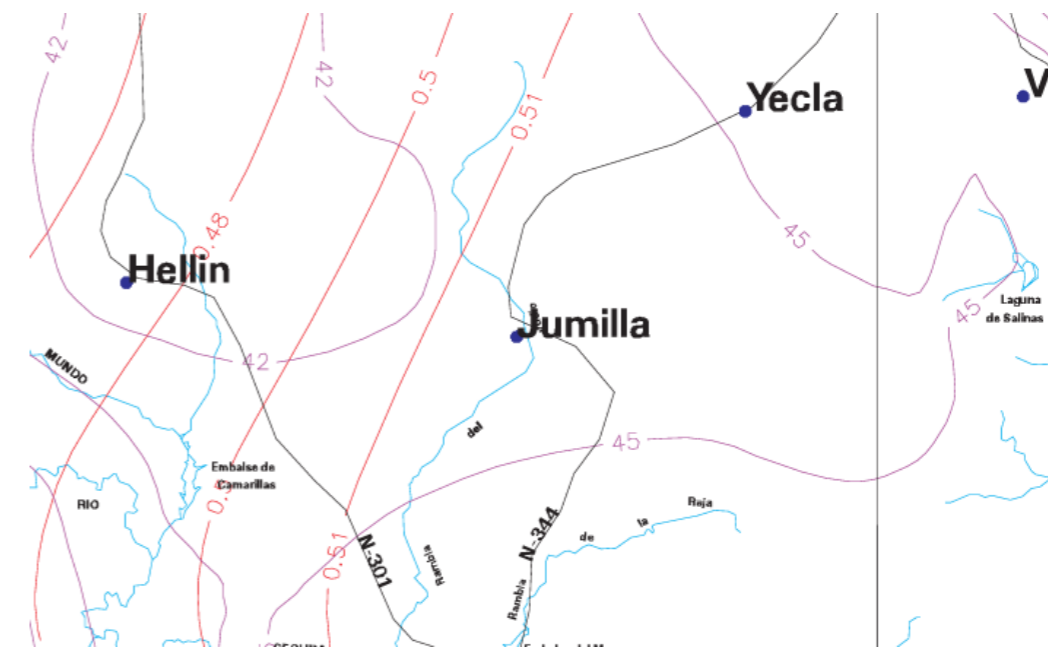


Imagen 3: Mapa de isóneas para los coeficientes  $C_v$  y P

Como se puede comprobar en la imagen el valor del coeficiente  $C_v$  para la localidad de Jumilla es de 0.51 y haciendo una aproximación el valor de P es de 43 mm/día.

Con el valor del coeficiente  $C_v$  y el periodo de retorno que en nuestro caso será de 500 años, mediante la siguiente tabla se obtiene el valor del cuantil regional  $Y_t$ :



C <sub>v</sub>	PERIODO DE RETORNO EN AÑOS (T)							
	2	5	10	25	50	100	200	500
0.30	0.935	1.194	1.377	1.625	1.823	2.022	2.251	2.541
0.31	0.932	1.198	1.385	1.640	1.854	2.068	2.296	2.602
0.32	0.929	1.202	1.400	1.671	1.884	2.098	2.342	2.663
0.33	0.927	1.209	1.415	1.686	1.915	2.144	2.388	2.724
0.34	0.924	1.213	1.423	1.717	1.930	2.174	2.434	2.785
0.35	0.921	1.217	1.438	1.732	1.961	2.220	2.480	2.831
0.36	0.919	1.225	1.446	1.747	1.991	2.251	2.525	2.892
0.37	0.917	1.232	1.461	1.778	2.022	2.281	2.571	2.953
0.38	0.914	1.240	1.469	1.793	2.052	2.327	2.617	3.014
0.39	0.912	1.243	1.484	1.808	2.083	2.357	2.663	3.067
0.40	0.909	1.247	1.492	1.839	2.113	2.403	2.708	3.128
0.41	0.906	1.255	1.507	1.854	2.144	2.434	2.754	3.189
0.42	0.904	1.259	1.514	1.884	2.174	2.480	2.800	3.250
0.43	0.901	1.263	1.534	1.900	2.205	2.510	2.846	3.311
0.44	0.898	1.270	1.541	1.915	2.220	2.556	2.892	3.372
0.45	0.896	1.274	1.549	1.945	2.251	2.586	2.937	3.433
0.46	0.894	1.278	1.564	1.961	2.281	2.632	2.983	3.494
0.47	0.892	1.286	1.579	1.991	2.312	2.663	3.044	3.555
0.48	0.890	1.289	1.595	2.007	2.342	2.708	3.098	3.616
0.49	0.887	1.293	1.603	2.022	2.373	2.739	3.128	3.677
0.50	0.885	1.297	1.610	2.052	2.403	2.785	3.189	3.738
0.51	0.883	1.301	1.625	2.068	2.434	2.815	3.220	3.799
0.52	0.881	1.308	1.640	2.098	2.464	2.861	3.281	3.860

Imagen 4: Cuantiles  $Y_v$  de la Ley SQRT-ET max, también denominados Factores de Amplificación  $K_T$ , en el "Mapa para el Cálculo de Máximas Precipitaciones Diarias en la España Peninsular"

Consultando la tabla obtenemos que nuestro  $K_T = 3.799$  para un periodo de retorno de 500 años y un  $C_v$  de 0.51.

Se procede a obtener la precipitación diaria máxima para el periodo de retorno deseado:

$$P_T = K_T * P = 3.799 * 43 = 163.357 \text{ mm/día}$$

## 5.2. MÉTODO RACIONAL

Se va a proceder a estimar el caudal de aporte de la cuenca atendiendo a la NORMA 5.2-IC de la Instrucción de carreteras Drenaje superficial, para realizar el cálculo se ha optado por utilizar el Método Racional el cual se caracteriza por ser un método que no necesita de gran cantidad de información sobre las características de la cuenca.

Se va a proceder a calcular el caudal máximo anual correspondiente a un periodo de retorno de 50 años para este caso. Como no se tiene información sobre caudales máximos de la Administración Hidráulica competente se calculará con el Método Racional. Este método supone la generación de escorrentía en una determinada cuenca a partir de una intensidad de precipitación uniforme en el tiempo, sobre toda su superficie. No tiene en cuenta:

- Aportación de caudales procedentes de otras cuencas o trasvases a ellas.
- Existencia de sumideros, aportaciones o vertidos puntuales, singulares o accidentales de cualquier clase.
- Presencia de lagos, embalses o planas inundables que puedan producir efecto laminador o desviar caudales hacia otras cuencas
- Aportaciones procedentes del deshielo de la nieve u otros meteoros.
- Caudales que afloren en puntos interiores de la cuenca derivados de su régimen hidrogeológico.

El caudal máximo anual se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$Q_T = \frac{I(T, t_c) * C * A + K_t}{3.6}$$

Siendo:

$Q_T$  (m<sup>3</sup>/s): Caudal máximo anual correspondiente al período de retorno T, en el punto de desagüe de la cuenca.

C (adimensional): Coeficiente medio de escorrentía.

I (mm/h): Intensidad de precipitación correspondiente al período de retorno considerado T, para una duración del aguacero igual al tiempo de concentración  $t_c$ , de la cuenca.

A (km<sup>2</sup>): superficie de la cuenca.

$K_t$  (adimensional): Coeficiente de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación.

### 5.2.1. INTENSIDAD DE PRECIPITACIÓN

Para la obtención de la intensidad de precipitación se ha empleado la fórmula de la norma 5.2-IC:

$$I(T, t) = I_d * F_{int}$$

Donde:

$I(T, t)$  (mm/h): Intensidad de precipitación correspondiente a un período de retorno  $T$  y a una duración del aguacero  $t$ .

$I_d$  (mm/h): Intensidad media diaria de precipitación corregida correspondiente al período de retorno  $T$ .

$F$  (adimensional): Factor de intensidad.

Para la obtención de la intensidad media diaria de precipitación ( $I_d$ ) es necesario conocer

La intensidad media diaria de precipitación corregida correspondiente al período de retorno  $T$ , se obtiene mediante la fórmula

$$I_d = \frac{P_d * K_A}{24}$$

Donde:

$I_d$  (mm/h): Intensidad media diaria de precipitación corregida correspondiente al período de retorno  $T$ .

$P_d$  (mm): Precipitación diaria correspondiente al período de retorno  $T$ .

$K_A$  (adimensional): Factor reductor de la precipitación por área de la cuenca.

Para la determinación de la precipitación diaria correspondiente al período de retorno de 500 años,  $P_d$ , se va a adoptar el valor obtenido anteriormente a partir de los datos publicados por la Dirección General de Carreteras, donde se obtuvo un valor de 163.357 mm/día.

El factor reductor de la precipitación por área de la cuenca  $K_A$ , tiene en cuenta la no simultaneidad de la lluvia en toda su superficie. Se obtiene a partir de la siguiente formula:

$$\text{Si } A < 1 \text{ km}^2 \quad K_A = 1$$

$$\text{Si } A \geq 1 \text{ km}^2 \quad K_A = 1 - \frac{\log_{10} A}{15}$$

La cuenca de la rambla cuenta con un área aproximada de 2.1 km<sup>2</sup> por lo que se utilizará la segunda formula mostrada, la cual proporciona un valor de:

$$K_A = 0.979$$

Por tanto, aplicando la ecuación para obtener la intensidad media diaria de precipitación corregida correspondiente al período de retorno de 500 años, se obtiene un valor de:

$$I_d = 6.66 \text{ m}^3/\text{seg}$$

El factor de intensidad introduce la torrencialidad de la lluvia en el área de estudio y depende de:

- La duración del aguacero  $t$

- El período de retorno  $T$ , si se dispone de curvas intensidad - duración - frecuencia (IDF) aceptadas por la Dirección General de Carreteras, en un pluviógrafo situado en el entorno de la zona de estudio que pueda considerarse representativo de su comportamiento.

Se tomará el mayor valor de los obtenidos de entre los que se indican a continuación:

$$F_{int} = \max(F_a, F_b)$$

donde:

$F_{int}$  (adimensional): Factor de intensidad.

$F_a$  (adimensional): Factor obtenido a partir del índice de torrencialidad.

$F_b$  (adimensional): Factor obtenido a partir de las curvas IDF de un pluviógrafo próximo.

Como en este caso no se dispone de curvas intensidad - duración - frecuencia (IDF) el factor de intensidad se va a calcular a partir del factor obtenido a partir del índice de torrencialidad el cual se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$F_a = \left(\frac{I_1}{I_d}\right)^{3.5287 - 2.5287 t^{0.1}}$$

Donde:

$F_a$  (adimensional): Factor obtenido a partir del índice de torrencialidad.

$I_1 / I_d$  (adimensional): Índice de torrencialidad que expresa la relación entre la intensidad de precipitación horaria y la media diaria corregida. Su valor se determina en función de la zona geográfica, a partir del mapa que se muestra en la Norma 5.2-IC.

$t$  (horas): Duración del aguacero.

Para la obtención del factor  $F_a$ , se debe particularizar la expresión para un tiempo de duración del aguacero igual al tiempo de concentración ( $t = t_c$ ).

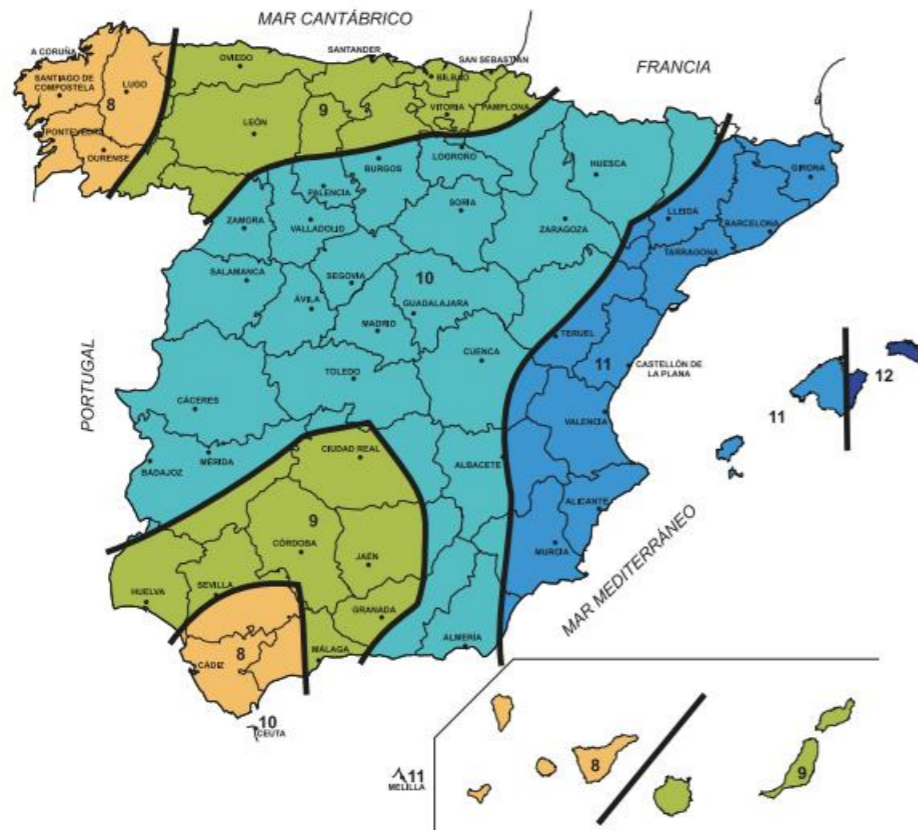


Imagen 5: Mapa del índice de torrencialidad ( $I_1/I_0$ )

Atendiendo al mapa se obtiene un valor para el índice de torrencialidad de 11.

El tiempo de concentración  $t_c$ , es el tiempo mínimo necesario desde el comienzo del aguacero para que toda la superficie de la cuenca esté aportando escorrentía en el punto de desagüe. Se obtiene calculando el tiempo de recorrido más largo desde cualquier punto de la cuenca hasta el punto de desagüe, mediante las siguientes formulaciones:

Para cuencas principales:

$$t_c = 0.3 * L_c^{0.76} * J_c^{-0.19}$$

Donde:

$t_c$  (horas): Tiempo de concentración.

$L_c$  (km): Longitud del cauce.

$J_c$  (adimensional): Pendiente media del cauce.

Se tiene que la longitud del cauce es  $L_c = 1.76$  km mientras que la pendiente del cauce es la división de la diferencia de cota entre el punto de inicio y el punto de de desagüe del cauce entre la longitud del cauce donde se obtiene un valor de:

$$J_c = 17/1760 = 0.01$$

Por lo tanto, sustituyendo en la ecuación se obtiene un tiempo de concentración de:

$$t_c = 1.1 \text{ horas}$$

El factor obtenido a partir del índice de torrencialidad es el siguiente:

$$F_a = 10.38$$

Con todo esto se obtiene que la intensidad de precipitación para un periodo de retorno de 500 años y un tiempo de concentración de 1.1 horas es:

$$I = 69.13 \text{ mm/hora}$$

### 5.2.2. COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA

El último valor que falta para obtener el caudal máximo anual es el coeficiente de escorrentía, el cual define la parte de la precipitación de intensidad que genera el caudal de avenida en el punto de desagüe de la cuenca. El coeficiente de escorrentía se obtendrá mediante la siguiente formula:

$$\text{Si } P_d \cdot K_A > P_0 \quad C = \frac{\left(\frac{P_d \cdot K_A}{P_0} - 1\right) \left(\frac{P_d \cdot K_A}{P_0} + 23\right)}{\left(\frac{P_d \cdot K_A}{P_0} + 11\right)^2}$$

$$\text{Si } P_d \cdot K_A \leq P_0 \quad C = 0$$

Donde:

C (adimensional): Coeficiente de escorrentía.

$P_d$  (mm): Precipitación diaria correspondiente al período de retorno T considerado.

$K_A$  (adimensional): Factor reductor de la precipitación por área de la cuenca.

$P_0$  (mm): Umbral de escorrentía.

El umbral de escorrentía representa la precipitación mínima que debe caer sobre la cuenca para que se inicie la generación de escorrentía. Se determinará mediante la siguiente fórmula:



$$P_0 = P_0^i * \beta$$

Donde:

$P_0$  (mm): Umbral de escorrentía.

$P_0^i$  (mm): Valor inicial del umbral de escorrentía.

$\beta$  (adimensional): Coeficiente corrector del umbral de escorrentía.

El valor inicial del umbral de escorrentía se determinará mediante la tabla que se muestra a continuación debido a la falta de series de datos o mapas publicados por la Dirección General de Carreteras, donde se obtiene directamente el valor inicial del umbral de escorrentía

Código	Uso de suelo	Práctica de cultivo	Pendiente (%)	Grupo de suelo			
				A	B	C	D
32320	Matorrales xerófilos macaronésicos			40	17	8	5
32400	Matorral boscoso de transición			75	34	22	16
32400	Claras de bosques			40	17	8	5
32400	Zonas empantanadas fijas o en transición			60	24	14	10
32410	Matorral boscoso de frondosas			75	34	22	16
32420	Matorral boscoso de coníferas			75	34	22	16
32430	Matorral boscoso de bosque mixto			75	34	22	16
33110	Playas y dunas			152	152	152	152
33120	Ramblas con poca o sin vegetación			15	8	6	4
33200	Roquedo			2	2	2	2
33210	Rocas desnudas con fuerte pendiente			2	2	2	2

Imagen 6: parte de la tabla del valor inicial del umbral de escorrentía (mm)

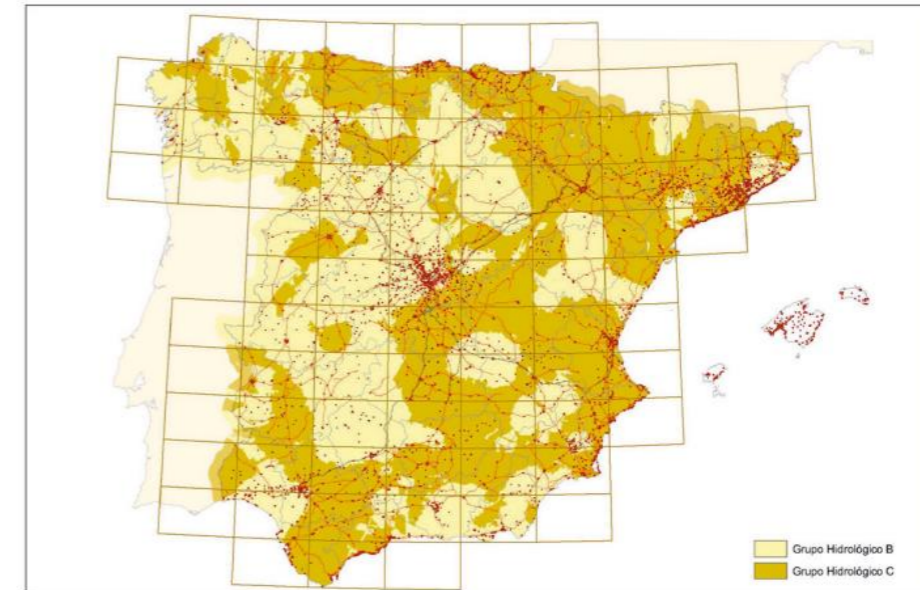


Imagen 7: Mapa de grupos hidrológicos de suelo

Como nuestro uso del suelo se trata de una rambla con poca o sin vegetación y atendiendo al mapa se puede observar que el suelo pertenece al grupo hidrológico de tipo B se tiene un valor inicial del umbral de escorrentía de 8.

La formulación del método racional efectuada anteriormente requiere una calibración con datos reales de las cuencas, que se introduce en el método a través de un coeficiente corrector del umbral de escorrentía  $\beta$ . Como no se dispone de información suficiente en la propia cuenca de cálculo o de cuencas próximas similares, para llevar a cabo la calibración, se puede tomar el valor del coeficiente corrector a partir de los datos de la tabla que se muestran a continuación. Como nuestra obra se trata de un puente se debe proceder como el producto del valor medio de la región del coeficiente corrector del umbral de escorrentía corregido por el valor correspondiente al intervalo de confianza del cincuenta por ciento, por un factor dependiente del período de retorno T considerado para el caudal de proyecto, es decir:

$$\beta^{DT} = (\beta_m - \Delta_{50}) * F_T$$

Donde:

$\beta^{DT}$  (adimensional): Coeficiente corrector del umbral de escorrentía para drenaje transversal de la carretera.

$\beta_m$  (adimensional): Valor medio en la región, del coeficiente corrector del umbral de escorrentía.

$F_T$  (adimensional): Factor función del período de retorno T.

$\Delta_{50}$  (adimensional): Desviación respecto al valor medio: intervalo de confianza correspondiente al 50 %.

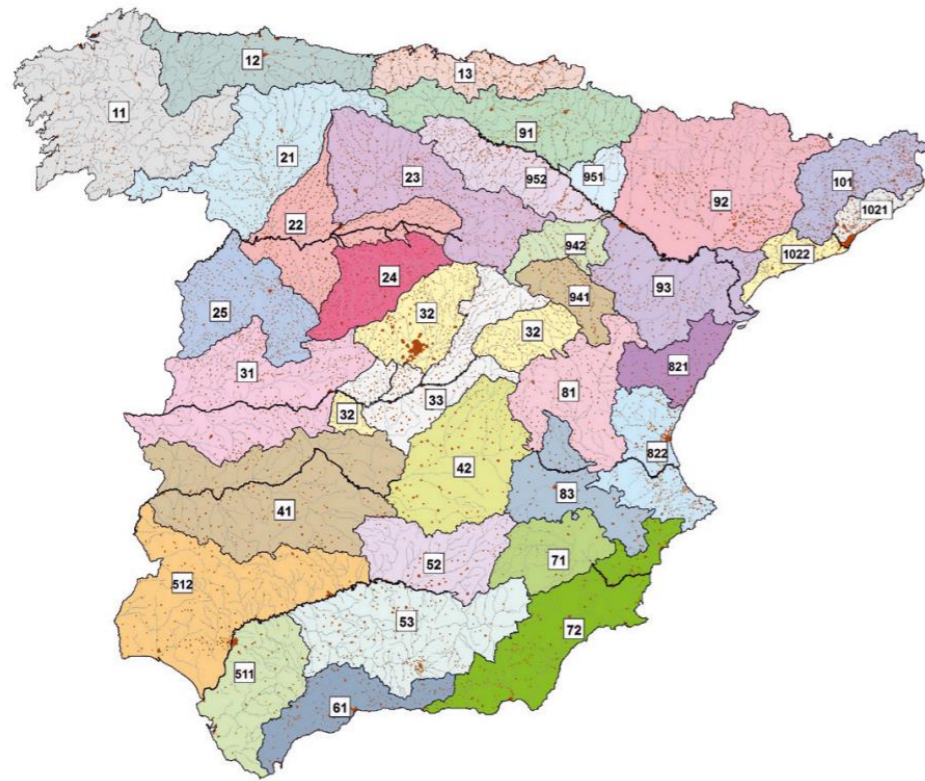


Imagen 8: regiones consideradas para la caracterización del coeficiente corrector del umbral de escorrentía

Región	Valor medio, $\beta_m$	Desviación respecto al valor medio para el intervalo de confianza del			Período de retorno $T$ (años), $F_T$				
		50% $\Delta_{50}$	67% $\Delta_{67}$	90% $\Delta_{90}$	2	5	25	100	500
61	2,00	0,25	0,35	0,60	0,77	0,91	1,10	1,18	1,17
71	1,20	0,15	0,20	0,35	0,82	0,94	1,00	1,00	1,00
72	2,10	0,30	0,45	0,70	0,67	0,86	1,00	-	-
81	1,30	0,25	0,35	0,60	0,76	0,90	1,14	1,34	1,58
821	1,30	0,35	0,50	0,85	0,82	0,91	1,07	-	-
822	2,40	0,25	0,35	0,60	0,70	0,86	1,16	-	-
83	2,30	0,15	0,25	0,40	0,63	0,85	1,21	1,51	1,85

Imagen 9: parte de la tabla del coeficiente corrector del umbral de escorrentía; valores correspondientes a calibraciones regionales

Atendiendo al mapa se obtiene que Jumilla pertenece a la región 71, con esta información se acude a la tabla donde se muestran los valores correspondientes a los distintos parámetros mencionados los cuales sustituyendo en la ecuación del coeficiente corrector del umbral de escorrentía se obtiene un valor de:

$$\beta^{DT} = 1.05$$

Con todo esto se tiene un umbral de escorrentía de:

$$P_0 = 8.4$$

Como el resultado de la precipitación diaria por el factor reductor de la precipitación es mayor que el umbral de escorrentía para calcular el coeficiente de escorrentía se utiliza la primera ecuación mencionada la cual proporciona un resultado de:

$$C = 0.82$$

El coeficiente  $K_t$ , el cual es el último coeficiente necesario para poder calcular el caudal máximo anual, tiene en cuenta la falta de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación. Se obtendrá a través de la siguiente expresión:

$$K_t = 1 + \frac{t_c^{1.25}}{t_c^{1.25} + 14} = 1.074$$

Por tanto, aplicando la ecuación correspondiente al caudal máximo anual se obtiene un valor de:

$$Q = 33.37 \text{ m}^3/\text{seg}$$



# ANEJO Nº3: ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

Curso 2022/2023

Grado en Ingeniería Civil

*Autores: Juan Vicente López Olivares,  
Marco Palencia Martínez*

*Tutor: Salvador Monleón Cremades*





# ÍNDICE

## ANEJO ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

1. INTRODUCCIÓN.....	2
2. CONDICIONANTES.....	2
2.1. Funcionales.....	2
2.1.1. Trazado.....	2
2.1.2. Sección transversal.....	2
2.2. Formales.....	3
2.2.1. Seguridad.....	3
1.1.1. Estética.....	3
1.1.2. Constructivos.....	3
1.1.3. Económicos.....	3
3. PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS .....	3
4. ANÁLISIS DE LAS ALTERNATIVAS.....	4
4.1. Alternativa 1.....	4
4.2. Alternativa 2.....	5
4.3. Alternativa 3.....	6
5. VALORACION DE LAS ALTERNATIVAS.....	8
6. SOLUCIÓN ADOPTADA.....	9
7. CONCLUSIÓN.....	10

## 1. INTRODUCCIÓN

El objeto del presente anejo es el estudio de las diferentes alternativas que se plantean como solución para la construcción de un nuevo puente sobre la Rambla del Judío (Jumilla). Dada la necesidad de mejorar la infraestructura vial y asegurar la accesibilidad en la zona, se plantea la construcción de un nuevo puente que reemplace al existente. El puente actual no satisface las exigencias y requerimientos de conectividad que la situación actual demanda ya que el puente es de un solo carril y teniendo en cuenta la expansión del pueblo este puente se ha vuelto mucho más transitado lo que provoca una necesidad de remodelación de este.

Las propuestas se basan en las tipologías de puentes más adecuadas según las condiciones que se exponen más adelante, buscando siempre la innovación y sin perder de vista la optimización estructural. Es importante resaltar que todas las propuestas se fundamentarán en las tipologías de puentes más apropiadas según las condiciones establecidas en los apartados siguientes. En este proceso, se buscará constantemente la innovación y la optimización estructural como pilares fundamentales. Además de estos aspectos técnicos, se considerarán factores esenciales como la economía, la durabilidad y la integración en el entorno, entre otras.

A su vez, debido al futuro desarrollo urbanístico y comercial de la zona, el componente estético de la estructura adquiere un rol de gran relevancia en todas las alternativas propuestas. El objetivo es que el puente no solo cumpla su función práctica, sino que también se convierta en un elemento distintivo que aporte identidad a la zona.

## 2. CONDICIONANTES

A continuación, se exponen los condicionantes del pliego del concurso del proyecto básico de puente sobre la Rambla del Judío.

### 2.1. Funcionales

La misión principal del puente radica en superar con éxito el obstáculo que presenta la Rambla del Judío, asegurando al mismo tiempo la continuidad de la avenida forma viable, teniendo en cuenta la inclusión de una acera y un carril bici, elementos esenciales para permitir un paso seguro de las personas y los ciclistas a través del puente.

Debido a esta razón, es obligatorio cumplir con una serie de restricciones geométricas que abarcan el alzado, la planta y la configuración en sección transversal. Estas limitaciones se detallan a continuación.

### 2.1.1. Trazado

El trazado del puente debe ser recto y debe permitir un resguardo vertical mínimo de 1.5 m en el centro de la rambla mientras que se permite que se reduzca hasta 25 cm este resguardo en los extremos de este.



Figura 1: Trazado en planta

### 2.1.2. Sección transversal

El ancho útil mínimo exigido es de 16.4 m, los cuales se reparten en 2.5 m de acera, 2.5 m de carril bici, 0.2 m para las barreras o bordillos a ambos lados de la calzada y 11 m para la calzada (la cual debe incluir dos carriles de 3.50 m).

En cuanto a las pendientes transversales en la calzada (bombeo) y las aceras, se dispondrá de una pendiente del 2% en la calzada y una pendiente del 1% en las aceras tal y como se indica en la siguiente figura

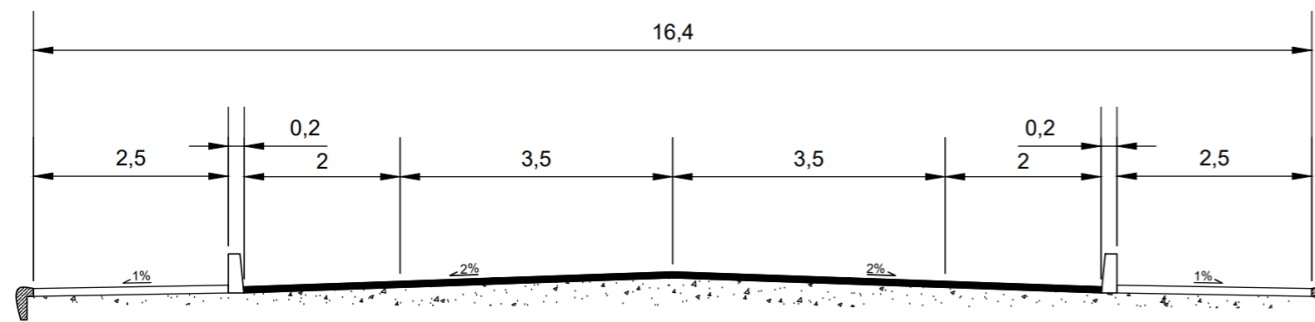


Figura 2: Sección transversal

## 2.2. Formales

### 2.2.1. Seguridad

Asegurar la seguridad es de suma importancia. Para los peatones y ciclistas se implementarán barandillas a lo largo del puente, mientras que para los vehículos, se instalarán defensas de contención lateral o bordillos en los laterales de la calzada. Además de esto, se tomarán medidas para garantizar la seguridad de los peatones y ciclistas, lo que incluirá la utilización de pavimentos antideslizantes.

### 2.2.2. Estética

La estética juega un papel de destacada importancia en la concepción del proyecto. Este aspecto no se limita únicamente a la funcionalidad práctica del puente, sino que se extiende hacia la creación de una estructura que posea una presencia visual distintiva y armoniosa en su entorno.

Este condicionante impulsa a explorar opciones creativas y vanguardistas que logren una síntesis armoniosa entre la funcionalidad y la belleza. El objetivo es crear un puente que, además de cumplir con su propósito práctico, se erija como un símbolo distintivo en el entorno urbano. La estética del puente no solo se valora por su apariencia, sino por su capacidad de realzar el paisaje y de integrarse de manera orgánica y enriquecedora con su contexto.

### 2.2.3. Constructivos

Aunque para el plazo de ejecución no existe un conjunto de restricciones concretas, se enfocará en acortar el período para restablecer el flujo de tráfico en la avenida en el menor tiempo posible.

Con el propósito de asegurar un entorno de trabajo óptimo en términos de seguridad y eficiencia, al mismo tiempo que se minimiza al máximo la interrupción del flujo de agua en la rambla, se planificará la

ejecución de actividades que requieran temporalmente ocupar el cauce durante los meses de menor probabilidad de precipitaciones.

Destacar que la solución a adoptar no debe disponer de apoyos permanentes sobre el lecho de la rambla pero si se permite la disposición de apoyos temporales durante la construcción del puente.

### 2.2.4. Económicos

No se establecen restricciones presupuestarias en los términos del pliego, pero se priorizará un ajuste económico adecuado que sea acorde con las características de la intervención y las necesidades del cliente.

Asimismo, es recomendable considerar durante la etapa de concepción no solo el coste global de la estructura, sino también los gastos relacionados con las subsiguientes labores de mantenimiento y conservación.

## 3. PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS

Se sabe que a día de hoy hay muchas tipologías diferentes que se pueden plantear a la hora de diseñar un puente.

En el campo del diseño de puentes, la diversidad de tipologías existentes brinda a los ingenieros y arquitectos la oportunidad de abordar cada proyecto de manera única y adaptada a las necesidades y condiciones específicas. La elección de la tipología adecuada puede determinar no solo la funcionalidad del puente, sino también su estética, eficiencia estructural y su integración en el entorno circundante. A continuación, se presentará una breve exploración de algunas de las tipologías más comunes y sus características distintivas, sentando así las bases para el planteamiento de alternativas en el diseño del puente.

- Viga (vanos simples o vanos continuos)
- Arco
- Pórticos en  $\pi$
- Atirantados
- Colgantes

En cuanto al material, todas ellas pueden ser de hormigón (armado o pretensado), acero o mixtas.



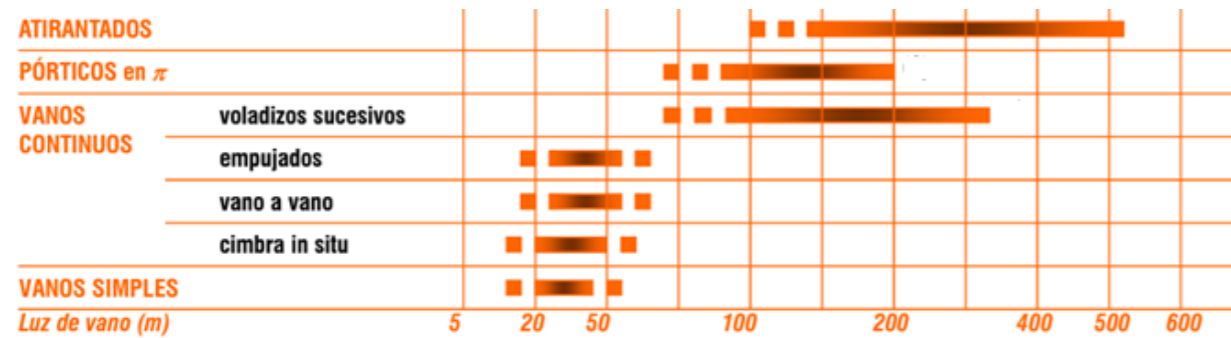


Figura 3: Tabla tipologías con los rangos de luces óptimas. Fuente: apuntes asignatura "Concepción de Puentes", 4º GIC, Monleón Cremades, Salvador.

Esta tabla muestra los intervalos recomendados de luces óptimas para diferentes tipologías de puentes desde un punto de vista económico. Sin embargo, en el caso del diseño de puentes urbanos, como el que estamos tratando, es esencial tomar en cuenta ciertos aspectos estéticos que trascienden la simple aplicación de criterios económicos.

Por lo tanto, en el proceso de selección de los distintos componentes y del puente en su conjunto, el aspecto estético adquiere una relevancia fundamental. La búsqueda de una estética específica y coherente con el entorno y el propósito del puente se convierte en una prioridad que guía las decisiones de diseño.

A continuación, se procederá a verificar que tipologías cumplen o no con los condicionantes que impone el pliego

- **Puente viga:** a nivel de luces esta tipología cumple con lo presentado en la tabla anterior. Destacar que la opción de vanos continuos queda descartada por la necesidad de disponer de apoyos en el cauce. En cuanto a la opción de vanos simples habría que estudiarla ya que teniendo que salvar una distancia como la nuestra podría requerir de un canto de viga muy elevado lo que supondría que se descartase una solución de vanos continuos. Es posible que en este caso habría que buscar una solución de vigas que sobresalgan por encima del tablero.
- **Puente arco:** al igual que la anterior esta tipología se considera viable a nivel de luces según lo expuesto en la tabla anterior, pero se tiene que analizar las posibles variaciones que tiene esta tipología. Para empezar, queda descartada la solución de puente arco con tablero superior ya que no cumpliría con el gálibo mínimo establecido y también se descartaría la opción de un puente arco con tablero intermedio ya que sería muy complicado adoptar una solución en la que los arranques del arco cumplan con el gálibo mínimo establecido. Por último, tenemos la opción de puente arco con tablero inferior que esta si se adapta bien a los condicionantes establecido.
- **Pórticos en  $\pi$ :** esta opción resulta muy similar a la ya mencionada de puente arco con tablero intermedio ya que, a pesar de ser viable a nivel de luces, el hecho de tener que disponer de dos

apoyos inclinados en los márgenes del cauce descartan esta tipología debido a la dificultad de implementar estos apoyos consiguiendo los resguardos establecidos.

- **Puente atirantado:** aunque esta tipología se emplea para puentes de mucha más luz como se muestra en la tabla, se puede adaptar fácilmente a luces menores. El inconveniente de esta tipología sería el elevado coste económico con respecto a otras tipologías, pero como ya se ha expuesto anteriormente se ve a dar un valor elevado al aspecto estético y no tanto al económico es por eso por lo que esta tipología se plantea como viable para el diseño del puente.
- **Puente colgante:** esta tipología se descarta desde el inicio debido a que el emplazamiento en cuestión presenta una luz libre considerablemente menor a lo que esta tipología puede abordar de manera efectiva.

En resumen, estas serán las tipologías que se adaptan a nuestro estudio:

- Puente viga.
- Puente arco con tablero inferior.
- Puente atirantado.

De estas tipologías surgen las 3 alternativas que se proponen y analizan en el siguiente apartado. Posteriormente, se procederá a seleccionar aquella que mejor se adapte en todos los aspectos al resultado deseado.

## 4. ANÁLISIS DE LAS ALTERNATIVAS

### 4.1. ALTERNATIVA 1

La alternativa planteada consiste en un puente arco de tipo bowstring, este sistema consiste en que las fuerzas horizontales del arco son compensadas por el propio tablero, en lugar de ir hacia el suelo o las cimentaciones del puente. Este diseño incorpora un arco de acero de sección singular, ya que en el arranque del arco este tendrá una forma triangular mientras que conforme el arco va avanzado crecen dos trapecios a los laterales que le proporcionan una estética tan singular y diferente de otros puentes de tipo arco. Para mejorar la distribución de las cargas y la estabilidad, se agregarán péndolas rígidas en intervalos de 6 metros.

La relación entre la flecha y la luz del puente será de aproximadamente 1/15, asegurando un diseño armónico y eficiente. Unas vigas longitudinales recorrerán la longitud del puente, funcionando como elemento de soporte principal.

En cuanto al tablero se trata de una solución de tipo mixta ya que por un lado se dispondrán de vigas de piso y de cuchillos laterales cada 3 m sobre los cuales se colocará una chapa grecada que haga de unión entre el hormigón y las vigas. Tanto vigas de piso como los cuchillos laterales irán soldados a la viga

principal y se dispondrá de unos rigidizadores para asegurar la estabilidad de la estructura. En los extremos del puente se implementarán riostras que se conectarán a los apoyos, colaborando con ellos para resistir las fuerzas y mantener la integridad estructural.

Desde un punto de vista estético, el puente destacaría por ser un elemento singular y distintivo en el entorno ya que, si bien existen muchos puentes de este estilo, es el arco lo que le hace ser diferente y aportar un valor especial a esta alternativa.

Esta solución no parece demandar un presupuesto excesivo. Aunque si bien es verdad que debido a esta forma tan peculiar del arco se necesitaría realizar un trabajo de fabricación en taller que encarecería la obra. Los métodos de construcción serían sencillos, se transportará el arco, las vigas y los cuchillos por separado, para luego llevar a cabo el ensamblaje en el emplazamiento de la obra.

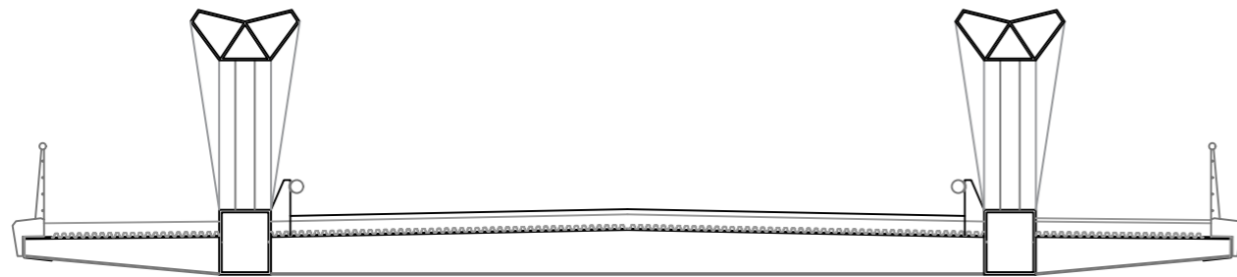


Figura 4: Alternativa 1. Sección transversal

Dimensiones:

- 44 m de luz
- 3 m de flecha
- 1 m de canto del tablero
- 3 m de separación entre vigas de piso y cuchillos
- 6 m de separación entre péndolas
- Canto variable del arco de 0.6 m hasta 0.77 m
- 18 m de ancho del tablero

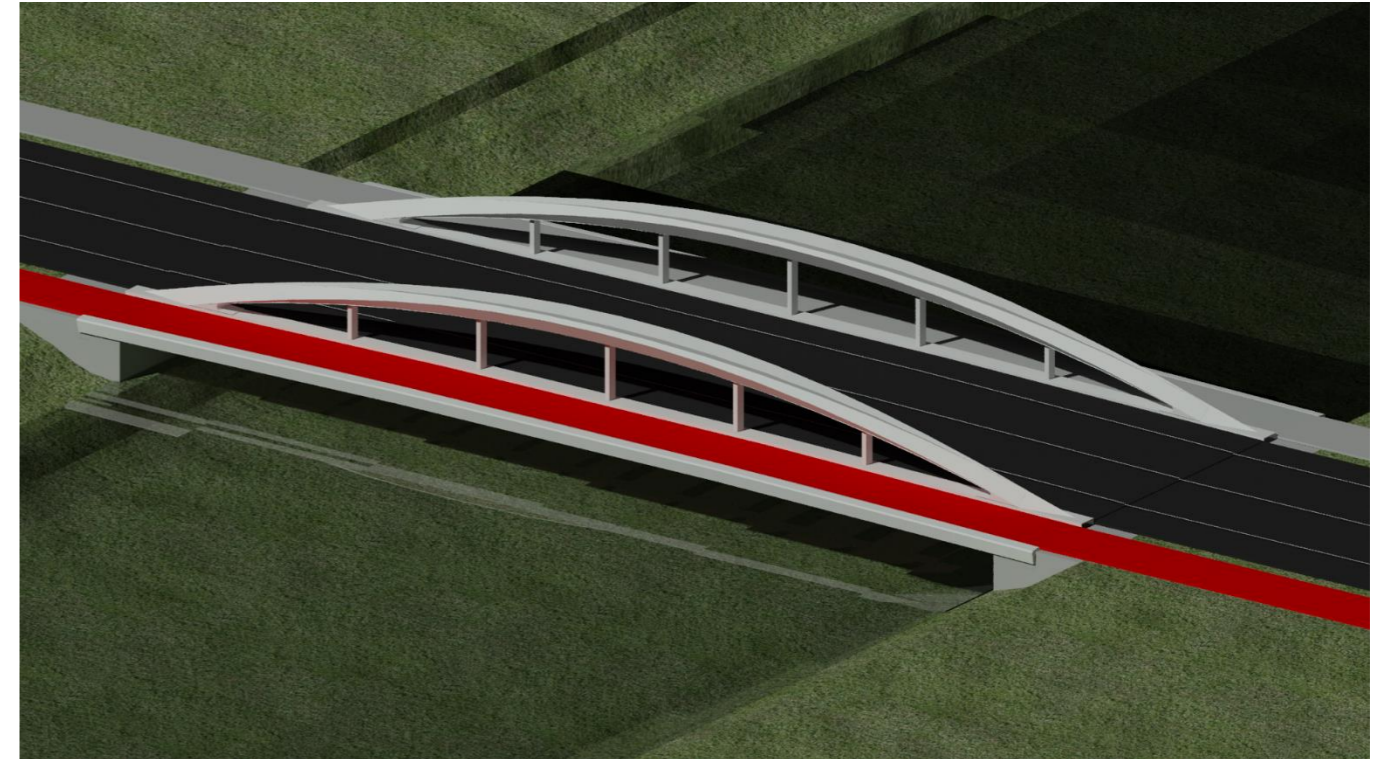


Figura 5: Alternativa 1. Modelo 3D.

#### 4.2. ALTERNATIVA 2

Esta solución consiste en un puente viga de 45 m de luz en el que su sistema estructural se basará en dos celosías metálicas de tipo Warren ubicadas entre la calzada y las aceras, este tipo de celosía está compuesta por un cordón superior y otro inferior los cuales están unidos mediante diagonales.

El tablero será una solución mixta similar a la explicada en la alternativa 1. En cuanto a los materiales utilizados en la celosía, se considera utilizar perfiles de acero con sección rectangular tanto para el cordón superior como para el cordón inferior.



Figura 6: Alternativa 2. Sección transversal



A lo largo de la historia, esta solución estructural ha sido recurrentemente adoptada para abarcar luces de dimensiones similares a la que estamos considerando. Esta extensa aplicación en diversas situaciones valida y subraya la eficacia del sistema resistente en esta coyuntura, demostrando su desempeño acertado a lo largo del tiempo. El punto negativo de su aplicación tan extendida es que resulta ser una solución muy vista con lo cual a nivel estético no aporta nada en especial.

A nivel constructivo no presenta grandes problemas, tanto el tablero como la celosía se transportaría por piezas a la obra donde posteriormente serán ensambladas todas estas, cabe destacar que se necesitarán apeos provisionales que se retirarán una vez finalice la construcción del mismo.

En cuanto al coste económico no se prevé que sea muy elevado ya que al ser una solución muy castigada por la práctica lo que hace que se utilicen métodos convencionales que no son excesivamente caros y que no se destaca ningún elemento singular que pueda encarecer el presupuesto como en otras alternativas planteadas.



Figura 7: Alternativa 2. Alzado

Dimensiones:

- 45 m de luz
- 17.6 m de ancho total
- 0.9 m de canto del tablero
- 2.6 m de altura la celosía
- 3 m de separación entre vigas de piso y cuchillos

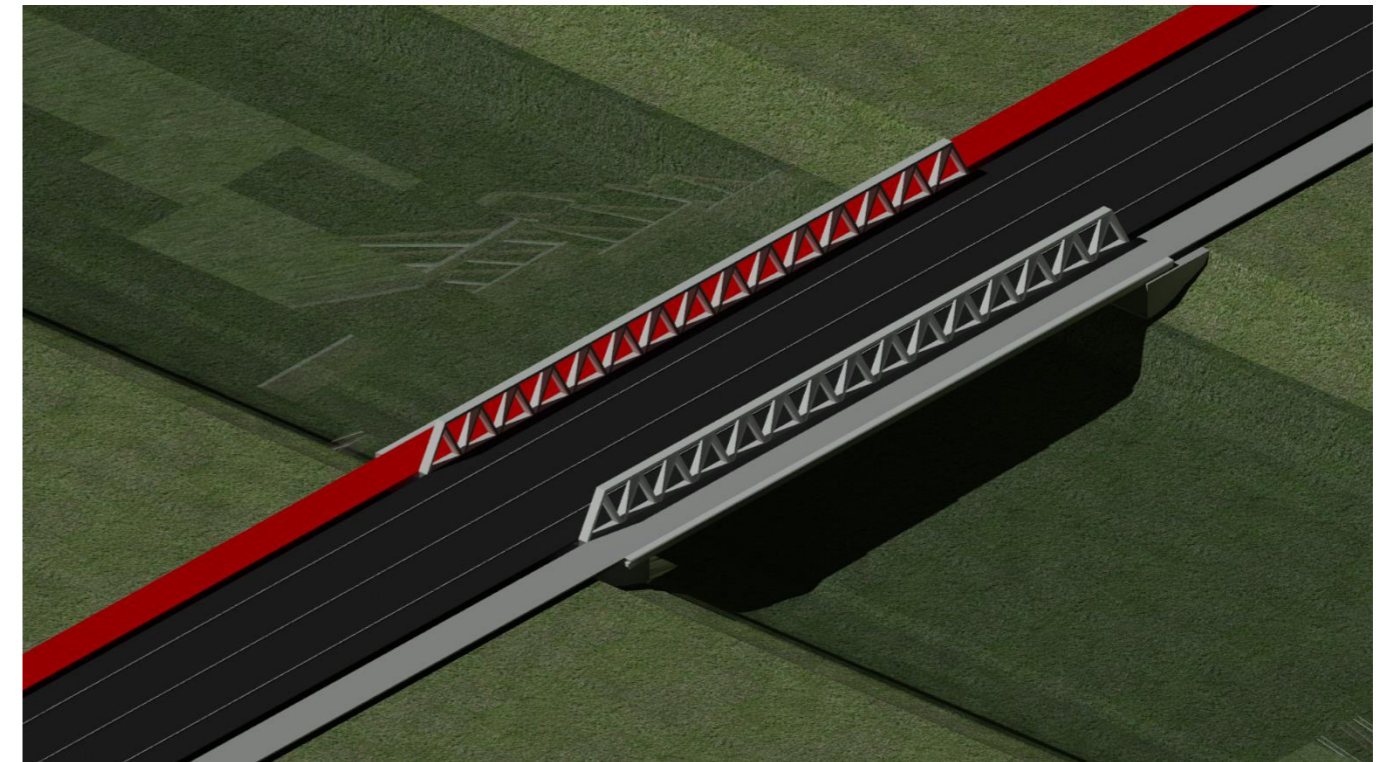


Figura 8: Alternativa 2. Modelo 3D.

#### 4.3. ALTERNATIVA 3

La última solución planteada consiste en un puente atirantado de acero con un vano de 50 m, donde el peso del tablero y las diferentes cargas que tenga que soportar el mismo tablero son desviadas por los tirantes hacia la torre mientras la cual se mantiene estable debido a los tirantes de retenida que van unidos a unos macizos de anclaje que actúan como contrapeso consiguiendo así la estabilidad de la estructura

Se colocarán 7 cables de retenida los cuales se dispondrán de manera equidistante a lo largo de un semicírculo de radio menor al de la rotonda. Los cables irán unidos de forma que el punto de anclaje más lejano quede unido al punto más bajo de la torre y los puntos más cercanos a los más altos consiguiendo así una forma muy singular. Por otro lado, tenemos que se dispondrán de 7 tirantes con forma de arpa separados cada 6.25 m.

La torre será de hormigón armado y tendrá una forma triangular para no incidir en el trazado de la carretera y tener un único plano de tirantes. La altura de esta será de unos 21 m condicionada, entre otras cosas, por la inclinación de las péndolas, teniendo unos 25° de mínima.

Se construirá una rotonda en la parte oeste de la rambla en la cual irán los macizos de anclaje permitiendo también un mejor flujo del tráfico.

Esta solución es llamativa y puede resultar bastante atractiva a nivel estético ya que la torre dispone de una forma muy singular y permite que se tenga una gran visión en el puente, tanto para coches como para ciclistas y peatones, también permite tener un tablero bastante esbelto lo que favorece este aspecto



estético. Aun así, hay que considerar que la torre es muy grande y demasiado alta en comparación con la urbanización de la zona.

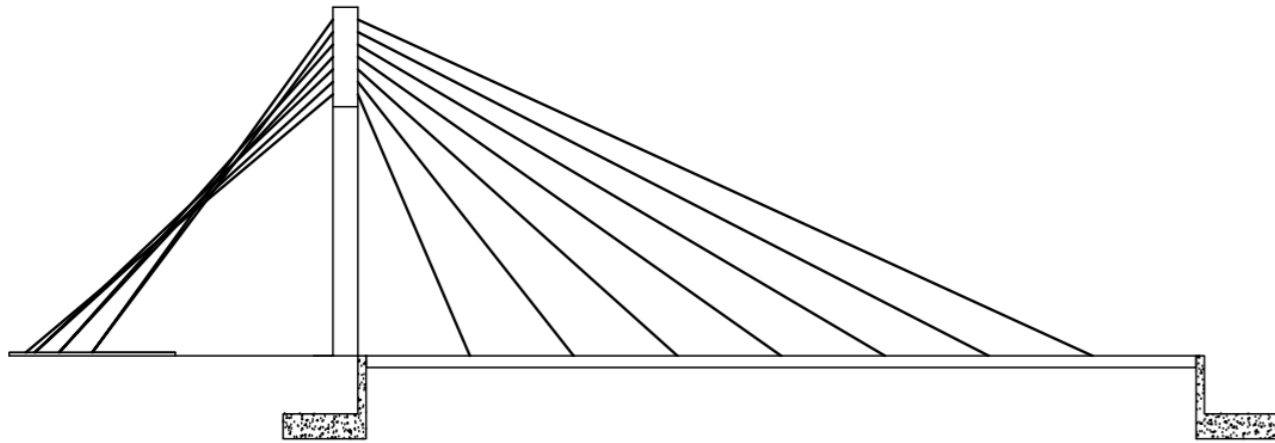


Figura 9: Figura 7: Alternativa 2. Alzado

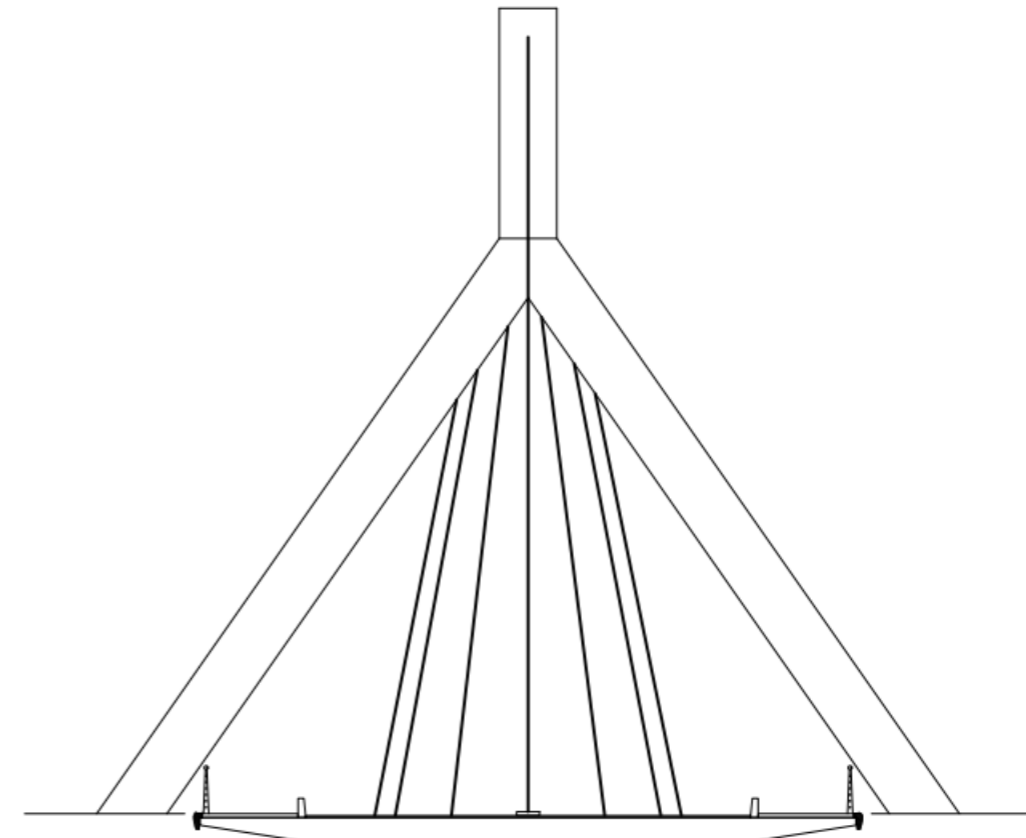


Figura 10: Alternativa 3. Sección transversal

En cuanto al proceso constructivo se utilizarán métodos muy usuales. En primer lugar, se construirá la torre de hormigón armado y el tablero del puente disponiendo de pilares auxiliares que se deberán mantener hasta que se tesen los cables y sea la torre la que aguante las fuerzas del tablero.

Por último, se prevé que sea una solución excesivamente cara ya que de primeras nos encontramos con que no es una tipología óptima a nivel económico para nuestro rango de luces. La torre presenta unas dimensiones muy elevadas por lo que se necesitará una gran cantidad de acero y de hormigón para su construcción, al igual que pasa con los macizos de anclaje ya que deberán ser muy pesados y con lo cual muy voluminosos para poder cumplir su función correctamente.

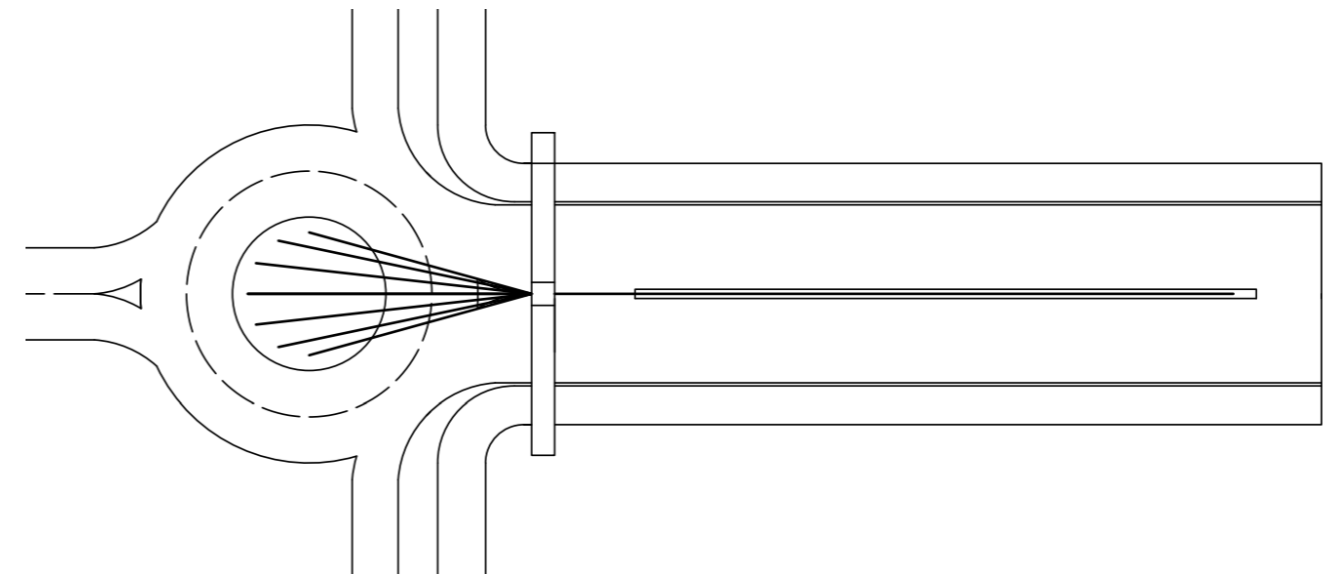


Figura 11: Figura 7: Alternativa 2. Planta

Dimensiones:

- 50 m de luz
- 21 m de altura de la torre
- 0.7 m de canto del tablero
- 17 m de ancho
- 6.25 m de separación entre tirantes

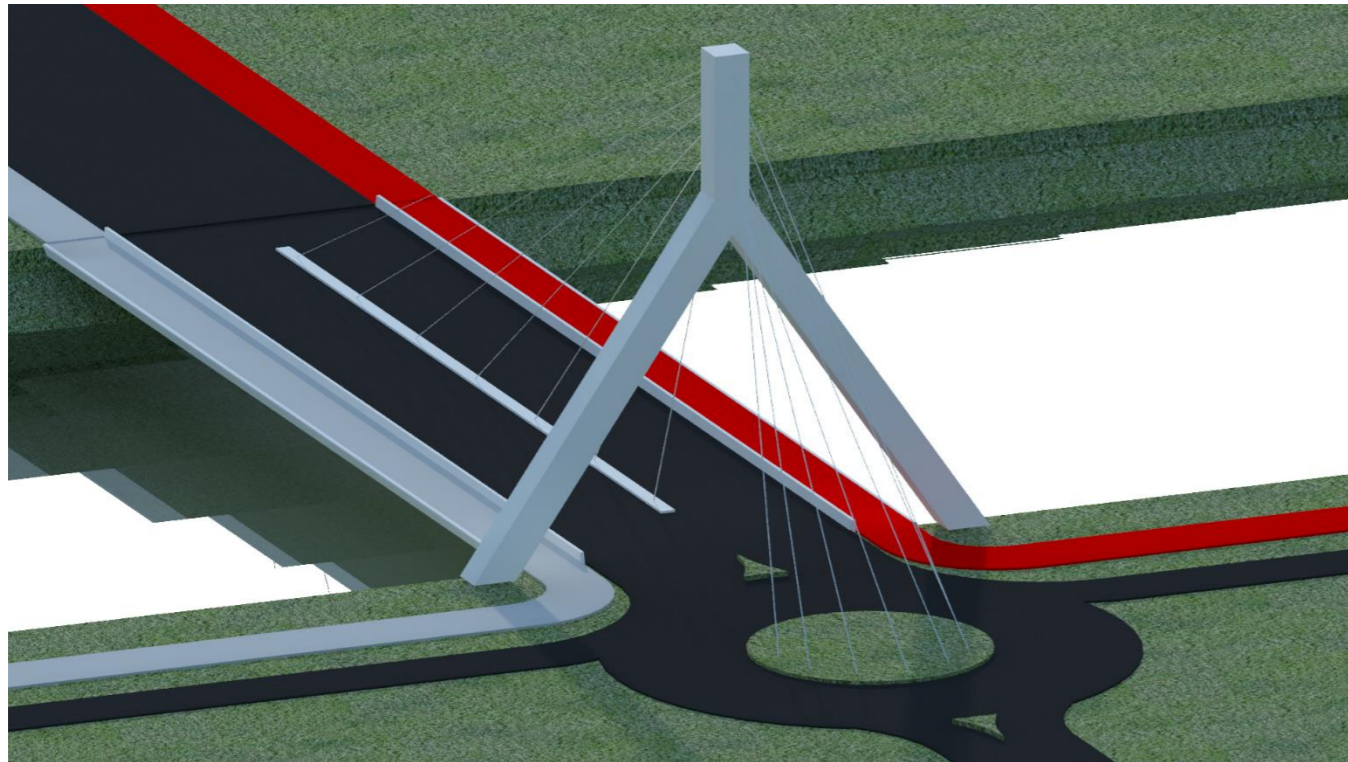


Figura 12: Alternativa 3. Modelo 3D nº1.

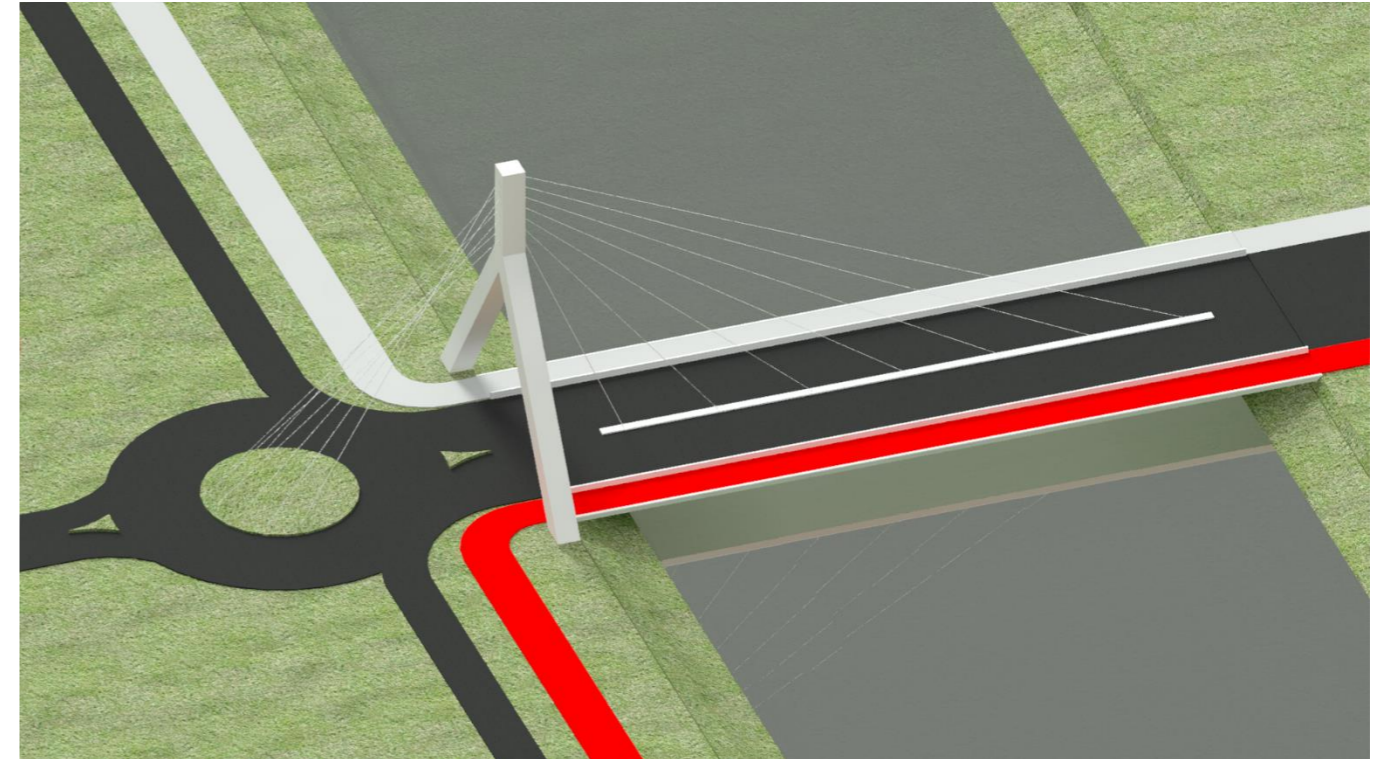


Figura 13: Alternativa 3. Modelo 3D nº2.

## 5. VALORACION DE LAS ALTERNATIVAS

Una vez planteadas todas las alternativas, se procede a la valoración de cada alternativa con el fin de escoger la solución idónea para nuestro caso.

Para ello se va a proceder a la realización de una matriz de análisis en la cual se puntúan todas las alternativas planteadas según los condicionantes que se van a exponer a continuación. A cada uno de estos condicionantes se le ha asignado un porcentaje en función a la importancia que tiene a la hora de elegir una solución.

- **Aspecto económico:** Se trata del aspecto más importante a la hora de elegir una alternativa, este consiste en el precio final aproximado de cada alternativa. Por todo esto se le ha asignado una puntuación del 50 %.
- **Aspecto estético:** Este es un punto importante ya que la pasarela se tiene que adecuar al entorno, donde se valorará las alternativas que no sean de gran altura en comparación a la zona urbana cercana. Se pretende que la solución adoptada no genere un gran impacto ambiental ni tampoco provocar daño visual. Es por ello que se ha decidido asignarle una calificación del 25 %.
- **Aspectos constructivos:** Este aspecto abarca tanto el nivel de simplicidad en la construcción como la extensión y el lapso durante el cual el método constructivo ocupa la rambla donde se premiará las soluciones con menor plazo de ejecución ya que se pretende ocupar el menor tiempo posible la rambla. Es por eso que se le asigna una puntuación del 15 %.



- **Aspecto funcional:** Implica que la alternativa sepa combinar una estética adecuada en el proyecto sin comprometer su funcionalidad ni su uso seguro tanto para los peatones como para los ciclistas. Por esta razón, se determina otorgarle una calificación del 10%.

Seguidamente, se procede a detallar las ventajas y los inconvenientes de cada alternativa, considerando los criterios ya mencionados:

La primera alternativa que corresponde a la del puente arco desde una perspectiva estética, en comparación con las demás alternativas, ha obtenido una calificación muy positiva debido a su marcada singularidad y su capacidad para integrarse en el entorno. Por esta razón, se ha tomado la decisión de asignarle una puntuación superior respecto a las otras alternativas. En cuanto a los aspectos negativos el mayor inconveniente puede ser el precio ya que como se mencionó en su momento esta alternativa presenta un arco muy singular lo que hace encarecer la obra, pero aun así no presenta un coste exageradamente elevado.

En cuanto a la alternativa de tipo viga por un lado se tiene que económicamente es la mejor ya que es una solución simple y en la que se utilizarán métodos bastante convencionales lo cual no parece presentar un elevado coste, pero por otro lado tenemos que en el aspecto estético es muy pobre ya que esta alternativa apenas destaca lo cual penaliza mucho esta solución.

Por último, se tiene el puente atirantado resulta una solución que a nivel estético tenga cierto valor, pero le penaliza el hecho de tener que disponer de una torre tan elevada lo que puede romper con la estética de la zona. Por otro lado, se estima que esta solución tenga coste de ejecución bastante elevado en comparación a las demás alternativas ya que esta tipología no es la más adecuada para nuestro rango de luces.

Con todo esto en cuenta se han puntuado las diferentes alternativas con un valor del 1 al 10, siendo el 1 el peor resultado y 10 el mejor. Con todas las puntuaciones a los diferentes condicionantes se obtendrá la nota media ponderada para así poder elegir la alternativa idónea.

	ARCO	VIGA	ATIRANTADO
ECONÓMICO (50%)	8	9	5
ESTÉTICO (25%)	9	5	7
CONSTRUCTIVO (15%)	9	9	6
FUNCIONAL (10%)	8	8	7
<b>NOTA MEDIA PONDERADA</b>	<b>8,4</b>	<b>7,9</b>	<b>5,85</b>

Tabla 1: Valoración de alternativas con puntuación sobre 10

Como se puede comprobar las dos primeras alternativas han obtenido una puntuación parecida consiguiendo la alternativa de tipo arco una mayor valoración. La elección se ha inclinado hacia el puente de tipo arco, ya que, aunque puede suponer que económicamente sea un poco más cara, su atractivo estético es considerable y despierta un gran interés visual.

## 6. SOLUCIÓN ADOPTADA

La solución que finalmente se ha adoptado plantea un puente arco superior de acero como elemento resistente y de soporte de las péndolas rígidas. Se disponen dos arcos de tipo bowstring muy rebajados los cuales dispondrán de una forma muy singular la cual se puede apreciar en las imágenes siguientes. Por un lado, vemos como en la sección transversal el arco parece que se va haciendo cada vez mas grueso conforme llega al centro, mientras que en el alzado parece que el arco cada vez es más esbelto.

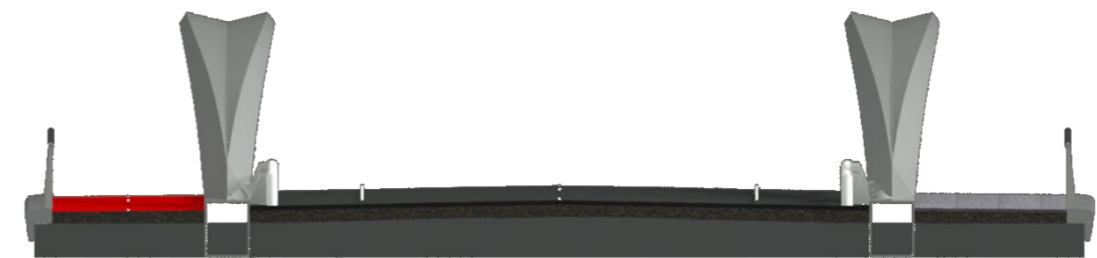


Figura 14: Vista 3D sección transversal de la solución adoptada

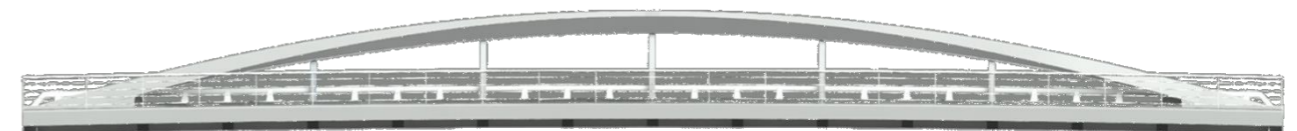


Figura 15: Vista 3D alzado de la solución adoptada

El tablero constará de una solución de tipo mixta disponiendo de vigas de piso y cuchillos a los laterales cada tres metros soldados a la viga longitudinal y con unos rigidizadores para asegurar la estabilidad de



la estructura. Se colocará una chapa grecada que hará de unión entre las vigas y el hormigón. En los extremos del puente se van a disponer unas riostras que serán las que apoyen en las cimentaciones. En la imagen siguiente se puede ver el modelo 3D de la solución adoptada.

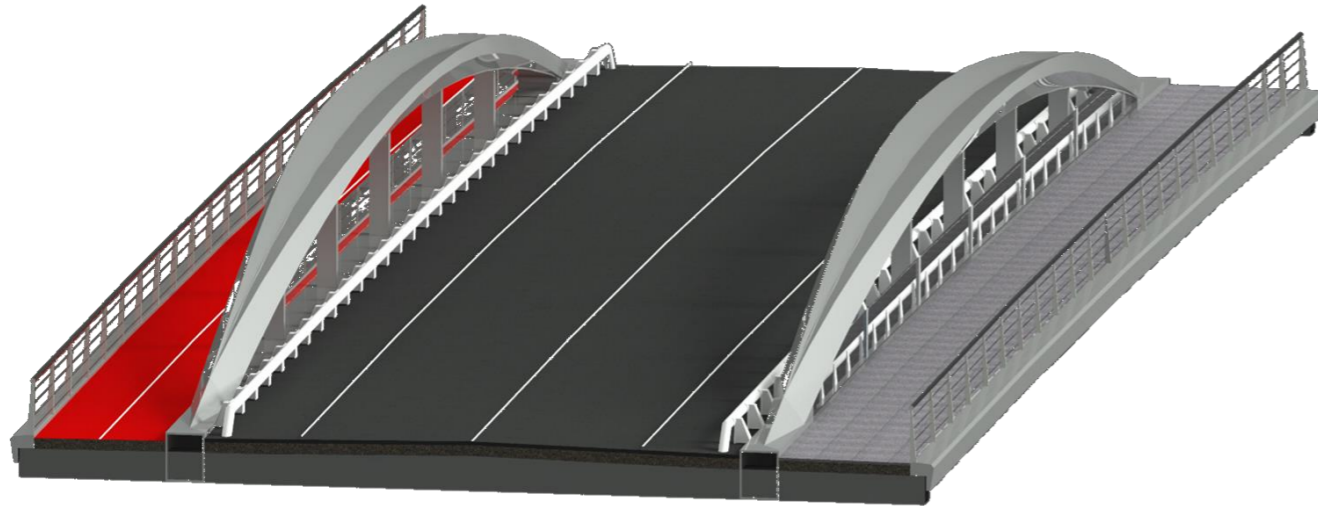


Figura 16: Perspectiva 3D de la solución adoptada

En el marco de nuestro proyecto, se plantea la necesidad de llevar a cabo la expropiación de los terrenos de una fábrica abandonada para proceder con su demolición. Esta acción no solo es crucial para la viabilidad del proyecto, sino que también puede desencadenar una serie de beneficios significativos para la comunidad y el entorno local en su conjunto.

La fábrica en cuestión, que ahora se encuentra en desuso y deterioro, presenta una oportunidad única para la transformación y revitalización del área. La expropiación de estos terrenos brinda la posibilidad de liberar un espacio que ha permanecido inactivo y a menudo en estado de abandono, y convertirlo en un espacio público de gran valor para la comunidad.

Uno de los beneficios clave de esta expropiación radica, no solo en la realización del puente, si no en la capacidad de generar espacios públicos que contribuyan al bienestar de los habitantes del pueblo. La creación de parques, áreas verdes, zonas de recreación y otros lugares de esparcimiento no solo mejora la calidad de vida de los residentes, sino que también fomenta la cohesión social al proporcionar espacios de encuentro y convivencia.



Figura 17: Ubicación de la fábrica abandonada a demoler

## 7. CONCLUSIÓN

Tras concluir el exhaustivo análisis de las diversas alternativas consideradas para reemplazar el puente actual, se ha tomado la decisión de seleccionar la alternativa del puente arco superior como la opción más sobresaliente entre las evaluadas. Las especificaciones técnicas y las correspondientes verificaciones detalladas de esta alternativa se abordarán en el Anejo Cálculo de estructuras dando así por finalizado el presente anejo.



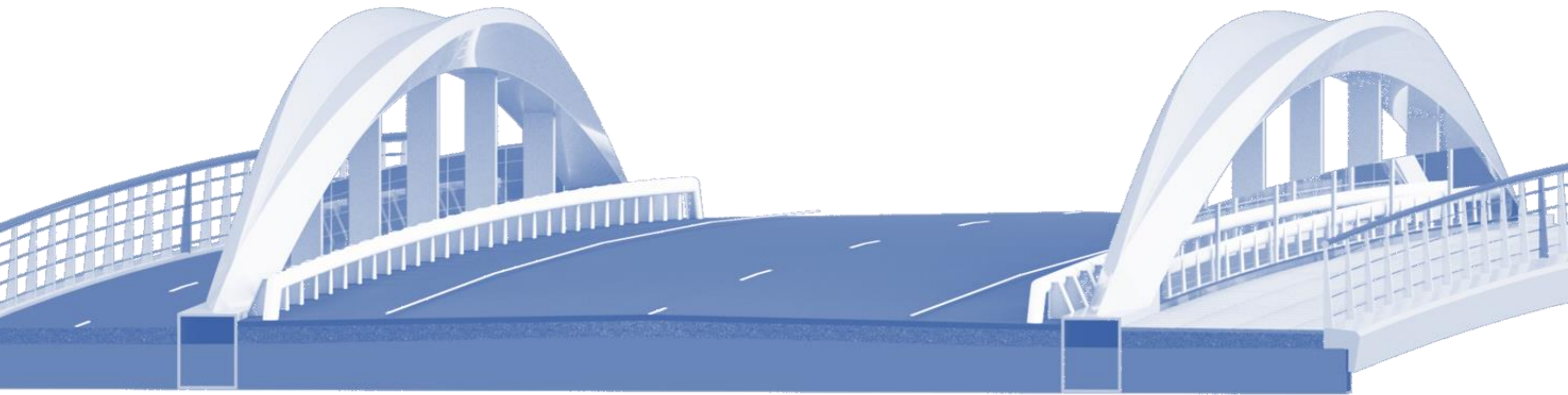
# ANEJO Nº4: CÁLCULO ESTRUCTURAL Y SUS CIMENTACIONES

Curso 2022/2023

Grado en Ingeniería Civil

*Autores: Juan Vicente López Olivares,  
Marco Palencia Martínez*

*Tutor: Salvador Monleón Cremades*





1.	OBJETO.....	2
2.	DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA .....	2
3.	PROCESO CONSTRUCTIVO .....	3
4.	BASES DE CÁLCULO.....	4
4.1.	Normativa .....	4
4.2.	Materiales.....	4
4.2.1.	Acero.....	4
4.2.2.	Hormigón .....	4
5.	ACCIONES.....	4
5.1.	Acciones permanentes (G).....	4
5.1.1.	Peso propio .....	5
5.1.2.	Cargas muertas .....	5
5.2.	Acciones variables (Q).....	5
5.2.1.	Exclusión de acciones.....	5
5.2.2.	Sobrecarga de uso debida al tráfico de vehículos .....	5
5.2.3.	Sobrecarga de uso en zonas de uso peatonal .....	7
5.2.4.	Acciones del viento .....	7
5.2.5.	Acción térmica .....	9
6.	ESTADOS LÍMITE .....	11
6.1.	Combinación de acciones .....	11
6.2.	Coeficientes de seguridad.....	12
6.3.	Coeficientes de combinación .....	12
6.4.	Combinación de acciones .....	12
7.	ÁNÁLISIS ESTRUCTURAL.....	13
7.1.	Métodos de cálculo .....	13
7.2.	Modelo de cálculo .....	14
7.3.	Combinaciones de acciones.....	16
7.4.	Comprobaciones.....	16
8.	CIMENTACIONES.....	24
8.1.	Características del terreno y diseño .....	24
8.2.	Comprobación .....	25
8.3.	Armaduras .....	28
8.3.1.	Muro .....	28
8.3.2.	Zapata .....	29
9.	CONCLUSIONES.....	31
	ANEXOS RESULTADOS SAP2000	

# ÍNDICE

## ANEJO CÁLCULO ESTRUCTURAL Y SUS CIMENTACIONES





### 1. OBJETO

Este anejo tiene como objeto definir y justificar el dimensionamiento del puente sobre la Rambla del Judío mediante la presentación de los cálculos realizados los cuales se han desarrollado según las especificaciones e indicaciones de las normativas vigentes aplicables a este tipo de proyecto.

Para el cálculo, se han realizado las comprobaciones necesarias teniendo en cuenta los coeficientes de seguridad correspondientes a cada estado límite que, de manera justificada, se procede a exponer en el siguiente anejo.

### 2. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA

Se trata de un puente tipo Bowstring, teniendo cada uno de sus arcos conectados a su respectiva viga longitudinal, de manera que las fuerzas verticales, transmitidas al arco a través de las péndolas, son compensadas por las tensiones en la cuerda inferior (viga longitudinal).

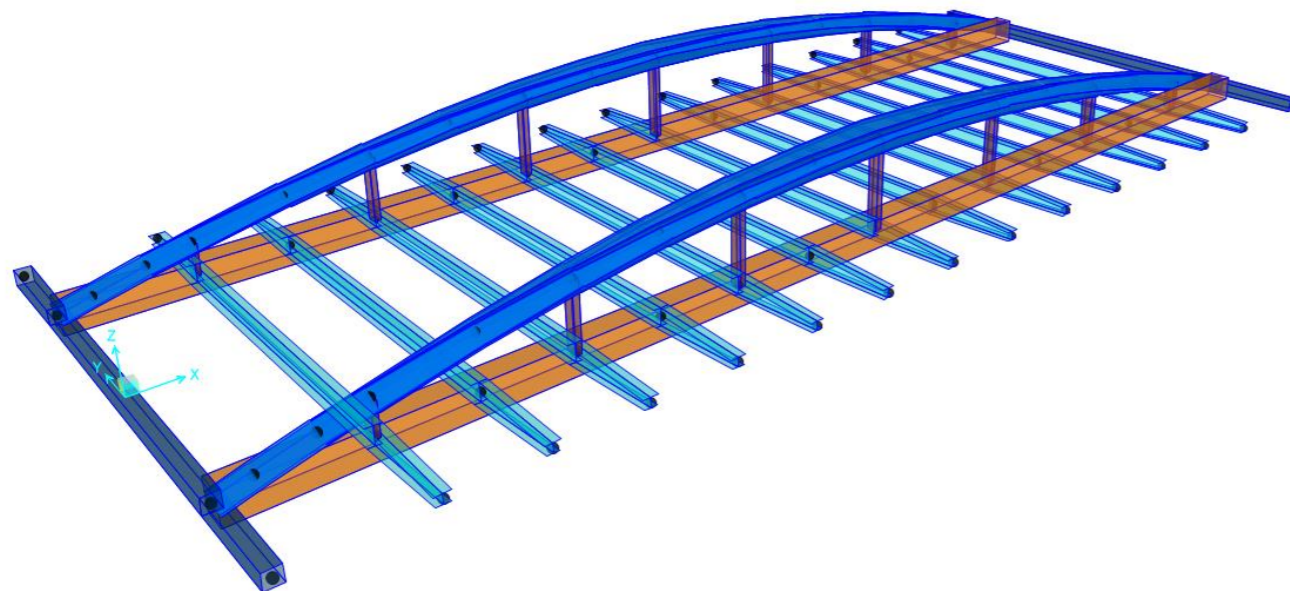


Imagen 1. Vista general de la estructura (Fuente: Elaboración propia)

A su vez el tablero consiste en un sistema transversal formado por vigas de piso y cuchillos laterales en voladizo, cuya separación es de la mitad de la distancia longitudinal entre péndolas, teniendo estos cuchillos una sección doble T y las dos vigas longitudinales de sección tubular rectangular. Sobre la estructura metálica se coloca una losa de hormigón de 22 centímetros de espesor que actúa como superficie además de colaborar en la resistencia con la estructura metálica.

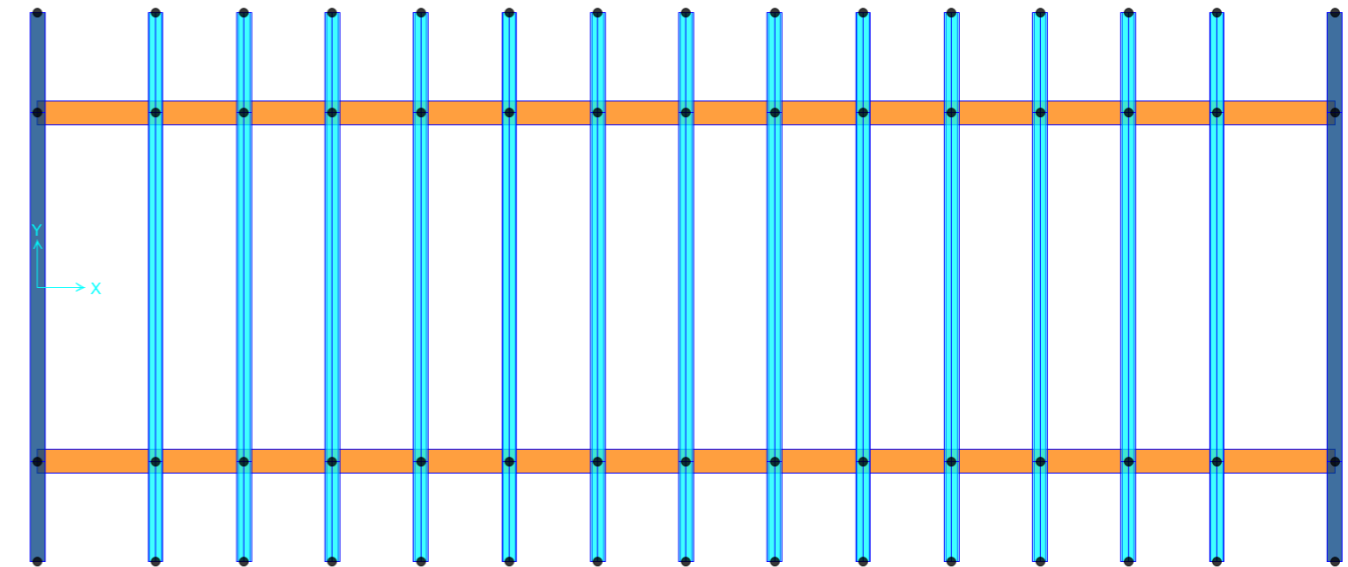
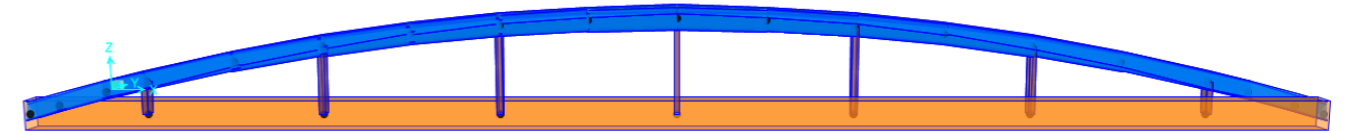


Imagen 2. Vistas de alzado y planta (Fuente: Elaboración propia)

El arco del puente tiene una sección variable, comenzando con una sección triangular rigidizada con hormigón (únicamente en el arranque), a la que se le añaden progresivamente dos alas que crecen hasta alcanzar su dimensión total en el centro-luz, manteniendo constante la sección triangular interior (Detalle de evolución en imagen 3).

Los cuchillos exteriores que están en voladizo, teniendo estos como función para el voladizo norte de acera y para el sur de carril bici, tienen una sección variable, con un arranque en el empotramiento de



sección similar al de los cuchillos entre vigas longitudinales y en su terminación se vislumbra una reducción de la altura del alma de 30 cm.

En los extremos (sobre los apoyos) del tablero de han colocado dos riostras de sección en cajón, siendo esta una sección muy adecuada para resistir grandes valores de torsión, como es el caso.

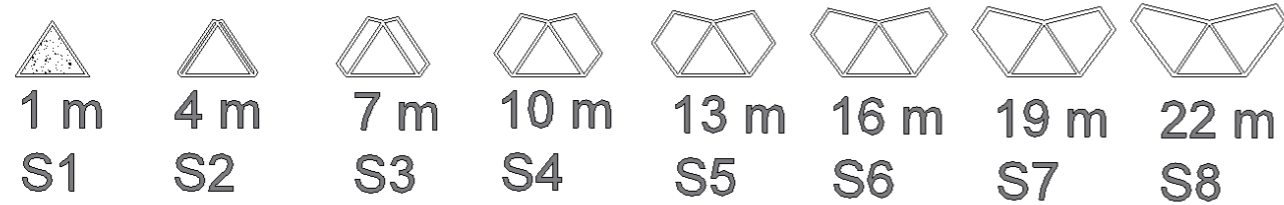


Imagen 3. Detalle evolución sección del arco (Fuente: Elaboración propia)

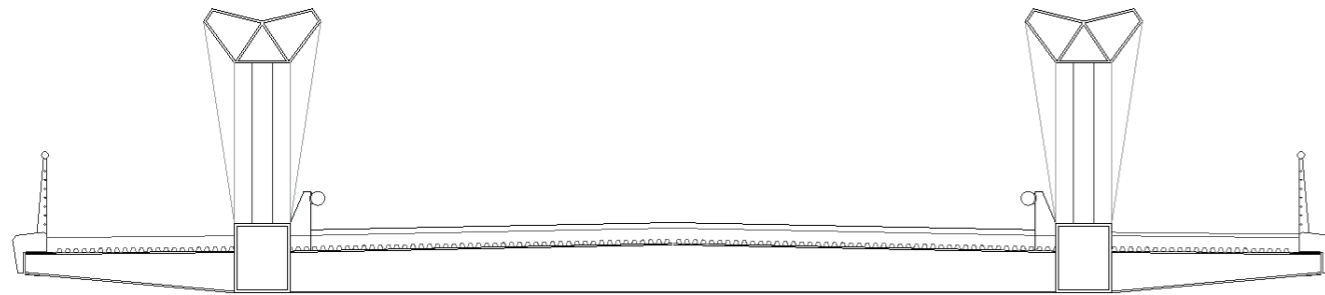


Imagen 4. Sección centro-luz puente (Fuente: Elaboración propia)

### 3. PROCESO CONSTRUCTIVO

Se comienza con un replanteo general, tras lo que se empieza a llevar a cabo el plan de gestión de residuos que la empresa constructora debe tener previsto. Una vez llevado a cabo todo esto se comienza con los trabajos de señalización de las obras, colocación de elementos necesarios para acordonar la zona de la obra etc.

Al tratarse de un puente sobre un cauce, en este caso seco, todos los acopios de materiales se realizan en un terreno contiguo que deberá expropiarse en los que apenas hay actividad. Las actividades en las que se necesite operar sobre el cauce han de ser previstas en un periodo sin lluvias.

Una vez realizadas las medidas anteriores, se procederá al desbroce y limpieza del terreno para así poder realizar una actuación correcta. Así como se procederá a la demolición de todos aquellos elementos que sean una barrera arquitectónica para el buen desarrollo de los trabajos, tales como demolición de bordillos que causen molestias, acequias etc. Los principales trabajos de demolición son la demolición parcial de la nave industrial del lado este del cauce y la de la propia estructura ya existente.

A continuación, tras ejecutar los movimientos de tierras necesarios para la construcción de estribos y apeos, se realizan ambos estribos a cada lado del cauce y las cimentaciones de los apeos. Una vez realizados los estribos y los apeos se colocan las vigas longitudinales, estando cada una de estas divididas en tres partes cada una de 14,80m, las cuales, mediante una grúa son izadas para llevarlas a su posición, habiéndose colocado dos apeos provisionales para la parte central a tres metros del centro luz de la viga en ambas direcciones u uno para cada parte extrema como se muestra en la imagen 5.

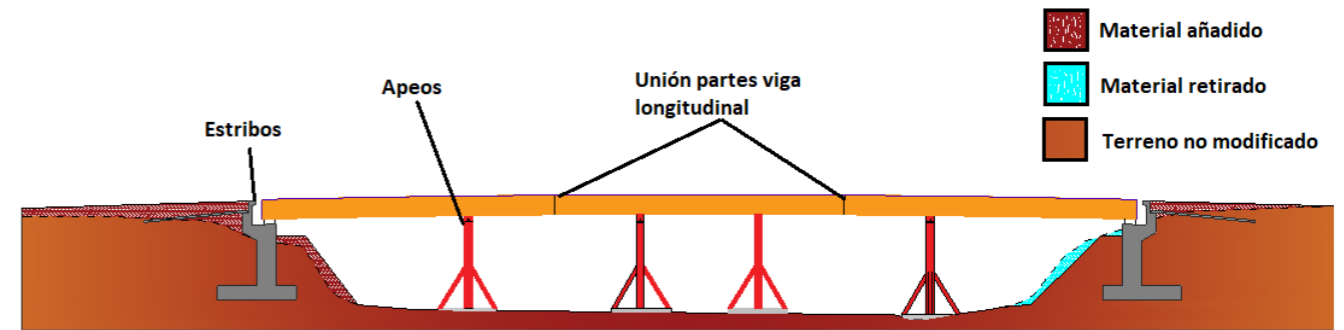


Imagen 5. Apeos para viga longitudinal y movimientos de tierras (Fuente: Elaboración propia)

Una vez colocadas las vigas longitudinales se comienzan a colocar y soldar a las vigas longitudinales las vigas transversales y las dos riostras que conforman el tablero. Tras esto que se completan ambos arcos, los cuales han sido montados en el margen izquierdo del cauce y una vez listos izados mediante una grúa para ser puestos en obra.

Una vez completados ambos arcos (rigidización de extremos incluida) y tablero se colocan las respectivas péndolas, estando estas repartidas cada 6 metros. Tras este paso ya pueden retirarse los apeos provisionales de las vigas longitudinales.

Ya estando completa la estructura metálica se colocan las chapas colaborantes para proceder al hormigonado de la losa, para lo que es necesario preparar adecuadamente todos los emparillados y conectores de las vigas metálicas. Una vez finalizada esta se comienzan a realizar trabajos de asfalto,



colocación de impostas, barandillas, terminación de superficies de paso y por último colocación de iluminación.

### 4. BASES DE CÁLCULO

#### 4.1. Normativa

Para la elaboración de los cálculos se han tenido en cuenta las siguientes normas:

- EHE-08 “Instrucción de hormigón estructural” MINISTERIO DE FOMENTO 2008
- EAE “Instrucción de acero estructural” MINISTERIO DE FOMENTO 2011
- IAP-11 “Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera” MINISTERIO DE FOMENTO 2011
- CTE “Código técnico de la edificación” MINISTERIO DE VIVIENDA 2006
- GCOC “Guía de cimentaciones en obras de carretera” MINISTERIO DE FOMENTO 2009
- EN 1992-1-1:2004 “Eurocódigo 2: Proyecto de estructuras de hormigón” AENOR 2010

#### 4.2. Materiales

Los materiales utilizados para la construcción del puente son los siguientes:

##### 4.2.1. Acero

Se distinguen dos tipos de acero dependiendo de su función:

- ❖ Acero estructural: S 355 JR
- ❖ Acero armaduras pasivo: B 500-S

Presentan ambos aceros las siguientes características mecánicas comunes:

- ❖ Módulo de elasticidad:  $E = 200000 \text{ N/mm}^2$
- ❖ Módulo de elasticidad transversal:  $G_a = 81000 \text{ N/mm}^2$
- ❖ Coeficiente de Poisson:  $\nu = 0.3$
- ❖ Coeficiente de dilatación térmica:  $\alpha = 12 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}$

#### 4.2.2. Hormigón

La elección del ambiente adecuado debe basarse en las pautas establecidas en la Instrucción del Hormigón Estructural EHE, específicamente en los puntos 8.2.1, 8.2.2 y 8.2.3. Debido a la aridez del entorno donde se va a establecer el hormigón se clasificaría en la exposición IIb, es decir, una clase normal de humedad media.

La resistencia mínima que se va a utilizar por razones de durabilidad con dicha clase de exposición es de  $35 \text{ N/mm}^2$ .

El hormigón presenta las siguientes características mecánicas comunes:

- ❖ Coeficiente de Poisson:  $\nu = 0.3$
- ❖ Coeficiente de dilatación térmica:  $\alpha = 10 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}$

### 5. ACCIONES

Para llevar a cabo el cálculo se van a tener en cuenta los valores característicos de las acciones definidas en la IAP-11 “Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera”.

Las acciones han sido particularizadas en acciones permanentes y acciones variables, y a su vez diferenciadas en distintas subcategorías con el fin de realizar de manera correcta las posibles combinaciones.

#### 5.1. Acciones permanentes (G)

Las cargas permanentes, en el contexto de un puente, se generan debido al peso inherente de los diversos componentes que constituyen la estructura.

La magnitud típica de estas cargas se determinará a partir de las dimensiones de los elementos que se detallan en los planos, junto con los valores de los pesos específicos correspondientes. Este proceso nos permitirá evaluar y considerar adecuadamente las fuerzas constantes que actúan sobre el puente durante su vida útil.





Estas cargas se dividen en dos categorías principales: el peso propio y las cargas muertas

### 5.1.1. Peso propio

Esta acción esta referida al peso de los elementos estructurales y se ha tenido en cuenta a través del programa empleado para su cálculo. Se han distinguido los pesos propios de los siguientes materiales a partir de su peso específico:

- ❖ Acero estructural: 78,50 KN/m<sup>3</sup>
- ❖ Hormigón armado: 25,00 KN/m<sup>3</sup>

### 5.1.2. Cargas muertas

Estas cargas también están referidas al peso propio de elementos que componen el puente, pero estos no son estructurales, es decir no colaboran a la resistencia de la estructura. Se han tenido en cuenta las siguientes cargas muertas:

- ❖ Chapa colaborante: 0,119 KN/m
- ❖ Pavimento acera: 1,35 KN/m
- ❖ Barandillas e imposta de borde: 4,5 KN/m
- ❖ Capa de rodadura asfáltica: 1,85 KN/m
- ❖ Protección de borde de calzada: 1 KN/m

## 5.2. Acciones variables (Q)

Estas cargas son cambiantes y están relacionadas con las diferentes actividades y usos que una estructura puede experimentar durante su vida útil. A partir de la IAP-11 "Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera" determinaremos las distintas acciones variables que actúan sobre nuestro puente.

### 5.2.1. Exclusión de acciones

Debido a que se trata de un proyecto básico y por otros motivos se ha decidido no incluir en el cálculo estructural las siguientes acciones:

- ❖ Nieve: Debido a la ubicación del puente, que se encuentra en una zona con muy escasa probabilidad de nevada, por lo que la sobrecarga de uso uniformemente repartida es más

perjudicial para la pasarela que la carga de nieve que le corresponde. Esto se debe a que, a la hora de proponer una combinación de cargas, la IAP-11 estipula que no se considera la carga de nieve y la SU simultáneamente, no son cargas concomitantes.

- ❖ Acciones accidentales: Considerando la envergadura del proyecto actual, las fuerzas sísmicas no serán tomadas en cuenta debido a su naturaleza dinámica.

### 5.2.2. Sobrecarga de uso debida al tráfico de vehículos

Al tratarse de un puente de menos de 200 m de luz aplicaremos el apartado 4.1.1 de la IAP-11 donde se determina el método de división de la plataforma del tablero en carriles virtuales, en nuestro caso al tener más de 6 m de anchura de plataforma tendremos un total de 3 carriles virtuales de una anchura de 3 metros y un área remanente de 2 metros de ancho.

A la hora de escoger la ubicación de los carriles virtuales se ha decidido colocarlos aglutinados junto al margen norte de la plataforma, siendo esta la opción más desfavorable.

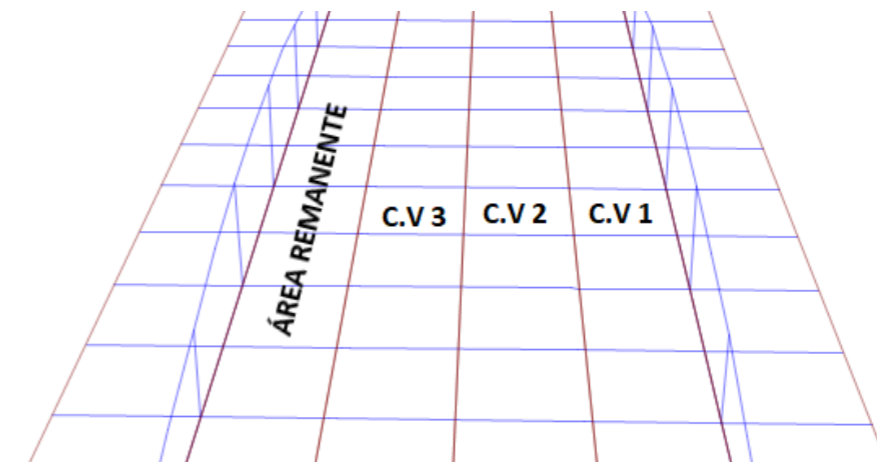


Imagen 6. Reparto de carriles virtuales y área remanente (Fuente: Elaboración propia)

Se considera la acción simultánea de cargas puntuales de vehículos pesados y uniformes, variando según el carril virtual en el que se apliquen. Las cargas uniformes se aplican sobre la totalidad del carril virtual.

En la siguiente tabla se establecen los valores correspondientes a la sobrecarga uniforme y sobrecargas puntuales:

SITUACIÓN	VEHÍCULO PESADO $2Q_{ik}$ [kN]	SOBRECARGA UNIFORME $q_{ik}$ (ó $q_{rk}$ ) [kN/m <sup>2</sup> ]
Carril virtual 1	2 · 300	9,0
Carril virtual 2	2 · 200	2,5
Carril virtual 3	2 · 100	2,5
Otros carriles virtuales	0	2,5
Área remanente ( $q_{rk}$ )	0	2,5

Tabla 1. Valor característico de sobrecarga de uso uniforme (Fuente: IAP-11, Tabla 4.1-b)

Las cargas puntuales que simulan los vehículos pesados tienen las siguientes características:

- En cada carril virtual se considerará la actuación de un único vehículo pesado de peso  $2Q_{ik}$ .
- La separación transversal entre ruedas del mismo eje será de 2,00 m. La distancia longitudinal entre ejes será de 1,20 m (Ver imagen 7).
- Las dos ruedas de cada eje tendrán la misma carga, que será por tanto igual a  $0,5Q_{ik}$ .
- A efectos de las comprobaciones generales, se supondrá que cada vehículo pesado actúa centrado en el carril virtual (Ver imagen 7).
- Para las comprobaciones locales, cada vehículo pesado se situará, transversalmente dentro de cada carril virtual, en la posición más desfavorable. Cuando se consideren dos vehículos pesados en carriles virtuales adyacentes, podrán aproximarse transversalmente, manteniendo una distancia entre ruedas mayor o igual que 0,50 m (Ver imagen 8).
- Para las comprobaciones locales, la carga puntual de cada rueda de un vehículo pesado se supondrá uniformemente repartida en una superficie de contacto cuadrada de 0,4 m x 0,4 m (Ver imagen 8).

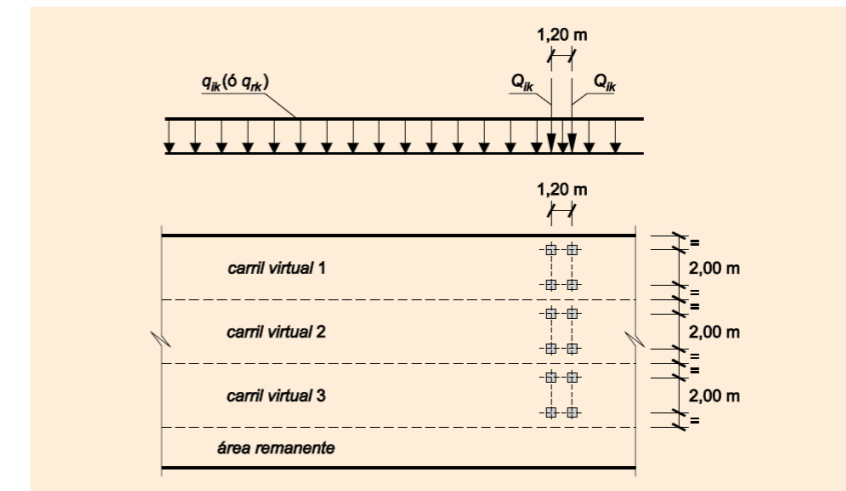


Imagen 7. Distribución de vehículos pesados y sobrecarga uniforme (Fuente: IAP-11)

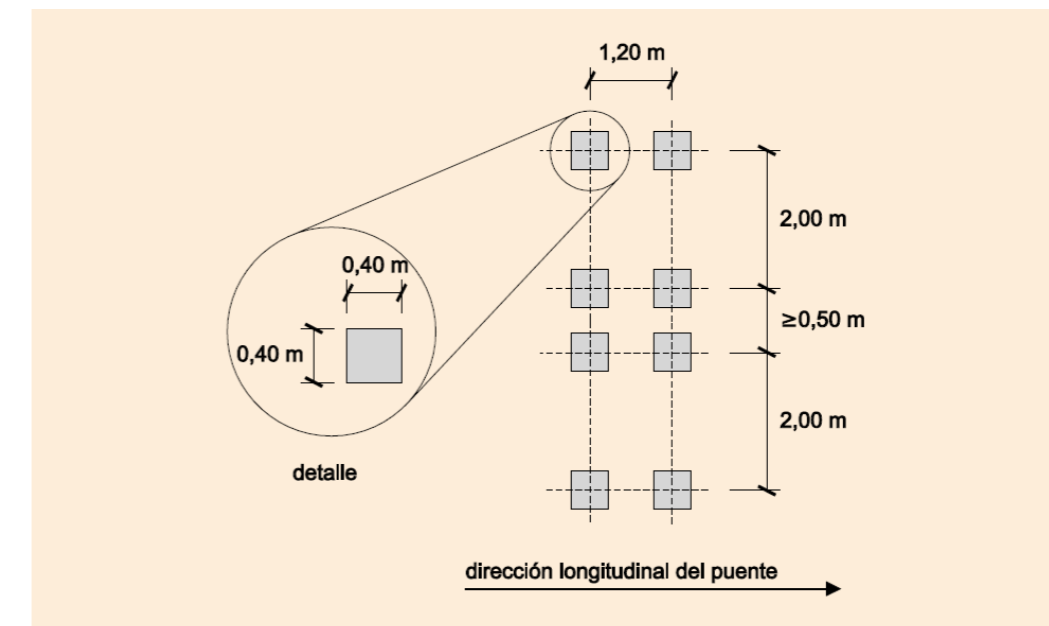


Imagen 8. Disposición de vehículos pesados para comprobaciones (Fuente: IAP-11)



**5.2.3. Sobrecarga de uso en zonas de uso peatonal**

De acuerdo con el artículo 4.1.2.2 de la IAP-11 “Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera”, en las zonas de uso peatonal de los puentes (aceras, rampas y escaleras), se supondrá aplicada una sobrecarga uniforme de 5 kN/m<sup>2</sup> en las zonas más desfavorables, longitudinal y transversalmente, para el efecto en estudio.

En puentes en los que sean de prever aglomeraciones de personas, se considerará la actuación de la sobrecarga uniforme de 5 kN/m<sup>2</sup> en lugar de las cargas verticales debidas al tráfico de vehículos, para aquellos casos en que sea más desfavorable para el elemento en estudio. Esta carga, prevista a efectos de comprobaciones generales, estará asociada únicamente a situaciones de cálculo transitorias.

Por lo que tanto en el carril bici como en la zona de paso peatonal se aplica una sobrecarga de 5 kN/m<sup>2</sup>.

**5.2.4. Acciones del viento**

Para la elaboración de este apartado se seguirán los apartados de la IAP-11 “Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera” desde el 4.2.1 hasta el 4.2.8, donde se transforma la acción del viento en cargas estáticas equivalentes que son las introducidas en el software de cálculo.

Primeramente, se realiza el cálculo de la velocidad básica del viento con un periodo de retorno (T) de 50 años a partir de la siguiente formula:

$$V_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot V_{b,0} = 1 \cdot 1 \cdot 26 = 26 \text{ m/s}$$

Obteniéndose  $V_{b,0}$  (velocidad básica fundamental) del siguiente mapa (Imagen 8), donde se ha ubicado la localidad de Jumilla en Zona A:



Imagen 9. Mapa isotacas para la obtención de  $V_{b,0}$  (Fuente: IAP-11)

Para calcular el empuje del viento ( $F_w$ ) se recurre a la siguiente fórmula del apartado 4.2.3 de la IAP-11:

$$F_w = \left[ \frac{1}{2} \rho v_b^2(T) \right] c_s(z) c_f A_{ref}$$

Siendo:

- ❖  $F_w$ : Empuje horizontal del viento (N)
- ❖  $\frac{1}{2} \rho v_b^2(T)$ : Presión de la velocidad básica del viento (N/m<sup>2</sup>)
- ❖  $\rho$ : Densidad del aire, que se tomará igual a 1,25 kg/m<sup>3</sup>
- ❖  $v_b(T)$ : Velocidad básica del viento (m/s)
- ❖  $c_f$ : Coeficiente de fuerza del elemento considerado en las imágenes 9 y 10
- ❖  $A_{ref}$ : Área de referencia, obtenida como la proyección del área sólida expuesta sobre el plano perpendicular a la dirección del viento (m<sup>2</sup>)





- ❖  $c_e(Z)$ : Coeficiente de exposición en función de la altura  $Z$ . Se obtiene a partir de la siguiente fórmula:

$$c_e(z) = k_r^2 \left[ c_o^2 \ln^2 \left( \frac{z}{z_0} \right) + 7 k_l c_o \ln \left( \frac{z}{z_0} \right) \right] \quad \text{para } z \geq z_{min}$$

Siendo:

- ❖  $k_r$ : factor de turbulencia obtenido en la tabla 2
- ❖  $c_o$ : factor de topografía con valor 1,29
- ❖  $z_0, z_{min}$ : coeficientes con valor obtenido en la tabla 2
- ❖  $z$ : altura considerada para pasarelas de 5 m

TIPO DE ENTORNO	$k_r$	$z_0$ [m]	$z_{min}$ [m]
0	0,15 6	0,003	1
I	0,17 0	0,01	1
II	0,19 0	0,05	2
III	0,21 6	0,30	5
IV	0,23 5	1,00	10

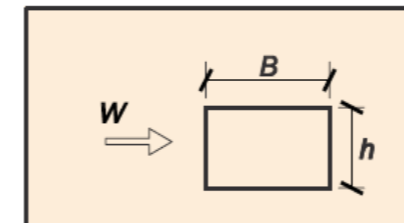
Tabla 2. Coeficientes  $k_r$ ,  $z_0$  y  $z_{min}$  según tipo de entorno (Fuente: IAP-11, Tabla 4.2-b)

Nos encontramos en un entorno tipo III (zona suburbana, forestal o industrial con construcciones y obstáculos aislados con una separación máxima de 20 veces la altura de los obstáculos), por lo que:

$$c_e(Z) = 0,216^2 \left[ 1,29^2 \ln^2 \left( \frac{5}{0,3} \right) + 7 \cdot 1 \cdot 1,29 \cdot \ln \left( \frac{5}{0,3} \right) \right] = 1,8$$

Para obtener el coeficiente de fuerza debemos diferenciar entre los dos elementos principales donde va a ser aplicada la fuerza del viento siendo estos la viga longitudinal principal y el arco.

Para la obtención de  $C_f$  en la viga longitudinal se ha utilizado la imagen 9, interpolando para obtener el dato óptimo, que en este caso es de 2,3.



$\frac{B}{h}$	$\leq 0,2$	0,4	0,6	0,7	1,0	2,0	5,0	$\geq 10,0$
$C_f$	2,0	2,2	2,35	2,4	2,1	1,65	1,0	0,9

Imagen 10. Coeficiente de fuerza  $C_f$  para secciones rectangulares (Fuente: IAP-11)

En el caso del arco se recurre a la imagen 10 ya que es la sección que más se asemeja en la forma de interacción con el viento, por lo que se toma un valor de  $C_f$  de 1,6.

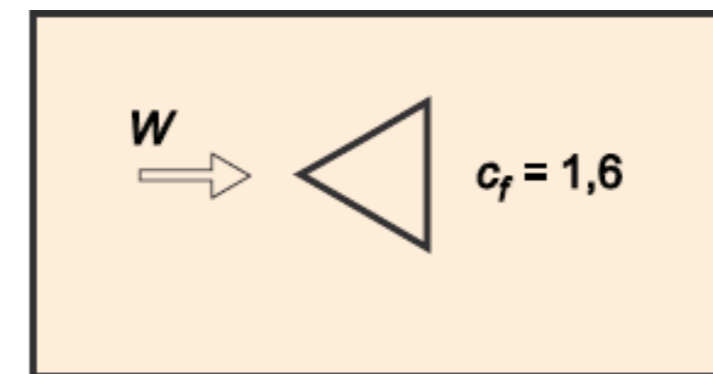


Imagen 11. Coeficiente de fuerza  $C_f$  para secciones triangulares (Fuente: IAP-11)

En el cálculo de  $F_w$  se ha sustituido el área de referencia  $A_{ref, z}$  únicamente por el ancho de la sección donde incide el viento, para obtener una fuerza lineal.

Teniendo en cuenta también que la medida que se ha cogido para el arco es la del centro-luz (más desfavorable) los datos utilizados son, para el arco 0,77 m y para la viga longitudinal 1 m.

Sustituyendo en la fórmula de  $F_w$ :

$$F_{w, viga\ longitudinal} = \left[ \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 26^2 \right] \cdot 1,8 \cdot 2,3 \cdot 1 \cong 1750 \text{ N/m} \rightarrow 1,75 \text{ KN/m}$$



$$F_{w,arco} = \left[ \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 26^2 \right] \cdot 1,8 \cdot 1,6 \cdot 0,77 \cong 940 \text{ N/m} \rightarrow 0,94 \text{ KN/m}$$

Para el cálculo del empuje vertical se aplica el artículo 4.2.5.1.2 de la IAP-11, en el que se determina el empuje vertical sobre el tablero, que actuara en el sentido más desfavorable (presión o succión).

El empuje viene dado por:

$$F_{w,z} = \left[ \frac{1}{2} \rho v_b^2(T) \right] c_e(z) c_{f,z} A_{ref,z}$$

Donde:

- ❖  $F_{w,z}$ : Empuje horizontal del viento (N)
- ❖  $\frac{1}{2} \rho v_b^2(T)$ : Presión de la velocidad básica del viento ( $\text{N/m}^2$ )
- ❖  $\rho$ : Densidad del aire, que se tomará igual a  $1,25 \text{ kg/m}^3$
- ❖  $v_b$ : Velocidad básica del viento (m/s)
- ❖  $c_{f,z}$ : Coeficiente de fuerza en la dirección Z, que se tomará igual a  $\pm 0,9$
- ❖  $A_{ref,z}$ : Área de planta del tablero ( $\text{m}^2$ )
- ❖  $c_e(z)$ : Coeficiente de exposición en función de la altura Z

Con motivo de obtener  $F_w$  como una carga uniforme y no como puntual se ha eliminado de la fórmula  $A_{ref,z}$ , teniendo así unidades de  $\text{KN/m}^2$ . De tal forma:

$$F_{w,z} = \left[ \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 26^2 \right] \cdot 1,8 \cdot \pm 0,9 \cong \pm 680 \text{ N/m}^2 \rightarrow \pm 0,68 \text{ KN/m}^2$$

Además, se ha tenido en cuenta que según la IAP-11 se debe suponer un efecto de sobrecarga de uso que equivale a un área expuesta cuya altura en puentes de carretera se considera de igual a 2 metros.

### 5.2.5. Acción térmica

A efectos de la IAP-11 para evaluar la acción térmica se considera que nuestro puente presenta un tablero Tipo 2 (Tableros mixtos compuestos por acero estructural y hormigón armado o pretensado conectados de forma que ambos materiales trabajen de forma solidaria). Los valores representativos de la acción térmica se evaluarán considerando la componente uniforme de temperatura y las componentes de la diferencia de temperatura vertical y horizontal.

Para el cálculo de la componente uniforme de temperatura se partirá del valor de la temperatura del aire a la sombra en el lugar del emplazamiento del puente.

El valor característico de la temperatura máxima del aire a la sombra  $T_{max}$  depende del clima del lugar y de la altitud y, para un periodo de retorno de 50 años (lo que equivale a una probabilidad anual de ser excedido de 0,02), será el que se indica en el mapa de isotermas de la imagen 12, de la que deducimos una  $T_{max}$  de  $49^\circ\text{C}$ .

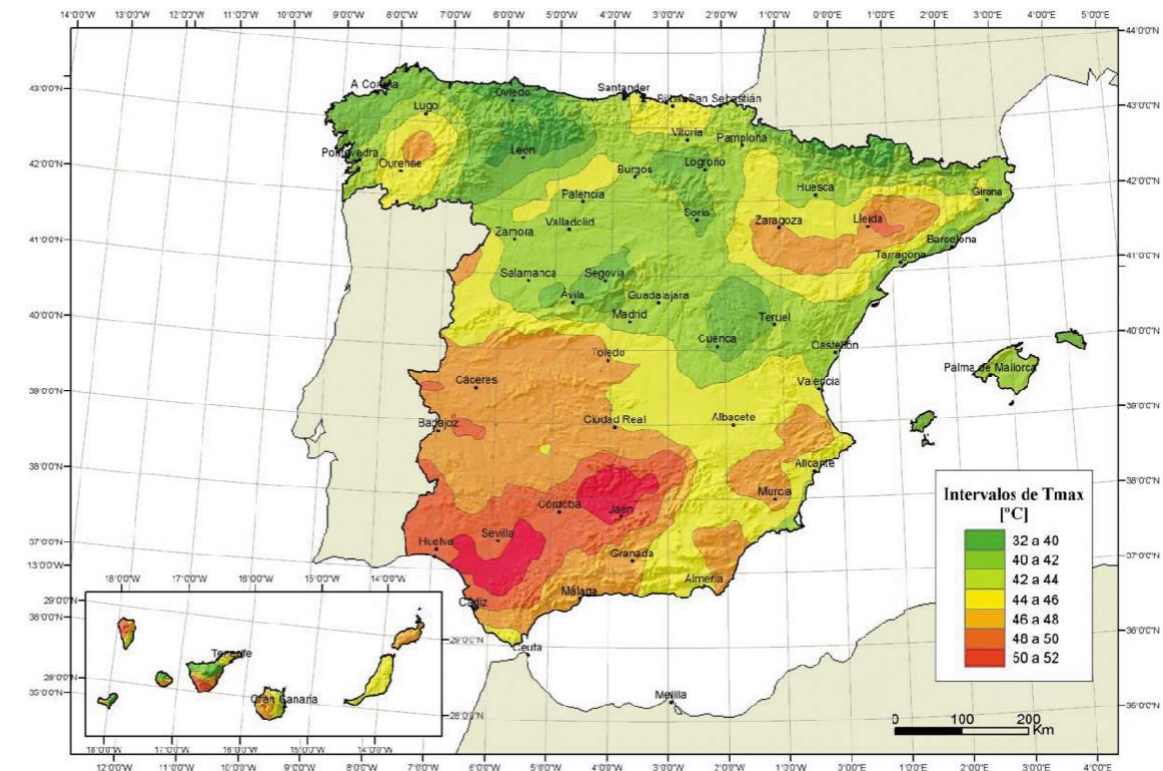


Imagen 12. Isotermas de la temperatura máxima anual del aire  $T_{max}$  (Fuente: IAP-11)

Como valor característico de la temperatura mínima del aire a la sombra  $T_{min}$  se tomará, para un periodo de retorno de 50 años, el que se deduce de la tabla 3 en función de la altitud del emplazamiento y de la zona climática invernal que se deduce del mapa de la imagen 12.

De la imagen 12 se deduce que nos encontramos en zona 6, por lo que recurriendo a la tabla 3, sabiendo que Jumilla está a una altura de 510 m interpolamos y obtenemos una  $T_{min}$  de  $-10^\circ\text{C}$ .



ALTITUD [m]	ZONA DE CLIMA INVERNAL (SEGÚN FIGURA 4.3-b)						
	1	2	3	4	5	6	7
0	-7	-11	-	-6	-5	-6	6
200	-	-13	-	-8	-8	-8	5
400	-	-15	-	-10	-11	-9	3
600	-	-16	-	-12	-14	-	2
800	-	-18	-	-14	-17	-	0
1000	-	-20	-	-16	-20	-	-2
1200	-	-21	-	-18	-23	-	-3
1400	-	-23	-	-20	-26	-	-5
1600	-	-25	-	-22	-29	-	-7
1800	-	-26	-	-24	-32	-	-8
2000	-	-28	-	-26	-35	-	-10

Tabla 3. Temperatura mínima anual del aire (Fuente: IAP-11, Tabla 4.3-a)



Imagen 13. Zonas climáticas de invierno (Fuente: IAP-11)

Según la IAP-11 para periodos de retorno diferentes de 50 años, se deben de ajustar los valores de  $T_{max,p}$  y  $T_{min,p}$ , que, en nuestro caso, al tratarse de una situación persistente se toma un periodo de retorno de 100 años, por lo que se utilizan las siguientes expresiones:

$$T_{max,p} = T_{max} \{k_1 - k_2 \ln [-\ln (1 - p)]\}$$

$$T_{min,p} = T_{min} \{k_3 + k_4 \ln [-\ln (1 - p)]\}$$

Siendo  $p$  el inverso del periodo de retorno y considerando para los coeficientes los valores:  $k_1 = 0,781$ ;  $k_2 = 0,056$ ;  $k_3 = 0,393$  y  $k_4 = -0,156$ . Por lo que:

$$T_{max,p} = 49 \{0,781 - 0,056 \ln [-\ln (1 - 0,01)]\} = 50,9^{\circ}\text{c}$$

$$T_{min,p} = -10 \{0,393 - 0,156 \ln [-\ln (1 - 0,01)]\} = -11,11^{\circ}\text{c}$$

La componente uniforme de la temperatura del tablero tiene un valor mínimo  $T_{e, \min}$  y un valor máximo  $T_{e, \max}$  que se determinarán a partir de la temperatura del aire, mediante las expresiones siguientes:





$$T_{e,max} = T_{max} + \Delta T_{e,max} = 50,9 + 4 = 54,9^{\circ}\text{C}$$

$$T_{e,min} = T_{min} + \Delta T_{e,min} = -11,11 + 4 = -7,11^{\circ}\text{C}$$

Donde:

- ❖  $T_{min}$ : Valor característico de la temperatura mínima del aire a la sombra en el lugar del emplazamiento del puente con el ajuste correspondiente al periodo de retorno según se indica en el apartado 4.3.1.1.1 de la IAP-11
- ❖  $T_{max}$ : Valor característico de la temperatura máxima del aire a la sombra en el lugar del emplazamiento del puente con el ajuste correspondiente al periodo de retorno según se indica en el apartado 4.3.1.1.1 de la IAP-11. Con los valores de  $\Delta T_{e,min}$  y  $\Delta T_{e,max}$  indicados en la tabla 4.

TIPO DE TABLERO	$\Delta T_{e,min}$ [°C]	$\Delta T_{e,max}$ [°C]
Tipo 1: Tablero de acero	-3	+16
Tipo 2: Tablero mixto	+4	+4
Tipo 3: Tablero de hormigón	+8	+2

Tabla 4. Valores de  $\Delta T_{e,min}$  y  $\Delta T_{e,max}$  para el cálculo de la componente uniforme de temperatura (Fuente: IAP-11, Tabla 4.3-b)

Para determinar los valores de contracción y dilatación en el cálculo se han de obtener los rangos de variación partiendo de la temperatura media del tablero, que en este caso se tomará  $T_0=15^{\circ}\text{C}$ . De esta manera queda:

$$\Delta T_{N,con} = T_0 - T_{e,min} = 15 - (-7,11) = 22,11^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T_{N,exp} = T_{e,max} - T_0 = 54,9 - 15 = 39,9^{\circ}\text{C}$$

La componente de la diferencia de temperatura no se va a tener en cuenta ya que éste es un proyecto básico.

## 6. ESTADOS LÍMITE

En el siguiente apartado se definirá la forma en la que se han combinado las cargas, de forma que se tengan en cuenta en los estados límite último y los estados límite de servicio la combinación más desfavorable posible.

### 6.1. Combinación de acciones

En la verificación de la resistencia de las partes que forman la estructura, vamos a emplear la teoría de estados límite. Esta teoría engloba tanto el enfoque de estados límite de servicio (ELS) como el de estados límite último (ELU), y será aplicada en las diversas condiciones previstas en el proyecto.

Desde un punto de vista teórico, es posible distinguir las situaciones en tres categorías que se describen a continuación:

- ❖ Situaciones persistentes: Estas situaciones se relacionan con el uso habitual de la estructura a lo largo de su vida útil de diseño.
- ❖ Situaciones transitorias: Estas condiciones de diseño surgen durante la fase de construcción, inspección o mantenimiento, y se considera el período de tiempo correspondiente.
- ❖ Situaciones accidentales: Estas circunstancias se refieren a momentos y condiciones excepcionales que se aplican a la estructura (No incluidas en cálculo).

En nuestro caso se va a estudiar situaciones persistentes y transitorias, con el objetivo de comprobar su correcto funcionamiento en condiciones de uso normal, excluyendo las situaciones accidentales debido al alcance del proyecto.

Por lo tanto, los estados límite a comprobar son:

- ❖ Estados límites últimos (E.L.U.), son situaciones críticas en las que, si se superan, llevan al agotamiento o colapso de la estructura. Entre estos estados límites, se considerarán únicamente los relacionados con la ruptura y la inestabilidad, específicamente el pandeo. Es importante mencionar que el cálculo de los estados límites últimos en situaciones sísmicas queda fuera del alcance de este trabajo debido a su naturaleza dinámica.



- ❖ Estados límites de servicio (E.L.S.) son aquellos en los cuales, al sobrepasarse, la estructura ya no cumple con la función para la que fue diseñada. En esta categoría, hay varios estados límites de servicio, pero en este documento nos enfocaremos exclusivamente en evaluar el E.L.S. relacionado con deformaciones. Estas deformaciones son aquellas que afectan la apariencia o la funcionalidad de la pasarela, o que pueden causar algún tipo de daño a componentes no estructurales. Únicamente se tendrá en cuenta el ELS de deformaciones.

## 6.2. Coeficientes de seguridad

A partir de los datos extraídos de la IAP-11 se han elaborado las tablas 5 y 6 que contienen los coeficientes de seguridad empleados en el cálculo tanto para mayorar acciones como para minorar ciertas resistencias.

En la siguiente tabla se muestran los coeficientes empleados en la comprobación ELU:

ACCIÓN		EFECTO	
		FAVORABLE	DESFAVORABLE
PERMANENTE (G)	Peso propio (PP)	1,00	1,35
	Carga muerta (CM)	1,00	1,35
VARIABLE (Q)	Sobrecarga de uso (SU)	0	1,35
	Acciones climáticas (V,T)	0	1,5

Tabla 5. Coeficientes de mayoración para acciones en ELU (Fuente: IAP-11)

En la siguiente tabla se muestran los coeficientes empleados en la comprobación ELS:

ACCIÓN		EFECTO	
		FAVORABLE	DESFAVORABLE
PERMANENTE (G)	Peso propio (PP)	1,00	1,00
	Carga muerta (CM)	1,00	1,00
VARIABLE (Q)	Sobrecarga de uso (SU)	0	1,00
	Acciones climáticas (V,T)	0	1,00

Tabla 6. Coeficientes de mayoración para acciones en ELS (Fuente: IAP-11)

## 6.3. Coeficientes de combinación

Los coeficientes de combinación, extraídos de la IAP-11 "Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera" vienen recogidos en la siguiente tabla:

ACCIÓN	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Carga muerta (CM)	0,4	0,4	0
VIENTO	0,3	0,2	0
TEMPERATURA	0,6	0,6	0,5

Tabla 7. Coeficientes de simultaneidad ( $\psi$ ) (Fuente: IAP-11)

Donde:

- ❖ Valor de combinación ( $\psi_0$ ): Valor de la acción cuando actúe con alguna otra acción variable, para tener en cuenta la pequeña probabilidad de que actúen simultáneamente los valores más desfavorables de varias acciones independientes. Este valor se utilizará en las comprobaciones de estados límite últimos en situación persistente o transitoria y de estados límite de servicio irreversibles.
- ❖ Valor frecuente ( $\psi_1$ ): Será el valor de la acción tal que sea sobrepasado durante un periodo de corta duración respecto a la vida útil del puente. Corresponde a un periodo de retorno de una semana. Este valor se utilizará en las comprobaciones de estados límite últimos en situación accidental y de estados límite de servicio reversibles.
- ❖ Valor casi-permanente ( $\psi_2$ ): Será el valor de la acción tal que sea sobrepasado durante una gran parte de la vida útil del puente. Este valor se utilizará también en las comprobaciones de estados límite últimos en situación accidental y de estados límite de servicio reversibles, además de en la evaluación de los efectos diferidos.

## 6.4. Combinación de acciones

Para la situación persistente ELU, teniendo en cuenta el artículo 6.3.1.1 de la IAP-11, la combinación de acciones viene dada por:

$$\sum_{j>1} Y_{G,j} \cdot G_{k,j} + \sum_{m>1} Y_{G,m} \cdot G_{k,m} + Y_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i>1} Y_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$



Donde:

- ❖  $G_{k,j}$ : Valor característico de cada acción permanente
- ❖  $G_{k,m}$ : Valor característico de cada acción permanente de valor no constante
- ❖  $Q_{k,1}$ : Valor característico de la acción variable dominante
- ❖  $\Psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$ : Valor de combinación de las acciones variables concomitantes con la acción variable dominante
- ❖  $Y_G, Y_Q$ : Coeficientes parciales

Además, según la IAP-11, se tendrán en cuenta las prescripciones siguientes al combinar las diferentes acciones variables:

- ❖ La sobrecarga de uso estará representada, para su combinación con el resto de las acciones, mediante los grupos de cargas definidos en la tabla 4.1-c, que son excluyentes entre sí.
- ❖ Cuando se considere el viento transversal sobre el tablero, se considerará la actuación simultánea de la componente vertical del viento y el momento de vuelco correspondiente, definidos en el apartado 4.2.5.1.
- ❖ Cuando se considere el viento longitudinal sobre el tablero, según el apartado 4.2.5.2, no se considerará la actuación simultánea del viento transversal, ni el empuje vertical, ni el momento de vuelco correspondiente.
- ❖ La concomitancia de la componente uniforme de temperatura y de la componente de diferencia de temperatura se regirá por lo expuesto en el apartado 4.3.1.3.
- ❖ Cuando se considere la acción del viento como predominante, no se tendrá en cuenta la actuación de la sobrecarga de uso.
- ❖ Cuando se considere la sobrecarga de uso como predominante, se considerará el viento concomitante correspondiente, con las indicaciones que figuran en el apartado 4.2.3.
- ❖ Cuando se considere el grupo de cargas de tráfico gr 2 (fuerzas horizontales con su valor característico), no se considerará la actuación del viento ni de la nieve.
- ❖ No se considerará la acción simultánea del viento y de la acción térmica.
- ❖ En general, no se considerará la acción simultánea de la carga de nieve y la sobrecarga de uso salvo en zonas de alta montaña, en cuyo caso se estudiará para el proyecto concreto la distribución espacial y la concomitancia de ambas acciones.

Para la situación persistente ELS, teniendo en cuenta el artículo 6.3.2 de la IAP-11 y utilizando la combinación frecuente, la combinación de acciones viene dada por:

$$\sum_{j>1} Y_{G,j} \cdot G_{k,j} + \sum_{m>1} Y_{G,m} \cdot G_{k,m} + Y_{Q,1} \cdot \Psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i>1} Y_{Q,i} \cdot \Psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

Donde:

- ❖  $G_{k,j}$ : Valor característico de cada acción permanente
- ❖  $G_{k,m}$ : Valor característico de cada acción permanente de valor no constante
- ❖  $Q_{k,1}$ : Valor característico de la acción variable dominante
- ❖  $\Psi_{1,1} \cdot Q_{k,1}$ : Valor frecuente de la principal acción variable concomitante con la acción variables
- ❖  $\Psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$ : Valor casi-permanente del resto de las acciones variables concomitantes
- ❖  $Y_G, Y_Q$ : Coeficientes parciales

Las mismas pautas mencionadas previamente serán igualmente aplicables a esta combinación.

## 7. ANÁLISIS ESTRUCTURAL

En el siguiente apartado se expondrá la metodología empleada para realizar el análisis estructural de nuestro puente, desarrollando y justificando los cálculos realizados para su comprobación resistente.

### 7.1. Métodos de cálculo

Con el objetivo de calcular las fuerzas y cargas, se va a utilizar un enfoque de análisis que es tanto lineal como estático.

Para evaluar la capacidad de resistencia de las fuerzas aplicadas, se tendrá en cuenta la delgadez de los elementos y el método de cálculo que estemos utilizando para cada caso, para lo que se escogerá entre dos métodos diferentes, siendo estos:

- ❖ Método no lineal simplificado: Se utiliza puntualmente para obtener una magnitud aproximada de los efectos del pandeo lateral, en éste se ha considerado el arco como una viga biapoyada en ambos extremos.
- ❖ Método elástico corregido: Se trata de un método lineal que admite el principio de superposición, empleándose además una sección reducida por abolladura. Se emplea en las



secciones clasificadas como esbeltas o en aquellos casos en que no sean admisibles plastificaciones de ningún tipo por no encontrarse en fases de cálculo último.

### 7.2. Modelo de cálculo

Para el modelo de cálculo se han planteado los dos arcos, los dos cordones inferiores, cuchillos transversales y péndolas, además del forjado de hormigón.

Utilizando el software de cálculo de estructuras SAP2000 se han podido recrear los esfuerzos a los que está sometida nuestra estructura, teniendo en cuenta una larga serie

de combinaciones de acciones que puede llegar a sufrir durante su vida útil, de las que se han seleccionado las más desfavorables con el objetivo de estar en el lado de la seguridad.

El modelo tiene las siguientes características:

- ❖ Se han utilizado para los cordones inferiores (vigas longitudinales) y péndolas secciones rectangulares, diferenciándose en dimensiones.
- ❖ Debido a las torsiones a las que se ven sometidas las riostras se han utilizado vigas en cajón.
- ❖ Para las vigas transversales (cuchillos) se han utilizado vigas doble T, teniendo estas en la parte de voladizo una reducción gradual de su alma.
- ❖ La sección del arco es variable, además de estar macizada en su con hormigón, siendo en el arranque de sección triangular, a la que según se aproxima al centro luz del puente le crecen dos alas, convirtiéndose en una sección compuesta.
- ❖ La pasarela está biapoyada en los estribos, por lo que se ha optado por colocar apoyos en ambos extremos de la pasarela, en el modelo de SAP2000 se han colocado apoyos en cada extremo de las vigas longitudinales, esto puede ser visto en la imagen 14.

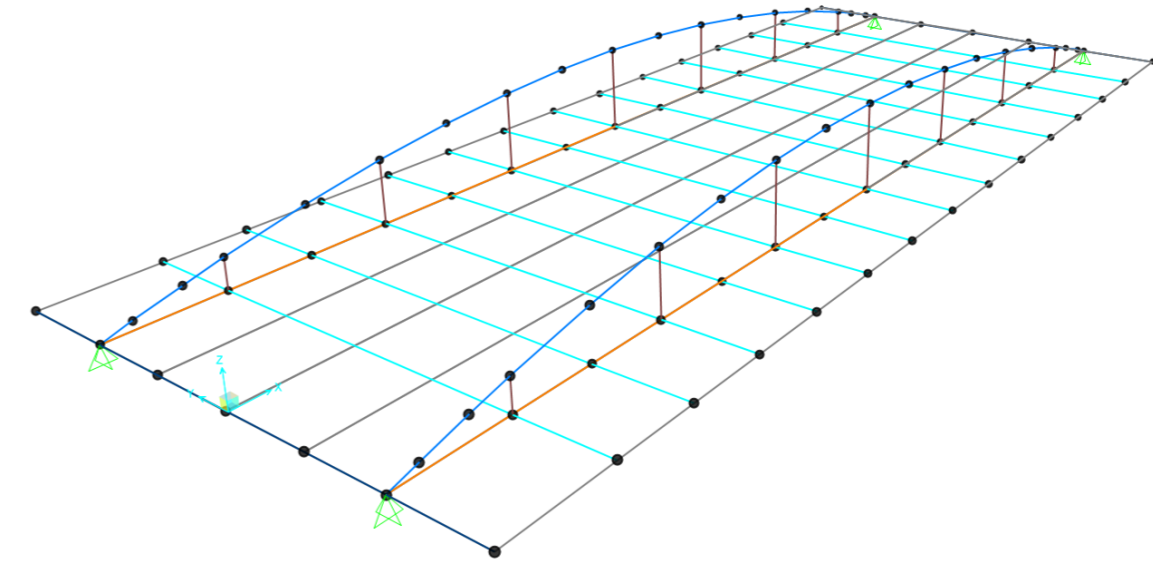


Imagen 14. Modelo 3D realizado en SAP2000 (Fuente: Elaboración propia)

Las secciones utilizadas para cada elemento de la estructura son las siguientes:

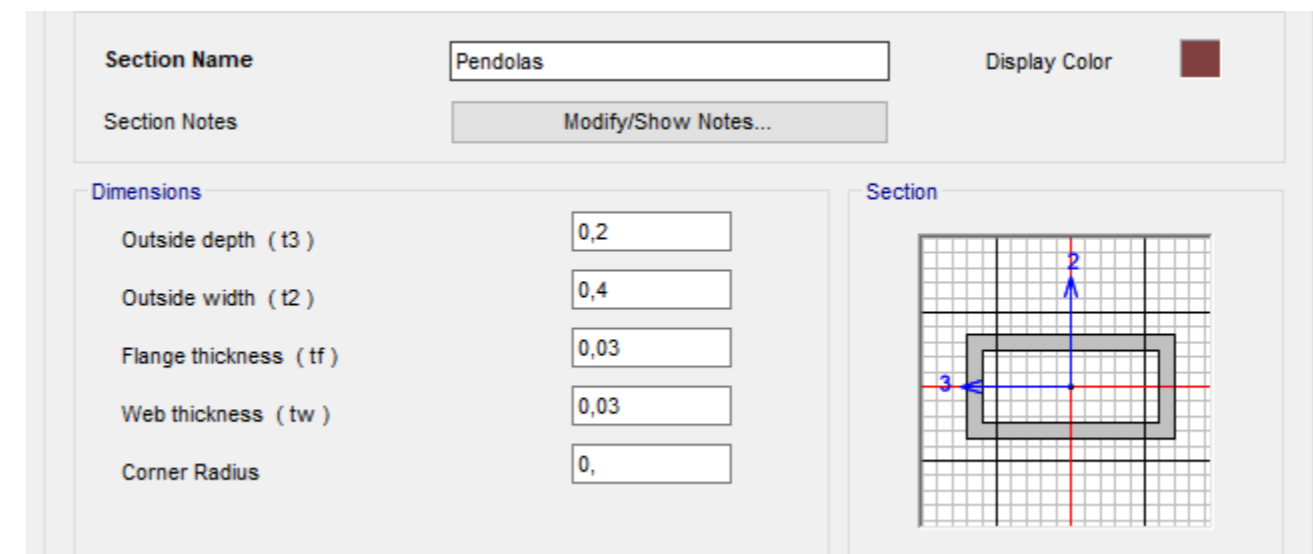


Imagen 15. Sección péndolas SAP2000 (Fuente: Elaboración propia)



Como ya se ha comentado, en el caso de los cuchillos la parte que esta volada tiene una reducción gradual de sección, disminuyendo el alma hasta llegar al extremo volado.



Imagen 16. Secciones cuchillos SAP2000 (Fuente: Elaboración propia)

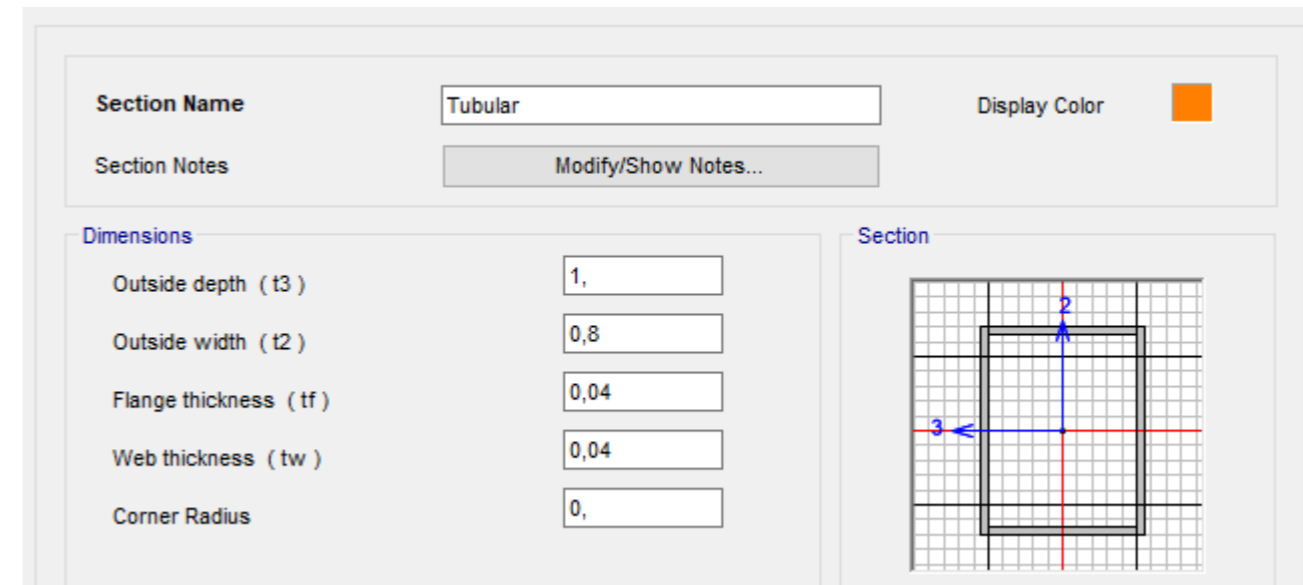


Imagen 17. Sección viga longitudinal SAP2000 (Fuente: Elaboración propia)

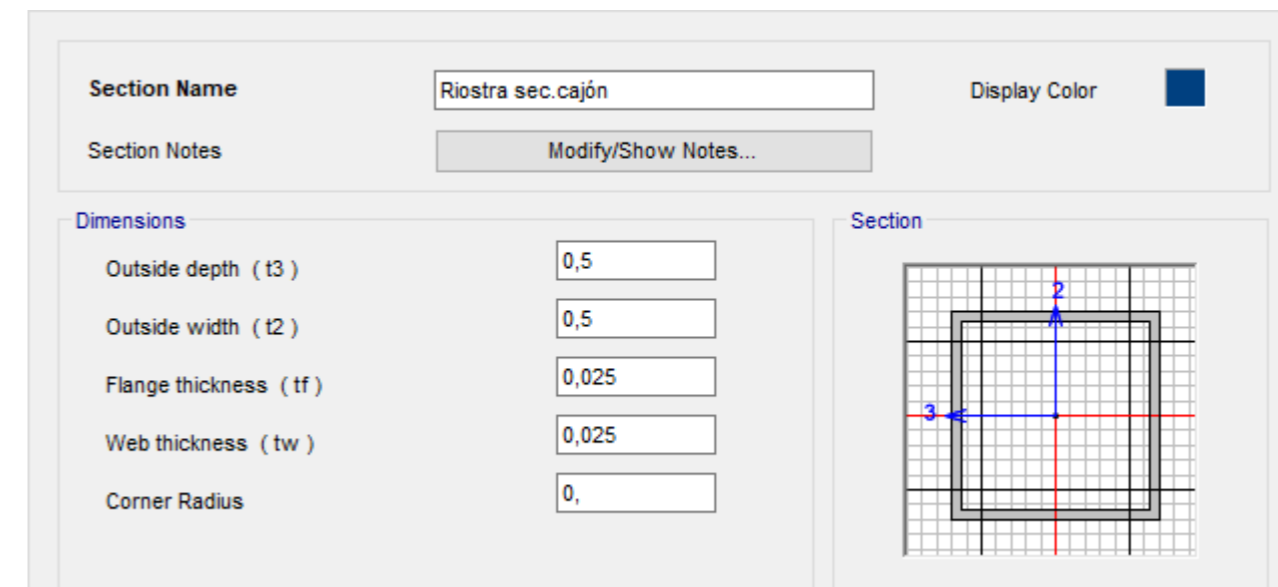


Imagen 18. Sección riostra SAP2000 (Fuente: Elaboración propia)

Al tener el arco una sección variable se ha introducido en el programa a partir de un conjunto de secciones, todas con un espesor en todas las láminas que la forman de 30 mm, las cuales se han cogido cada 3 metros, siendo las siguientes secciones:

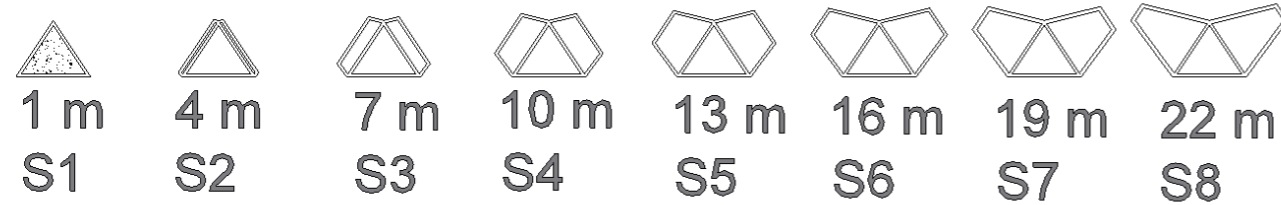


Imagen 19. Secciones del arco introducidas en SAP2000 (Fuente: Elaboración propia)

### 7.3. Combinaciones de acciones

En el siguiente apartado se desarrollará la forma en la que se han ejecutados las diferentes combinaciones de acciones Estado Límite Último (ELU) y Estado Límite de Servicio (ELS) y los resultados arrojados por estas.

Se ha utilizado un software informático combinador de acciones, de forma que introduciendo las diferentes acciones y coeficientes de combinación anterior mente expuestos el programa ha generado todas las combinaciones posibles tanto de ELU como ELS, teniendo en cuenta las restricciones de combinación designadas en la IAP-11.

De todas estas combinaciones se han seleccionado para la comprobación resistente de cada uno de los elementos de la estructura la combinación más restrictiva de todas las posibles, de manera que se pueda comprobar que incluso en el peor caso de combinación todos los componentes funcionen adecuadamente, manteniéndonos así en el lado de la seguridad.

Las diferentes acciones que han sido tenidas en cuenta y sus coeficientes a la hora de ser introducidos en el software combinador se pueden ver en la tabla 8.

	COEFICIENTES	ELU		ELS		FACTORES SIMULTANEIDAD		
		E. FAVORABLE	E. DESFAVORABLE	E. FAVORABLE	E. DESFAVORABLE	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
PERMANENTE	PP	1	1,35	1	1			
	CM	1	1,35	1	1			
VARIABLES	SCU Carril 1	0	1,35	0	1	0,40	0,40	0
	SCU Carril 2	0	1,35	0	1	0,40	0,40	0
	SCU Carril 3	0	1,35	0	1	0,40	0,40	0
	SCU Área remanente	0	1,35	0	1	0,40	0,40	0
	SCU Aceras	0	1,35	0	1	0,40	0,40	0
	VIENTO	0	1,5	0	1	0,30	0,20	0
	TEMPERATURA	0	1,5	0	1	0,60	0,60	0,50

Tabla 8. Patrones de carga y sus coeficientes (Fuente: Elaboración propia)

Al tratarse de un proyecto básico y debido a la complejidad del modelo únicamente se ha tenido en cuenta la temperatura para el cálculo de las juntas de dilatación, calculando el desplazamiento que sufre la pasarela según marca la normativa IAP-11.

Además, se ha añadido una combinación ELS frecuente, en la que únicamente se ha tenido en cuenta el efecto de la sobrecarga, es decir sin tener en cuenta el peso propio (PP) ni la carga muerta (CM), según establece la IAP-11 para comprobación de la flecha máxima mediante el ELS de deformaciones.

### 7.4. Comprobaciones

En este apartado de comprobará si las secciones empleadas en nuestra estructura cumplen con la resistencia en cuanto a los esfuerzos generados por las diferentes combinaciones de acciones planteadas en el apartado anterior.

Una vez obtenidos todos los desplazamientos y deformaciones de la estructura se ha comprobado que la flecha mayor se encuentra en el centro luz del puente, teniendo esta 5,42 cm. Teniendo en cuenta que nuestra rasante tiene cierta pendiente de forma que en el centro luz se eleva 25 cm sobre el plano de la directriz horizontal se puede considerar que hace un efecto de contra-flecha, redimiendo así los efectos de la flecha máxima.

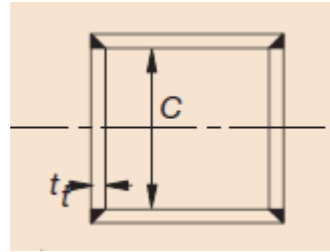
Además, se debe tener en cuenta la comprobación de flecha máxima, teniendo un valor en nuestro caso de L/1000, que con una luz de 44 m la flecha máxima obtenida es de 4,4 cm. El cálculo nos arroja una flecha máxima con la combinación ELS de deformaciones de 2,5 cm, por lo que cumple con la norma.

Para cada sección se designará la combinación utilizada para su comprobación, siendo esta en todo caso la más desfavorable, además de señalar el punto donde la acción es más solicitante.

- Comprobación de vigas longitudinales

Para seleccionar la clase de la sección se emplea la Instrucción de Acero Estructural (EAE) del Ministerio de Fomento, concretamente el artículo 20.3., siendo nuestra sección tipo:





Siendo  $t$  el espesor de 40 mm y  $C$  con un valor de 1000 mm. Si tenemos en cuenta el panel más restrictivo:

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,81 \quad \frac{c}{t} \leq 33\varepsilon \rightarrow \text{Cumple}$$

Como se puede ver cumple clase 1. Una vez calculada la clase se obtienen los valores de cálculo de la sección de la viga longitudinal.

Para verificar el cumplimiento de la resistencia axial según el artículo 34.2 se debe cumplir que:

$$N_{Ed} \leq N_{C,Rd}$$

Donde:

- ❖  $N_{Ed}$ : Valor de cálculo del esfuerzo axial (KN)
- ❖  $N_{C,Rd}$ : Resistencia de cálculo de la sección a compresión (KN), calculada con la siguiente expresión extraída de la EAE:

$$N_{C,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{m0}} = \frac{137600 \cdot 355}{1,05} = 46521,90 \text{ KN}$$

Para verificar el cumplimiento de la resistencia de momento flector según el artículo 34.4 se debe cumplir que:

$$M_{Ed} \leq M_{C,Rd}$$

Donde:

- ❖  $M_{Ed}$ : Valor de cálculo del momento flector (KNm)
- ❖  $M_{C,Rd}$ : Resistencia de cálculo de la sección a flexión (KNm), calculándose tanto para el eje débil (z) como para el eje fuerte (y) mediante las siguientes expresiones:

$$M_{yC,Rd} = \frac{w_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{m0}} = \frac{42,84 \cdot 10^6 \cdot 355}{1,05} = 14484,54 \text{ KNm}$$

$$M_{zC,Rd} = \frac{w_{pl,z} \cdot f_y}{\gamma_{m0}} = \frac{29,95 \cdot 10^6 \cdot 355}{1,05} = 10126,63 \text{ KNm}$$

Para verificar el cumplimiento de la resistencia de cortante según el artículo 34.5 se debe cumplir que:

$$V_{Ed} \leq V_{C,Rd}$$

Donde:

- ❖  $V_{Ed}$ : Valor de cálculo del esfuerzo cortante (KN)
- ❖  $V_{C,Rd}$ : Resistencia de cálculo de la sección a cortante (KN) calculada con la siguiente expresión extraída de la EAE:

$$V_{C,Rd} = \frac{A_v \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{m0}} = \frac{80000 \cdot 355}{\sqrt{3} \cdot 1,05} = 15615,95 \text{ KN}$$

En la siguiente tabla se muestran los valores máximos de cálculo extraídos del programa SAP2000, teniendo en cuenta que se ha escogido en este caso como combinación más desfavorable (ELU4067), siendo esta la que mayor momento flector presentaba en el centro-luz. Además, se ha tenido en cuenta el axil transmitido por el arco.

VALORES MÁXIMOS DE CÁLCULO			
N (KN)	V (KN)	Mz (KN/m)	My (KN/m)
-10952	-28,92	-12,92	2452,21

Tabla 9. Valores máximos de cálculo ELU4067



Una vez comparados los resultados se puede ver que cumple, por lo que se comprueba si cumple el pandeo, que considerando una viga apoyada obtenemos  $\beta=1$  y  $L_p=44000\text{mm}$ .

La fórmula de aprovechamiento utilizada es la siguiente:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi \cdot N_{C,Rd}} + \frac{M_{yEd}}{\chi_{LT} \cdot M_{yC,Rd}} + \frac{M_{zEd}}{M_{zC,Rd}} \leq 1$$

El valor de  $\chi$  viene dado por la normativa EAE en su artículo 35.1.2, siendo este un valor de esbeltez adimensional y viene dado por:

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda^2}} = \frac{1}{1,94 + \sqrt{1,94^2 - 1,5^2}} = 0,315 \leq 1$$

Los valores de los distintos componentes de la expresión ( $\phi, \lambda$ ) se han calculado según lo estipulado en el artículo de la EAE 35.1.2. y  $\chi_{LT}$  con el 35.2.1, por lo que tratándose de una sección hueca cuadrada se toma  $\chi_{LT}=1$ . Con todos los datos calculados recurrimos a la fórmula de aprovechamiento:

$$\frac{10952}{0,315 \cdot 46521,9} + \frac{2452,21}{14484,54} + \frac{12,92}{10126,63} = 0,92 \leq 1$$

Se comprueba así que cumple con los requisitos de resistencia.

- Comprobación de péndolas

Al trabajar únicamente a tracción únicamente es necesario realizar la comprobación de resistencia axil, por lo que no es necesaria la comprobación de la clase de la sección ya que en ningún caso podrá llegar a presentarse una situación en la que este elemento pueda llegar a sufrir pandeo o abolladuras.

De esta forma, para verificar el cumplimiento de la resistencia axil según el artículo 34.2 se debe cumplir que:

$$N_{Ed} \leq N_{C,Rd}$$

Donde:

- ❖  $N_{Ed}$ : Valor de cálculo del esfuerzo axil (KN)
- ❖  $N_{C,Rd}$ : Resistencia de cálculo de la sección a compresión (KN), calculada con la siguiente expresión extraída de la EAE:

$$N_{C,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{m0}} = \frac{12000 \cdot 355}{1,05} = 4057,14 \text{ KN}$$

En la siguiente tabla se muestran los valores máximos de cálculo extraídos del programa SAP2000, teniendo en cuenta que se ha escogido en este caso como combinación más desfavorable (ELU4067), siendo esta la que mayor esfuerzo axil presentaba en la péndola en el centro-luz del lado norte.

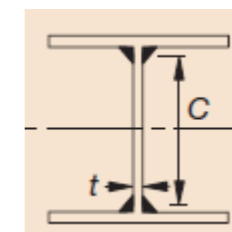
VALORES MÁXIMOS DE CÁLCULO			
N (KN)	V (KN)	Mz (KN/m)	My (KN/m)
1004,64	0,00	0,00	0,00

Tabla 10. Valores máximos de cálculo ELU4067

Como se puede comprobar cumple con la sollicitación de axil.

- Comprobación de cuchillos

Para seleccionar la clase de la sección se emplea la Instrucción de Acero Estructural (EAE) del Ministerio de Fomento, concretamente el artículo 20.3, siendo nuestra sección tipo:



Siendo  $t$  el espesor de 25 mm y  $C$  con un valor de 555 mm. Si tenemos en cuenta el panel más restrictivo:



$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,81 \quad \frac{c}{t} \leq 10\varepsilon \rightarrow \text{Cumple}$$

Como se puede ver cumple clase 2, siendo el ala inferior la más condicionante, ya que el ala superior se encuentra conectada mediante conectores a la losa de hormigón, rigidizando esa parte de la sección. Una vez calculada la clase se obtienen los valores de cálculo de la sección de los cuchillos.

Para verificar el cumplimiento de la resistencia axil según el artículo 34.2 se debe cumplir que:

$$N_{Ed} \leq N_{C,Rd}$$

Donde:

- ❖  $N_{Ed}$ : Valor de cálculo del esfuerzo axil (KN)
- ❖  $N_{C,Rd}$ : Resistencia de cálculo de la sección a compresión (KN), calculada con la siguiente expresión extraída de la EAE:

$$N_{C,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{m0}} = \frac{31100 \cdot 355}{1,05} = 10514,76 \text{ KN}$$

Para verificar el cumplimiento de la resistencia de momento flector según el artículo 34.4 se debe cumplir que:

$$M_{Ed} \leq M_{C,Rd}$$

Donde:

- ❖  $M_{Ed}$ : Valor de cálculo del momento flector (KNm)
- ❖  $M_{C,Rd}$ : Resistencia de cálculo de la sección a flexión (KNm), calculándose tanto para el eje débil (z) como para el eje fuerte (y) mediante las siguientes expresiones:

$$M_{yC,Rd} = \frac{w_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{m0}} = \frac{6,48 \cdot 10^6 \cdot 355}{1,05} = 2192,24 \text{ KNm}$$

$$M_{zC,Rd} = \frac{w_{pl,z} \cdot f_y}{\gamma_{m0}} = \frac{1,13 \cdot 10^6 \cdot 355}{1,05} = 383,30 \text{ KNm}$$

Para verificar el cumplimiento de la resistencia de cortante según el artículo 34.5 se debe cumplir que:

$$V_{Ed} \leq V_{C,Rd}$$

Donde:

- ❖  $V_{Ed}$ : Valor de cálculo del esfuerzo cortante (KN)
- ❖  $V_{C,Rd}$ : Resistencia de cálculo de la sección a cortante (KN) calculada con la siguiente expresión extraída de la EAE:

$$V_{C,Rd} = \frac{A_v \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{m0}} = \frac{11100 \cdot 355}{\sqrt{3} \cdot 1,05} = 2166,71 \text{ KN}$$

En la siguiente tabla se muestran los valores máximos de cálculo extraídos del programa SAP2000, teniendo en cuenta que se ha escogido en este caso como combinación más desfavorable (ELU4259), siendo esta la que mayor momento flector presentaba en el cuchillo situado en el centro-luz.

VALORES MÁXIMOS DE CÁLCULO			
N (KN)	V (KN)	Mz (KN/m)	My (KN/m)
$8 \cdot 10^{-5}$	87,38	$1,6 \cdot 10^{-9}$	1023,66

Tabla 11. Valores máximos de cálculo ELU4259

Una vez comparados los resultados se puede ver que cumple, por lo que se comprueba si cumple el pandeo, que considerando una viga apoyada obtenemos  $\beta=1$  y  $L_p=11000\text{mm}$ .

La fórmula de aprovechamiento utilizada es la siguiente:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi \cdot N_{C,Rd}} + \frac{M_{yEd}}{\chi_{LT} \cdot M_{yC,Rd}} + \frac{M_{zEd}}{M_{zC,Rd}} \leq 1$$





El valor de  $\chi$  viene dado por la normativa EAE en su artículo 35.1.2, siendo este un valor de esbeltez adimensional y viene dado por:

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda^2}} = \frac{1}{0,74 + \sqrt{0,74^2 - 0,588^2}} = 0,84 \leq 1$$

Los valores de los distintos componentes de la expresión  $(\phi, \lambda)$  se han calculado según lo estipulado en el artículo de la EAE 35.1.2. y  $\chi_{LT}$  con el 35.2.1, que teniendo en cuenta que los cuchillos están conectados a la losa se puede asumir que está arriostrado lateralmente, siendo  $\chi_{LT}=1$ . Con todos los datos calculados recurrimos a la fórmula de aprovechamiento:

$$\frac{0,8 \cdot 10^{-5}}{0,84 \cdot 10514,76} + \frac{1023,66}{2192,24} + \frac{1,6 \cdot 10^{-9}}{383,30} = 0,47 \leq 1$$

Se comprueba así que cumple con los requisitos de resistencia.

- Comprobación del arco

Al tener el arco una sección variable se va a realizar una comprobación en el arranque donde el esfuerzo axil es mayor y hay una sección menor y en el centro luz donde hay un momento flector mayor a la vez que una sección aumentada.

Para seleccionar la clase de la sección se emplea la Instrucción de Acero Estructural (EAE) del Ministerio de Fomento, concretamente el artículo 20.3.

Siendo  $t$  el espesor de 30 mm y  $C$  con un valor de 800 mm. Si tenemos en cuenta el panel más restrictivo:

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,81 \quad \frac{C}{t} \leq 33\varepsilon \rightarrow \text{Cumple}$$

Como se puede ver cumple clase 1, siendo el panel inferior del arco el más condicionante, ya que se trata del panel más esbelto. Una vez calculada la clase se obtienen los valores de cálculo de la sección de arranque del arco.

Para verificar el cumplimiento de la resistencia axil en el arranque del arco según el artículo 34.2 se debe cumplir que:

$$N_{Ed} \leq N_{C,Rd}$$

Donde:

- ❖  $N_{Ed}$ : Valor de cálculo del esfuerzo axil (KN)
- ❖  $N_{C,Rd}$ : Resistencia de cálculo de la sección a compresión (KN).

$$N_{C,Rd} = \frac{A \cdot f_y + A_H \cdot f_{cd}}{\gamma_{m0}} = \frac{62553,4 \cdot 355 + 177443,8 \cdot 23,33}{1,05} = 25091,64 \text{ KN}$$

Para el cálculo de  $N_{C,Rd}$  se ha tenido en cuenta que el interior del arranque del arco está rigidizado con hormigón de  $f_{ck}=35$  MPa, por lo que  $f_{cd}=23,22$ MPa. El hormigón se ha tenido en cuenta únicamente en el cálculo de  $N_{C,Rd}$ , ya que tiene como objetivo evitar el rebasamiento de resistencia por el axil, que es mayor en el arranque.

Para verificar el cumplimiento de la resistencia de momento flector según el artículo 34.4 se debe cumplir que:

$$M_{Ed} \leq M_{C,Rd}$$

Donde:

- ❖  $M_{Ed}$ : Valor de cálculo del momento flector (KNm)
- ❖  $M_{C,Rd}$ : Resistencia de cálculo de la sección a flexión (KNm), calculándose tanto para el eje débil (z) como para el eje fuerte (y) mediante las siguientes expresiones:

$$M_{yC,Rd} = \frac{w_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{m0}} = \frac{6,18 \cdot 10^6 \cdot 355}{1,05} = 2090,62 \text{ KNm}$$

$$M_{zC,Rd} = \frac{w_{pl,z} \cdot f_y}{\gamma_{m0}} = \frac{7,56 \cdot 10^6 \cdot 355}{1,05} = 2555 \text{ KNm}$$



Para verificar el cumplimiento de la resistencia de cortante según el artículo 34.5 se debe cumplir que:

$$V_{Ed} \leq V_{C,Rd}$$

Donde:

- ❖  $V_{Ed}$ : Valor de cálculo del esfuerzo cortante (KN)
- ❖  $V_{C,Rd}$ : Resistencia de cálculo de la sección a cortante (KN) calculada con la siguiente expresión extraída de la EAE:

$$V_{C,Rd} = \frac{A_v \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{m0}} = \frac{28408 \cdot 355}{\sqrt{3} \cdot 1,05} = 5545,22 \text{ KN}$$

En la siguiente tabla se muestran los valores máximos de cálculo extraídos del programa SAP2000, teniendo en cuenta que se ha escogido en este caso como combinación más desfavorable (ELU4067), teniendo en cuenta que se ha escogido la que presentaba una relación axil-momento flector mayor, debido a que los efectos del axil y el momento en el arco son equiparables. Los valores máximos de cálculo en el arranque del arco son:

VALORES MÁXIMOS DE CÁLCULO			
N (KN)	V (KN)	Mz (KN/m)	My (KN/m)
-11390,57	179,60	-119,71	179,38

Tabla 12. Valores máximos de cálculo ELU4067 en arranque de arco

Una vez comparados los resultados se puede ver que cumple, por lo que se comprueba si cumple el pandeo, que teniendo en cuenta que se encuentra rigidizado en su interior se puede asumir un valor de  $\chi = 1$ .

La fórmula de aprovechamiento utilizada es la siguiente:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi \cdot N_{C,Rd}} + \frac{M_{yEd}}{\chi_{LT} \cdot M_{yC,Rd}} + \frac{M_{zEd}}{M_{zC,Rd}} \leq 1$$

$\chi_{LT}$  con el artículo 35.2.1, se puede asumir  $\chi_{LT}=1$ . Con todos los datos calculados recurrimos a la fórmula de aprovechamiento:

$$\frac{11390,57}{25091,64} + \frac{179,38}{2090,62} + \frac{119,71}{2555} = 0,59 \leq 1$$

Se comprueba así que cumple con los requisitos de resistencia.

Para la comprobación de la sección central del arco se debe tener en cuenta que cumple clase 1, ya que el elemento más restrictivo es el mismo que en la sección del arranque.

Para verificar el cumplimiento de la resistencia axil en el centro-luz del arco según el artículo 34.2 se debe cumplir que:

$$N_{Ed} \leq N_{C,Rd}$$

Donde:

- ❖  $N_{Ed}$ : Valor de cálculo del esfuerzo axil (KN)
- ❖  $N_{C,Rd}$ : Resistencia de cálculo de la sección a compresión (KN).

$$N_{C,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{m0}} = \frac{191600 \cdot 355}{1,05} = 64779,05 \text{ KN}$$

Para verificar el cumplimiento de la resistencia de momento flector según el artículo 34.4 se debe cumplir que:

$$M_{Ed} \leq M_{C,Rd}$$

Donde:

- ❖  $M_{Ed}$ : Valor de cálculo del momento flector (KNm)
- ❖  $M_{C,Rd}$ : Resistencia de cálculo de la sección a flexión (KNm), calculándose tanto para el eje débil (z) como para el eje fuerte (y) mediante las siguientes expresiones:



$$M_{y_{C,R_d}} = \frac{w_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{m0}} = \frac{3,45 \cdot 10^7 \cdot 355}{1,05} = 11688,44 \text{ KNm}$$

$$M_{z_{C,R_d}} = \frac{w_{pl,z} \cdot f_y}{\gamma_{m0}} = \frac{9,94 \cdot 10^7 \cdot 355}{1,05} = 33616,33 \text{ KNm}$$

Para verificar el cumplimiento de la resistencia de cortante según el artículo 34.5 se debe cumplir que:

$$V_{Ed} \leq V_{C,R_d}$$

Donde:

- ❖  $V_{Ed}$ : Valor de cálculo del esfuerzo cortante (KN)
- ❖  $V_{C,R_d}$ : Resistencia de cálculo de la sección a cortante (KN) calculada con la siguiente expresión extraída de la EAE:

$$V_{C,R_d} = \frac{A_v \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{m0}} = \frac{130100 \cdot 355}{\sqrt{3} \cdot 1,05} = 25395,44 \text{ KN}$$

En la siguiente tabla se muestran los valores máximos de cálculo extraídos del programa SAP2000, teniendo en cuenta que se ha escogido en este caso como combinación más desfavorable (ELU4067), teniendo en cuenta que se ha escogido la que presentaba una relación axil-momento flector mayor, debido a que los efectos del axil y el momento en el arco son equiparables. Los valores máximos de cálculo en el centro-luz del arco son:

VALORES MÁXIMOS DE CÁLCULO			
N (KN)	V (KN)	Mz (KN/m)	My (KN/m)
-10997,70	-282,47	153,63	1517,10

Tabla 13. Valores máximos de cálculo ELU4067 en centro-luz del arco

Una vez comparados los resultados se puede ver que cumple, por lo que se comprueba si cumple el pandeo, que considerando una viga apoyada obtenemos  $\beta=1$  y  $L_p=36000\text{mm}$ , ya que no se tiene en cuenta las zonas rigidizadas.

La fórmula de aprovechamiento utilizada es la siguiente:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi \cdot N_{C,R_d}} + \frac{M_{yEd}}{\chi_{LT} \cdot M_{y_{C,R_d}}} + \frac{M_{zEd}}{M_{z_{C,R_d}}} \leq 1$$

El valor de  $\chi$  viene dado por la normativa EAE en su artículo 35.1.2, siendo este un valor de esbeltez adimensional y viene dado por:

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda^2}} = \frac{1}{2,52 + \sqrt{2,52^2 - 1,92^2}} = 0,24 \leq 1$$

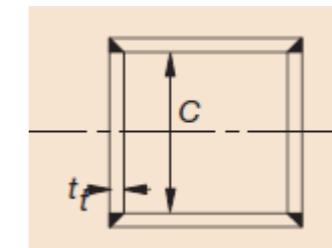
Los valores de los distintos componentes de la expresión ( $\phi, \lambda$ ) se han calculado según lo estipulado en el artículo de la EAE 35.1.2. y  $\chi_{LT}$  con el 35.2.1, se puede asumir  $\chi_{LT}=1$ . Con todos los datos calculados recurrimos a la fórmula de aprovechamiento:

$$\frac{10997,70}{0,24 \cdot 64779,05} + \frac{1517,10}{11688,44} + \frac{153,63}{33616,33} = 0,84 \leq 1$$

Se comprueba así que cumple con los requisitos de resistencia.

- Comprobación de riostras

Para seleccionar la clase de la sección se emplea la Instrucción de Acero Estructural (EAE) del Ministerio de Fomento, concretamente el artículo 20.3., siendo nuestra sección tipo:



Siendo  $t$  el espesor de 25 mm y  $C$  con un valor de 450 mm. Si tenemos en cuenta el panel más restrictivo:





$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,81 \quad \frac{c}{t} \leq 33\varepsilon \rightarrow \text{Cumple}$$

Como se puede ver cumple clase 1. Una vez calculada la clase se obtienen los valores de cálculo de la sección de la viga longitudinal.

Para verificar el cumplimiento de la resistencia axial según el artículo 34.2 se debe cumplir que:

$$N_{Ed} \leq N_{C,Rd}$$

Donde:

- ❖  $N_{Ed}$ : Valor de cálculo del esfuerzo axial (KN)
- ❖  $N_{C,Rd}$ : Resistencia de cálculo de la sección a compresión (KN), calculada con la siguiente expresión extraída de la EAE:

$$N_{C,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{m0}} = \frac{47500 \cdot 355}{1,05} = 16059,52 \text{ KN}$$

Para verificar el cumplimiento de la resistencia de momento flector según el artículo 34.4 se debe cumplir que:

$$M_{Ed} \leq M_{C,Rd}$$

Donde:

- ❖  $M_{Ed}$ : Valor de cálculo del momento flector (KNm)
- ❖  $M_{C,Rd}$ : Resistencia de cálculo de la sección a flexión (KNm), calculándose tanto para el eje débil (z) como para el eje fuerte (y) mediante las siguientes expresiones:

$$M_y \equiv M_{z,C,Rd} = \frac{w_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{m0}} = \frac{7,164 \cdot 10^6 \cdot 355}{1,05} = 2422,11 \text{ KNm}$$

Al ser una sección doblemente simétrica tanto  $M_{y,C,Rd}$  como  $M_{z,C,Rd}$  arrojan el mismo resultado, por lo que solo es necesario un cálculo.

Para verificar el cumplimiento de la resistencia de cortante según el artículo 34.5 se debe cumplir que:

$$V_{Ed} \leq V_{C,Rd}$$

Donde:

- ❖  $V_{Ed}$ : Valor de cálculo del esfuerzo cortante (KN)
- ❖  $V_{C,Rd}$ : Resistencia de cálculo de la sección a cortante (KN) calculada con la siguiente expresión extraída de la EAE:

$$V_{C,Rd} = \frac{A_v \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{m0}} = \frac{25000 \cdot 355}{\sqrt{3} \cdot 1,05} = 4879 \text{ KN}$$

En la siguiente tabla se muestran los valores máximos de cálculo extraídos del programa SAP2000, teniendo en cuenta que se ha escogido en este caso como combinación más desfavorable (ELU4067), siendo esta la que mayor momento flector presentaba en el centro de la riostra este.

VALORES MÁXIMOS DE CÁLCULO			
N (KN)	V (KN)	Mz (KN/m)	My (KN/m)
2,01	-76,34	-6,33	653,36

Tabla 9. Valores máximos de cálculo ELU4067

Una vez comparados los resultados se puede ver que cumple, por lo que se comprueba si cumple el pandeo, que considerando una viga apoyada obtenemos  $\beta=1$  y  $L_p=11000\text{mm}$ .

La fórmula de aprovechamiento utilizada es la siguiente:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi \cdot N_{C,Rd}} + \frac{M_{yEd}}{\chi_{LT} \cdot M_{yC,Rd}} + \frac{M_{zEd}}{M_{zC,Rd}} \leq 1$$

El valor de  $\chi$  viene dado por la normativa EAE en su artículo 35.1.2, siendo este un valor de esbeltez adimensional y viene dado por:



$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda^2}} = \frac{1}{0,939 + \sqrt{0,939^2 - 0,7597^2}} = 0,671 \leq 1$$

Los valores de los distintos componentes de la expresión  $(\phi, \lambda)$  se han calculado según lo estipulado en el artículo de la EAE 35.1.2. y  $\chi_{LT}$  con el 35.2.1, por lo que tratándose de una sección hueca cuadrada se toma  $\chi_{LT}=1$ . Con todos los datos calculados recurrimos a la fórmula de aprovechamiento:

$$\frac{2,01}{0,671 \cdot 16059,52} + \frac{653,36}{2422,11} + \frac{6,33}{2422,11} = 0,27 \leq 1$$

Se comprueba así que cumple de manera holgada los requisitos de resistencia.

### 8. CIMENTACIONES

Al tener ambos estribos características semejantes tanto de geométricas como de propiedades de suelo sobre el que apoyan, para el cálculo de las cimentaciones se ha calculado únicamente uno de ellos, empleando para ello el GCOC (Guía de cimentaciones en obras de carretera). A partir de estos cálculos se he determinado que se cumple con los requisitos establecidos en la norma.

#### 8.1. Características del terreno y diseño

Para la realización de las cimentaciones se deben haber efectuados los movimientos de tierras pertinentes.

Como se ha expuesto en el Anejo de Estudio Geotécnico el terreno en el que apoya nuestra cimentación está compuesto por arenas limosas en su totalidad, ya que a la profundidad a la que apoya la cimentación (4,3 m) no alcanza ningún otro estrato. Los rellenos se ejecutan con las mismas tierras que han sido extraídas durante la excavación.

En cuanto al diseño del estribo se ha escogido de la tipología de estribo cerrado, como se puede ver en las siguientes imágenes:

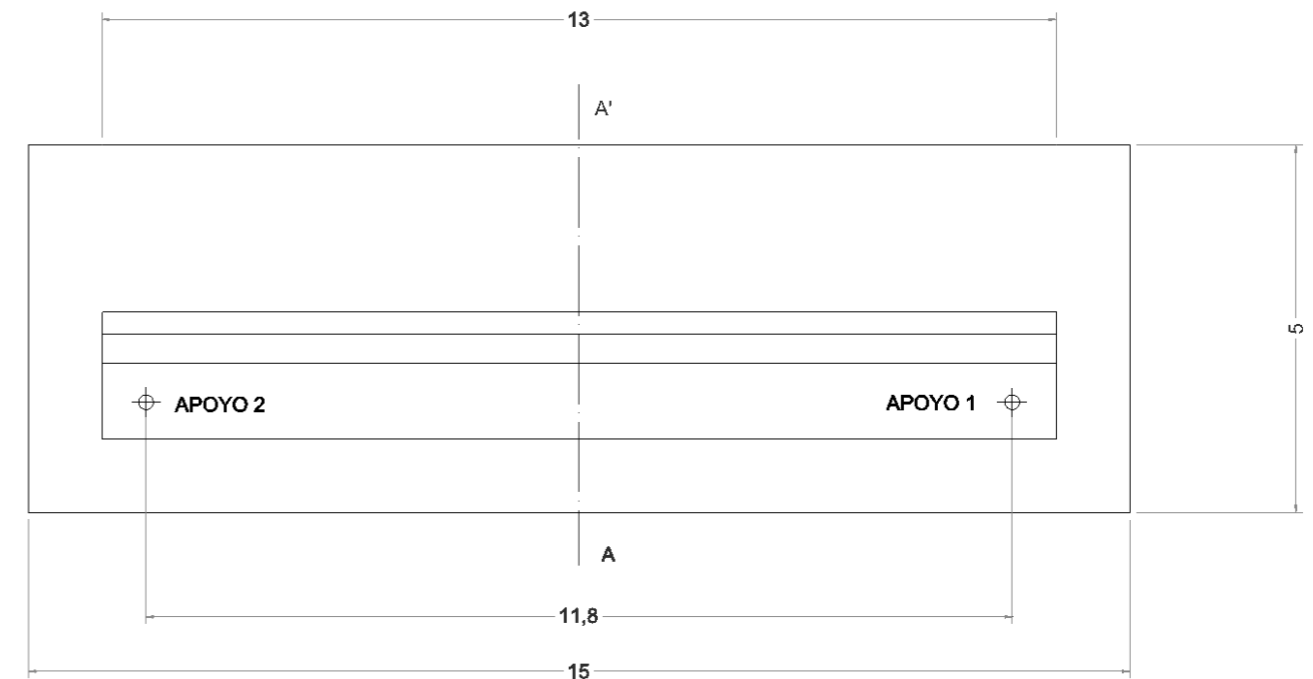


Imagen 20. Planta estribo, unidades en m (Fuente: Elaboración propia)

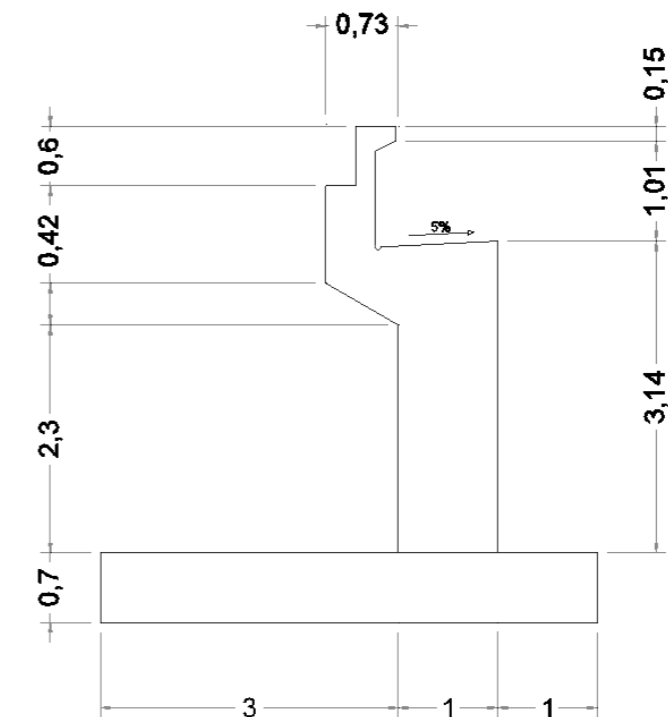


Imagen 21. Corte AA, unidades en m (Fuente: Elaboración propia)



Sin embargo, a la hora del cálculo se ha escogido una sección simplificada del estribo, que se muestra a continuación:

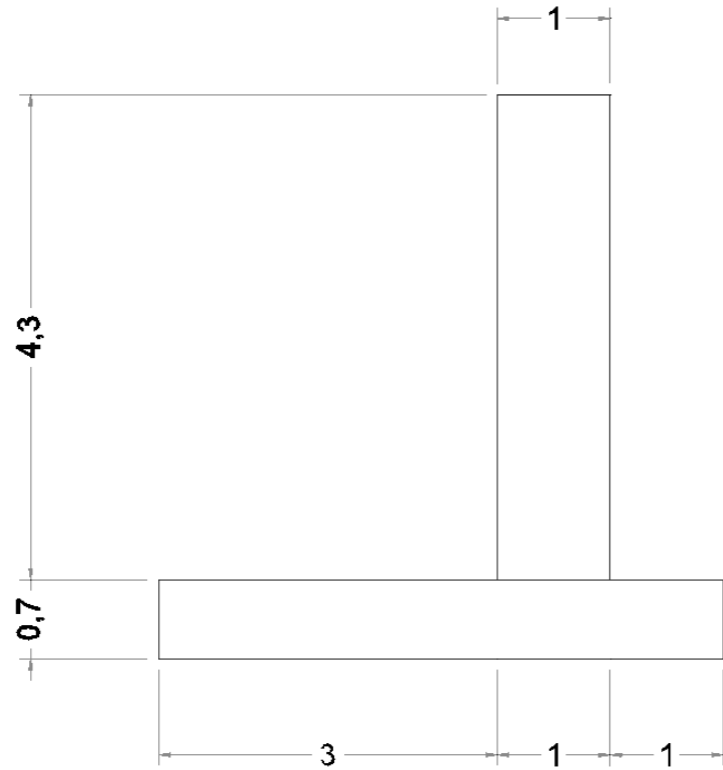


Imagen 22. Sección simplificada para cálculo, unidades en m (Fuente: Elaboración propia)

ESFUERZOS TRANSMITIDOS A APOYO 1			
N (KN)	V <sub>1</sub> (KN)	V <sub>2</sub> (KN)	M (KN/m)
3553,91	0,00	0,00	0,00

Tabla 10. Esfuerzos transmitidos a apoyo 1 con la combinación ELU4067

ESFUERZOS TRANSMITIDOS A APOYO 2			
N (KN)	V <sub>1</sub> (KN)	V <sub>2</sub> (KN)	M (KN/m)
4637,14	0,00	0,00	0,00

Tabla 11. Esfuerzos transmitidos a apoyo 2 con la combinación ELU4067

Debido a la diferencia entre los axiles de compresión transmitidos en los distintos apoyos se genera un momento M en el estribo, el cual adquiere el valor de (teniendo en cuenta que se a tomado como CDG el CDG de la zapata):

$$M_{apoyos} = 4637,14 \cdot 5,9 - 3553,91 \cdot 5,9 = 6355,5 \text{ KNm}$$

Los empujes horizontales generados por las tierras sobre la zapata no son necesarios que sean calculados, ya que están compensados al tener tierras tanto delante como detrás del muro del estribo.

Los pesos propios del estribo y de las tierras sobre las zapatas están definidas en la imagen 23.

## 8.2. Comprobación

Para realizar la comprobación necesitamos conocer las fuerzas aplicadas sobre el estribo, estas se pueden diferenciar en fuerzas provocadas por el terreno, pesos propios y los esfuerzos transmitidos por el puente.

Para la comprobación se ha escogido es estribo este, ya que es el que mayores solicitaciones presenta debido a los esfuerzos transmitidos al estribo por el puente son los resultantes de la combinación más desfavorable, en este caso la ELU4067, estos se muestran en las tabla 10 y 11. Como se puede ver no se transmite fuerza horizontal, esto es debido a nuestra tipología estructural (tipo bowstring) ya que todas las fuerzas horizontales que son generadas por los arcos son absorbidas por ambas vigas longitudinales.

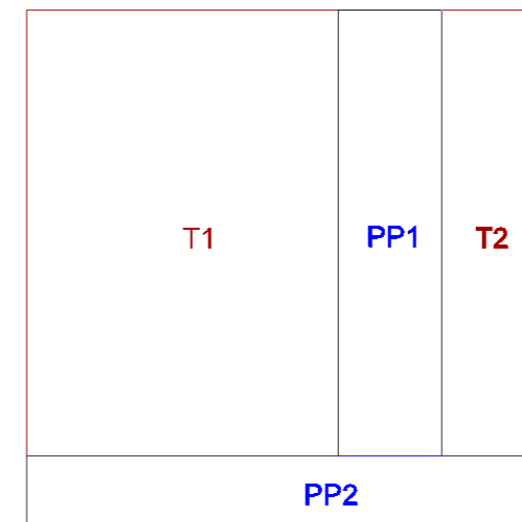


Imagen 23. Croquis pesos propios estribo y sus aletas (Fuente: Elaboración propia)





El cálculo de pesos propios y los momentos generados por estos queda entonces:

$$PP1 = 4,3 \cdot 1 \cdot 13 \cdot 25 = 1397,50 \text{ KN} \quad PP2 = 0,7 \cdot 15 \cdot 5 \cdot 25 = 1312,50 \text{ KN}$$

$$T1 = 3 \cdot 4,3 \cdot 15 \cdot 20,3 = 3928,05 \text{ KN}$$

$$T2 = 1 \cdot 4,3 \cdot 15 \cdot 20,3 = 1309,3 \text{ KN}$$

$$M_{PP1} = 1397,5 \cdot 0,5 = 698,75 \text{ KNm}$$

$$M_{PP2} = 1312,5 \cdot 0,5 = -656,25 \text{ KNm}$$

$$M_{T1} = 3928,05 \cdot -1,5 = -5892,08 \text{ KNm}$$

$$M_{T2} = 1309,3 \cdot 1,5 = 1963,95 \text{ KNm}$$

$$M_{cargas} = 8191 \cdot 0,5 = 4095,53 \text{ KNm}$$

Teniendo en cuenta todos los esfuerzos se crea la siguiente tabla:

ESFUERZOS TOTALES ESTRIBO				
N (KN)	V <sub>1</sub> (KN)	V <sub>2</sub> (KN)	M <sub>1</sub> (KN/m)	M <sub>2</sub> (KN/m)
16138,15	0,00	0,00	209,9	6355,20

Tabla 12. Esfuerzos TOTALES en el estribo este

A partir de los esfuerzos calculados obtenemos la tensión máxima en una esquina de la zapata, siendo esta de  $q_t=252,23$  KPa.

Para la comprobación de la cimentación es necesario que cumpla las condiciones de hundimiento, deslizamiento, vuelco, integridad del elemento constructivo y asentamiento máximo.

#### ❖ HUNDIMIENTO

La fórmula más frecuente para la determinación de la carga de hundimiento es la conocida como de Brinch-Hansen, de la que existen diferentes versiones que presentan ligeras variaciones en la obtención de algunos coeficientes. La ecuación es del siguiente tipo:

$$p_{vh} = q \cdot N_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot s_q \cdot t_q \cdot r_q + c \cdot N_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot s_c \cdot t_c \cdot r_c + \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot B^* \cdot N_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot s_\gamma \cdot t_\gamma \cdot r_\gamma$$

Donde:

- ❖  $p_{vh}$  = Presión vertical de hundimiento.
- ❖  $q$  = Sobrecarga actuante al nivel del plano de cimentación, en el entorno del cimiento.
- ❖  $c$  = Cohesión de cálculo.
- ❖  $\gamma$  = Peso específico del terreno.
- ❖  $B^*$  = Anchura equivalente del cimiento.
- ❖  $N_q, N_c, N_\gamma$  = Factores de capacidad de carga, adimensionales y dependientes del ángulo de rozamiento interno.
- ❖  $d_q, i_q, s_q, t_q, r_q$  = Factores adimensionales para considerar el efecto de la resistencia al corte local del terreno situado sobre el plano de apoyo, la inclinación de la carga, la forma de la cimentación, la proximidad de la cimentación a un talud y la inclinación del plano de apoyo. Los subíndices  $q, c, \gamma$ , indican en cuál de los tres términos de la fórmula polinómica deben aplicarse.

Todos los factores de inclinación ( $i$ ), de resistencia de corte sobre plano de apoyo ( $d$ ), de proximidad a talud ( $t$ ) y de inclinación del plano de apoyo ( $r$ ) toman valor de 1, ya que en nuestra cimentación no deben tenerse en cuenta, ya que no existe inclinación de las cargas ni del plano de apoyo, no hay proximidad a un talud y no hay cohesión.

Para calcular la anchura equivalente del cimiento ( $B^*$ ) y la longitud equivalente ( $L^*$ ) es necesario calcular las excentricidades:

$$e_1 = \frac{M_2}{N_{TOTAL}} = \frac{6355,2}{16138,15} = 0,39 \text{ m}$$



$$e_2 = \frac{M_1}{N_{TOTAL}} = \frac{209,9}{18738,38} = \sim 0 \text{ m}$$

Por lo que  $B^*=5 \text{ m}$  y  $L^*=14,22 \text{ m}$ . Teniendo en cuenta que  $\Phi=28^\circ$ , de acuerdo con lo estipulado en el apartado de la GCOC 4.5.5. los factores utilizados en el cálculo quedan:

$N_q$	14,76
$N_\gamma$	14,06
$N_c$	24,87
$S_q$	1,21
$S_\gamma$	0,90

Con lo que  $P_{vh}=1009,31 \text{ KN/m}^2$ , además como  $P_v=52 \text{ KN/m}^2$  la carga de hundimiento neta queda:

$$P_{vhn} = P_{vh} - P_v = 1004,74 - 52 = 952,74 \text{ KN/m}^2$$

Para el cálculo del factor de seguridad tenemos:

$$F = \frac{P_{vh} - P_v}{q_t - P_v} = \frac{952,74}{252,23 - 52} = 4,76 > 2,60 \rightarrow \text{Cumple}$$

Cumple, ya que es mayor al coeficiente de seguridad para la combinación característica que se puede ver en la tabla 13, que es la utilizada en este caso.

COMBINACIÓN DE ACCIONES	COEFICIENTE DE SEGURIDAD FRENTE AL HUNDIMIENTO
Casi permanente (*)	$F_1 \geq 3,00$
Característica	$F_2 \geq 2,60$
Accidental	$F_3 \geq 2,20$

Tabla 13. Coeficientes de seguridad mínimos para cimentaciones superficiales (Fuente: GCOC, Tabla 4.7)

#### ❖ DESLIZAMIENTO

Según el apartado 4.6. de la GCOC el coeficiente de seguridad al deslizamiento queda definido por la siguiente ecuación:

$$F_d = \frac{V \cdot \text{tg}\Phi + B^* \cdot L^* \cdot C_c + R}{H}$$

No es necesario realizar el cálculo, ya que el denominador H se refiere al total de las fuerzas horizontales, las cuales son prácticamente 0, tendiendo la formula así a infinito. Esto nos confirma que cumple frente a deslizamiento.

#### ❖ VUELCO

Al no tener momentos volcadores y si estabilizadores se considera que la cimentación cumple frente a las sollicitaciones por vuelco establecidas en el apartado 4.7. de la GCOC.

#### ❖ INTEGRIDAD DEL ELEMENTO CONSTRUCTIVO

Se ha empleado un programa Excel de dimensionamiento para la comprobación del elemento constructivo mostrado en la imagen 24, del que se ha esclarecido el cumplimiento de nuestro elemento. La cantidad necesaria de armadura se restringirá a los valores mínimos.

DATOS DE PARTIDA			
- Características de los materiales			
$f_{ck} =$	35	MPa	$\gamma_c =$ 1,5
$f_{yk} =$	500	MPa	$\gamma_s =$ 1,15
- Geometría		- Esfuerzos de cálculo	
b =	1	m	$N_{Ed} =$ 16138,15 kN
h =	13	m	$M_{Ed} =$ 6355,5 kN
$r_{mec, \text{trac}} =$	0,05	m	
$r_{mec, \text{comp}} =$	0,05	m	
RESULTADOS:			
$A_s =$	0,00	cm <sup>2</sup>	
$A_s' =$	0,00	cm <sup>2</sup>	

Imagen 24. Resultados Excel dimensionamiento rectangular (Fuente: Elaboración propia)



#### ❖ ASENTAMIENTO MÁXIMO

Para el cálculo del asentamiento se ha utilizado el método elástico. Se ha tenido en cuenta que las arenas sobre las que apoya la cimentación se encuentran consolidadas, debido a que es una zona de paso de tráfico rodado durante un largo periodo de tiempo, además soportar los esfuerzos transmitidos por el estribo del puente actual. El asiento viene dado por:

$$s_t = s_i + s_c + s_f$$

Donde:

- ❖  $s_t$  es el asiento total
- ❖  $s_i$  es el asiento instantáneo
- ❖  $s_c$  es el asiento de consolidación
- ❖  $s_f$  es el asiento de fluencia

Al tener arenas limosas únicamente tenemos asientos instantáneos, los cuales se producen simultáneamente con la aplicación de carga. Según la teoría de la elasticidad el asiento instantáneo viene dado por:

$$s_i = I_s \cdot q_{vn} \cdot B \cdot (1 - \nu^2) \cdot \frac{1}{E}$$

Donde el coeficiente de influencia para cargas rectangulares bajo una esquina adquiere la siguiente expresión, siendo  $n=B/L$ .

$$I_s = \frac{1}{\pi} \left[ \ln \left( n + \sqrt{1+n^2} \right) + n \cdot \ln \frac{1 + \sqrt{1+n^2}}{n} \right]$$

De esta manera el asiento instantáneo queda:

$$s_t = s_i = 0,89 \cdot 200,23 \cdot 5 \cdot (1 - 0,05^2) \cdot \frac{1}{36000} = 0,0247 \text{ m}$$

Al presentar un asiento total de 2,47 cm podemos decir que cumple con la condición de asentamiento máximo, ya que este es menor a 2,5 cm, el cual es el asiento máximo en zapatas sobre arenas.

#### ❖ ESTABILIDAD GLOBAL

Este, es uno de los aspectos más destacables del estudio de cimentaciones. Este estudio, tiene una opción de omisión, únicamente cuando se trate de cimentaciones en terrenos llanos y firmes. Se da por entendido terreno llano como aquel terreno cuya pendiente media en el lugar de la cimentación y sus alrededores (5 veces el ancho del cimiento) no supera el 10%. También, se entiende como terreno firme aquel terreno que no presenta ni presentará inestabilidad.

En el caso estudiado, no se detecta ninguna alteración de terreno firme, es decir no presenta ni presentará inestabilidad, además, en el lugar de la cimentación y en un lugar 5 veces el ancho de la cimentación, la pendiente aproximada es del 0,1% y por tanto, no se precisa realizar la comprobación del ELU en estabilidad global.

### 8.3. Armaduras

Para el cálculo de las armaduras se ha tenido en cuenta el artículo 9.2 del Eurocódigo 2 (algunas de la expresiones utilizadas están extraídas de la EHE ya están referenciadas por el Eurocódigo 2). Tanto para el muro como para la zapata se dispondrán las armaduras mínimas.

#### 8.3.1. Muro

- ❖ Armadura vertical

En cuanto a la cantidad de armadura geométrica vertical mínima a disponer en el muro viene dada por la siguiente tabla:





Tipo de elemento estructural		Tipo de acero	
		Aceros con $f_y = 400 \text{ N/mm}^2$	Aceros con $f_y = 500 \text{ N/mm}^2$
Pilares		4,0	4,0
Losas <sup>(1)</sup>		2,0	1,8
Forjados unidireccionales	Nervios <sup>(2)</sup>	4,0	3,0
	Armadura de reparto perpendicular a los nervios <sup>(3)</sup>	1,4	1,1
	Armadura de reparto paralela a los nervios <sup>(3)</sup>	0,7	0,6
Vigas <sup>(4)</sup>		3,3	2,8
Muros <sup>(5)</sup>	Armadura horizontal	4,0	3,2
	Armadura vertical	1,2	0,9

Tabla 14. Cuantías geométricas mínimas, en tanto por mil, referidas a la sección total de hormigón  
(Fuente: EHE, Tabla 42.3.5)

Con lo que, teniendo un área total de hormigón de  $A_c=13\text{m}^2$  calculamos el total de armadura a disponer:

$$A_{s,v,min}^{tracción} = \frac{0,9}{1000} \cdot 13 = 0,0117 \text{ m}^2 \rightarrow 117 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,v,min}^{compresión} = 0,3 \cdot 0,0117 = 0,00351 \text{ m}^2 \rightarrow 35,1 \text{ cm}^2$$

En cuanto a la armadura mecánica mínima se puede decir que no es necesaria, debido a que ninguna parte de la sección de nuestro muro se encuentra traccionada.

Por lo tanto, para la armadura geométrica vertical de tracción se dispondrán 59 redondos del 16, con una separación de 22 cm y para el de compresión 49 redondos del 10 cada 27 cm.

❖ Armadura horizontal

La armadura geométrica mínima horizontal, teniendo  $A_c=7,5 \text{ m}^2$  viene en nuestro caso dada por:

$$A_{s,min} = \frac{2}{1000} \cdot 7,5 = 0,015 \text{ m}^2 \rightarrow 150 \text{ cm}^2$$

Que para cada lado del muro tenemos  $75 \text{ cm}^2$ , por lo que a cada lado del muro se dispondrían 25 redondos del 16 (es decir un total de 50) cada 28 cm.

La armadura mínima de cortante según el apartado 9.2 del Eurocódigo 2 viene dada por:

$$\frac{A_{sw}}{s} \geq \frac{b_w \cdot \sin \alpha \cdot f_{ctm}}{7,5 \cdot f_{yk}}$$

Que teniendo en cuenta que  $b_w = 1 \text{ m}$ ,  $\alpha = 90^\circ$ ,  $f_{ctm} = 3,21 \text{ MPa}$  y  $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$ , siendo  $s$  la separación y que se van a disponer redondos del 6 con 26 ramas para cumplir la separación máxima entre estas de 500 mm:

$$\frac{\pi \cdot 3^2 \cdot 26}{s} \geq \frac{1 \cdot 1 \cdot 3,21}{7,5 \cdot 500} \rightarrow s \leq 858800 \text{ mm} \rightarrow \text{Cumple}$$

Se ha tomado una separación vertical de las armaduras de cortante de 0,6 m, por lo que el área total de armadura de cortante es de  $58,81 \text{ cm}^2$ .

### 8.3.2. Zapata

Al verse la zapata sometida a tracciones se ha llevado a cabo un dimensionamiento de las armaduras según lo estipulado en el artículo 42 y 58.4.2.1.1 de la EHE-08, donde se impone el dimensionamiento de una sección de la zapata descrita por la siguiente imagen:

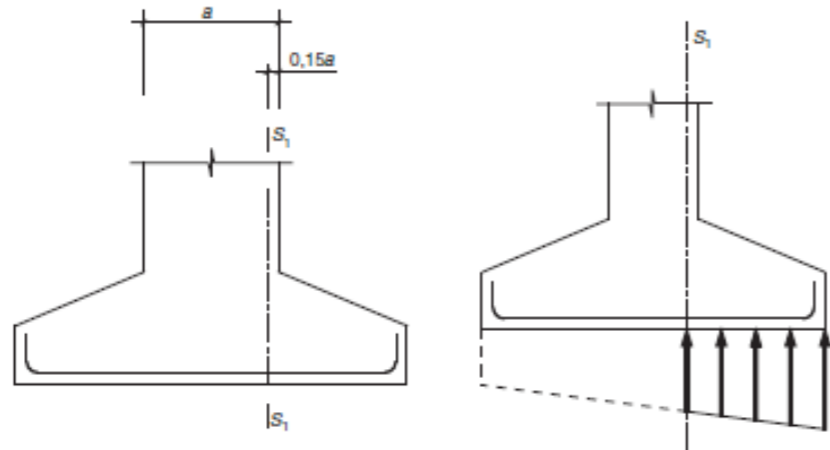


Imagen 25. Sección de referencia para cálculo a flexión simple (Fuente: EHE-08, Figura 58.4.2.1.1.a-b)

Para cada dimensión de nuestra zapata se ha realizado el cálculo, donde se han obtenido unos momentos los cuales son los necesarios para el dimensionamiento de la armadura de la cara inferior, transversal y longitudinal. Para el dimensionamiento se ha utilizado un excel, el cual ha arrojado los siguientes resultados:

DATOS DE PARTIDA			
- Características de los materiales			
$f_{ck}$	35	MPa	$\gamma_c$ = 1,5
$f_{yk}$	500	MPa	$\gamma_s$ = 1,15
- Geometría		- Esfuerzos de cálculo	
b =	5	m	$N_{Ed}$ = 0 kN
h =	0,7	m	$M_{Ed}$ = 5391 kN
$r_{mec, trac}$	0,09	m	
$r_{mec, comp}$	0,09	m	
RESULTADOS:			
$A_s$	217,75	cm <sup>2</sup>	
$A_s'$	0,00	cm <sup>2</sup>	

Imagen 26. Resultados Excel dimensionamiento para la armadura longitudinal inferior de la zapata (Fuente: Elaboración propia)

DATOS DE PARTIDA			
- Características de los materiales			
$f_{ck}$	35	MPa	$\gamma_c$ = 1,5
$f_{yk}$	500	MPa	$\gamma_s$ = 1,15
- Geometría		- Esfuerzos de cálculo	
b =	15	m	$N_{Ed}$ = 0 kN
h =	0,7	m	$M_{Ed}$ = 18631,48 kN
$r_{mec, trac}$	0,09	m	
$r_{mec, comp}$	0,09	m	
RESULTADOS:			
$A_s$	761,55	cm <sup>2</sup>	
$A_s'$	0,00	cm <sup>2</sup>	

Imagen 27. Resultados Excel dimensionamiento para la armadura transversal inferior de la zapata (Fuente: Elaboración propia)

Con estos resultados podemos determinar las armaduras necesarias en la cara inferior de nuestra zapata. Para la armadura longitudinal se han dispuesto 28 redondos del 32 a una distancia de 18 cm y para la transversal 95 redondos del 32 a una distancia de 16 cm entre sí.

Para la armadura mínima geométrica se va a emplear el artículo 42.3.5. de la EHE donde se estipula que para zapatas debe disponerse una cuantía mínima del 1,8 por mil, siendo está repartida en partes iguales entre la cara superior e inferior de la zapata, aunque en este caso únicamente se tendría en cuenta para la cara superior de esta, por lo que:

$$A_{sgeomín}^{Longitudinal} = \frac{1,8}{1000} \cdot A_c = 63 \text{ cm}^2 / 2 \text{ caras} = 31,5 \text{ cm}^2$$

$$A_{sgeomín}^{Transversal} = \frac{1,8}{1000} \cdot A_c = 189 \text{ cm}^2 / 2 \text{ caras} = 94,5 \text{ cm}^2$$



A partir de los resultados de armadura mínima geométrica obtenidos y teniendo en cuenta que la norma estipula que las armaduras de la cara superior deben estar dispuestas en el mismo plano vertical que sus homologas de la cara inferior se han dispuesto para la armadura inferior longitudinal 28 redondos del 12 a una distancia de 18 cm y para la armadura inferior transversal 95 redondos del 12 cada 16 cm.

### 9. CONCLUSIONES

Para dimensionar las distintas secciones se ha utilizado un método de prueba y error, es decir, se introdujeron al programa SAP2000 una serie de secciones predimensionadas manualmente, y una vez introducidas las cargas se comprobaron y redimensionaron hasta presentar una resistencia suficiente.

Con todas las combinaciones de acciones generadas se han escogido las más desfavorables para la estructura con el fin de estar en el lado de la seguridad, destacando entre ellas la combinación ELU4067, la cual además de dar los valores de flecha máxima ha sido la mayoritariamente escogida para realizar las comprobaciones de resistencia.

Además, se ha recurrido a la combinación ELS frecuente establecida en la IAP-11 para el cálculo de la flecha máxima, que en nuestro caso al tratarse de un puente de carretera es de 1/1000.

Pese a no haber tenido en cuenta todas las acciones que dicta la IAP-11 debido al alcance del proyecto se ha puesto a prueba la estructura mediante la serie de acciones descritas en el anejo, con las que hemos comprobado todas las resistencias de las diferentes secciones se puede llegar a la conclusión de que la estructura soportará las cargas a las que se verá sometida durante su vida útil.

En cuanto a las cimentaciones se puede decir que cumplen con todas las condiciones de hundimiento, deslizamiento, vuelco, integridad del elemento constructivo, asiento máximo y estabilidad global. El diseño de las armaduras ha sido realizado conforme a la normativa, comprobándose así su eficacia estructural.

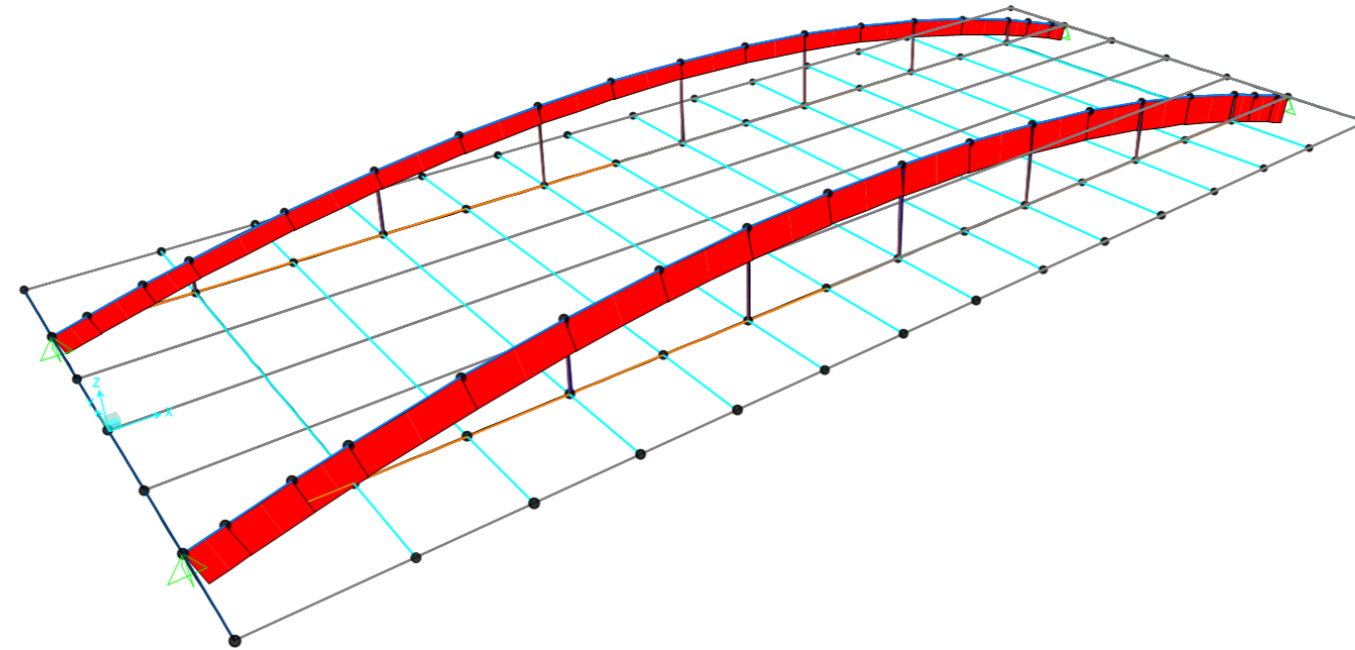






A continuación, se van a mostrar todos los diagramas correspondientes a la combinación ELU4067 extraídos del modelo en SAP2000:

**DIAGRAMA ESFUERZOS AXILES:**



**DIAGRAMA ESFUERZOS CORTANTES:**

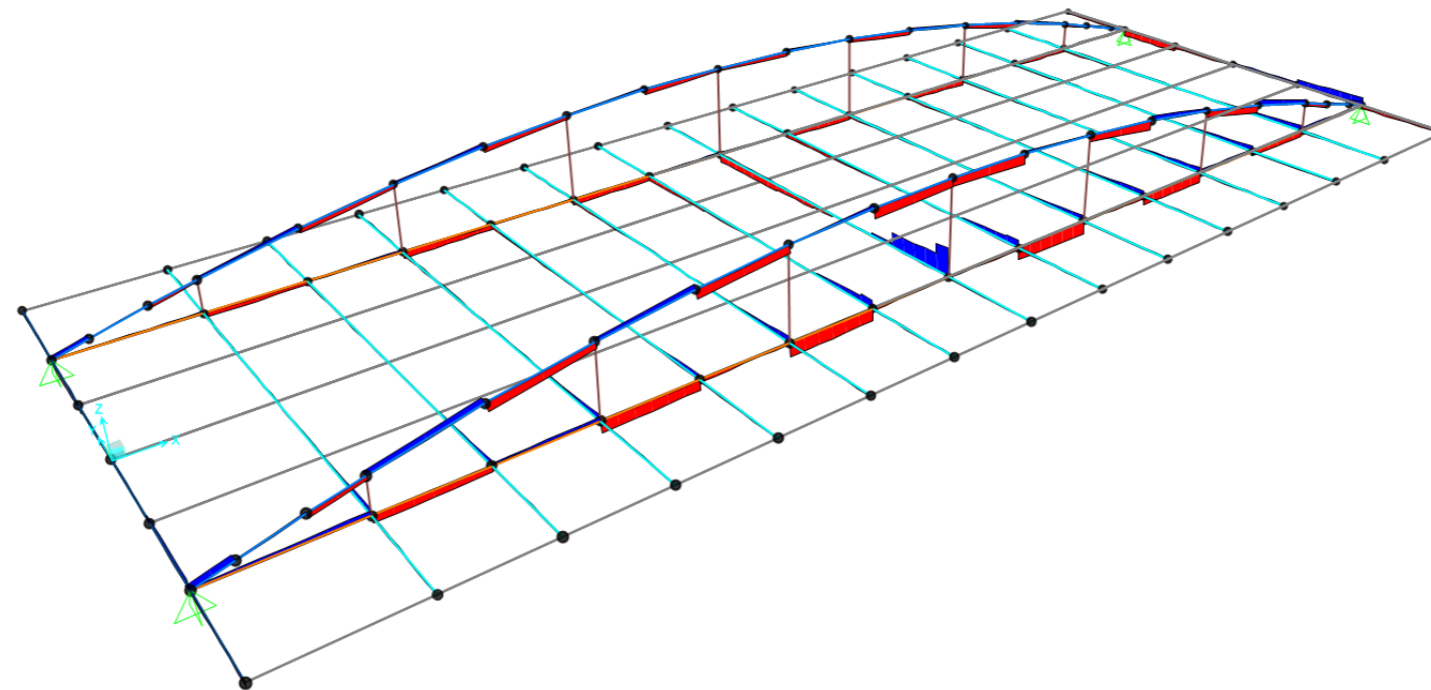




DIAGRAMA MOMENTOS FLECTORES EN EJE DÉBIL (Z):

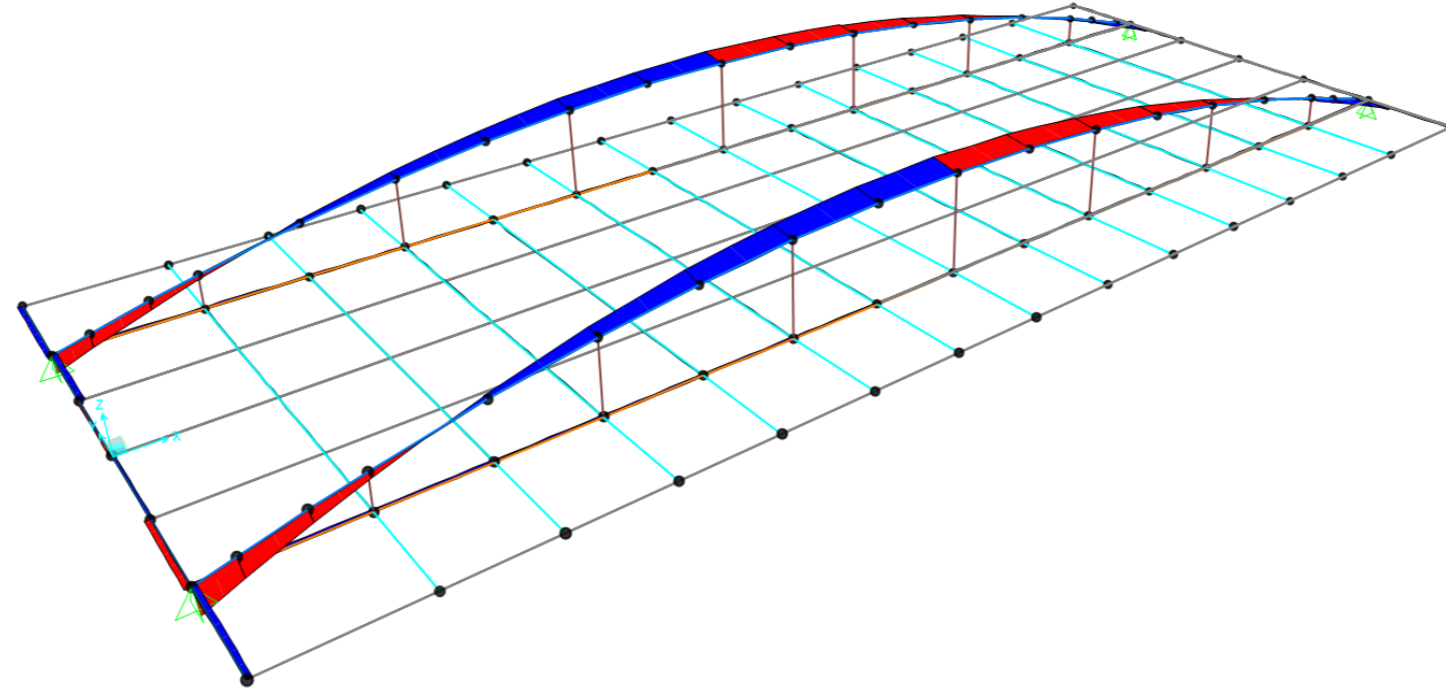
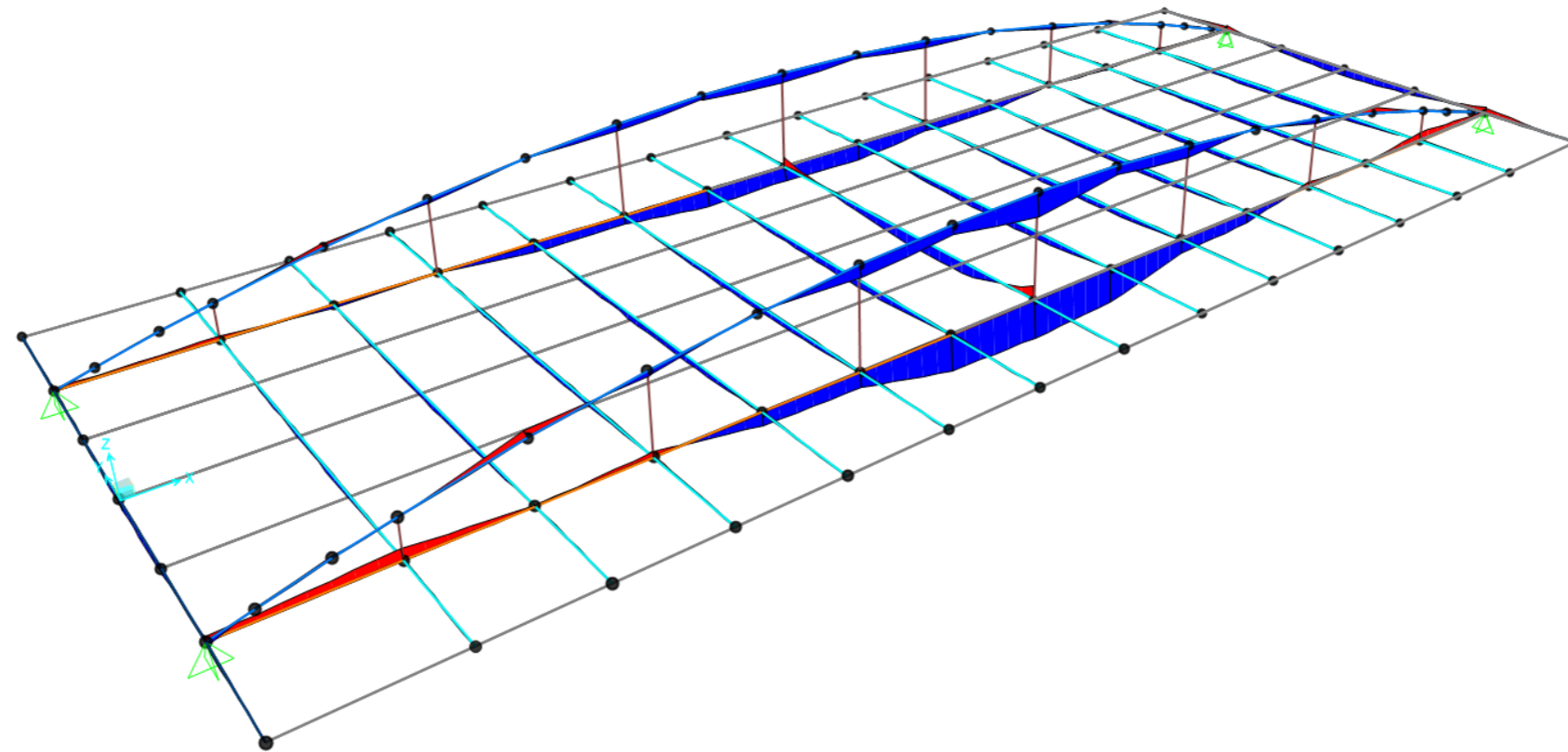


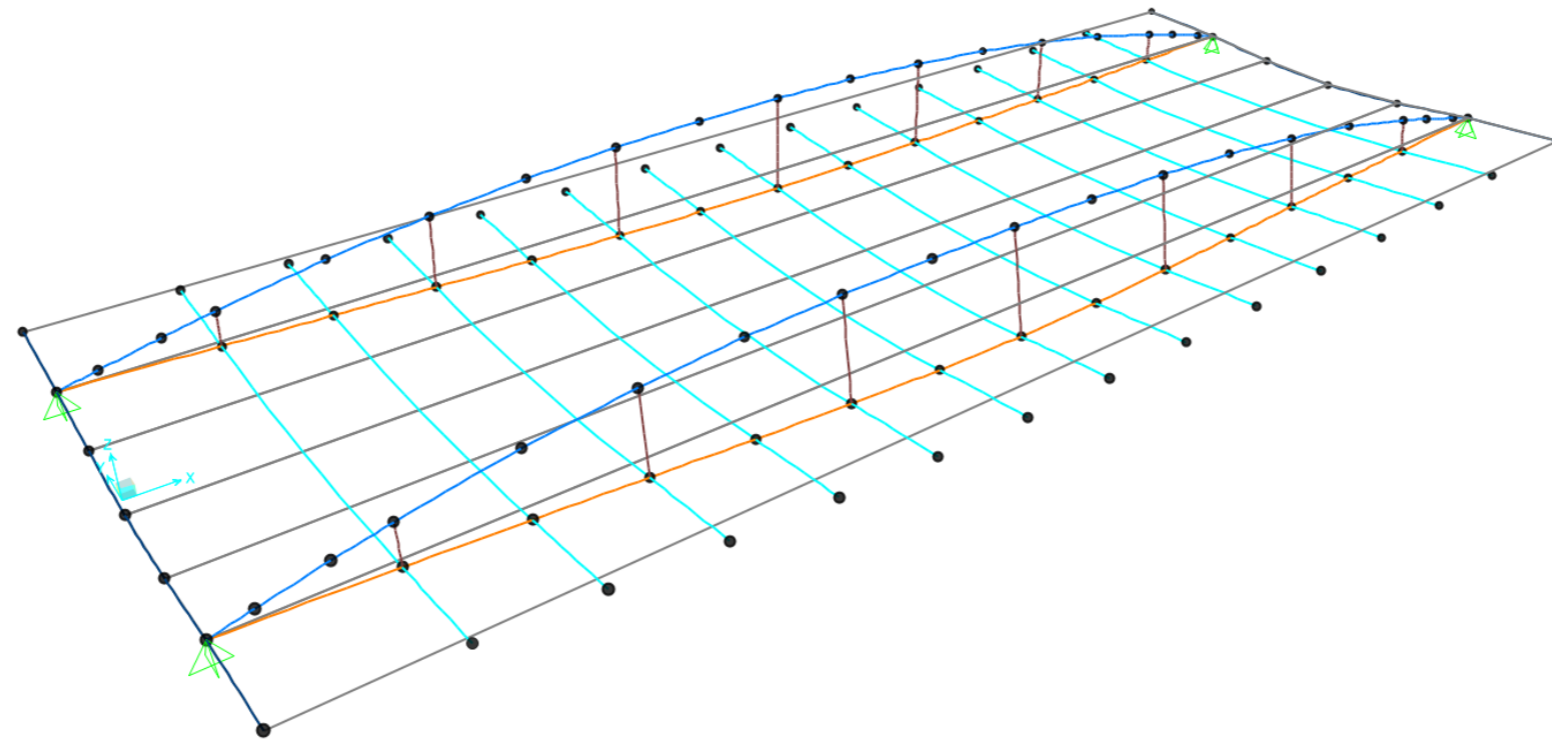
DIAGRAMA MOMENTOS FLECTORES EN EJE FUERTE (Y):



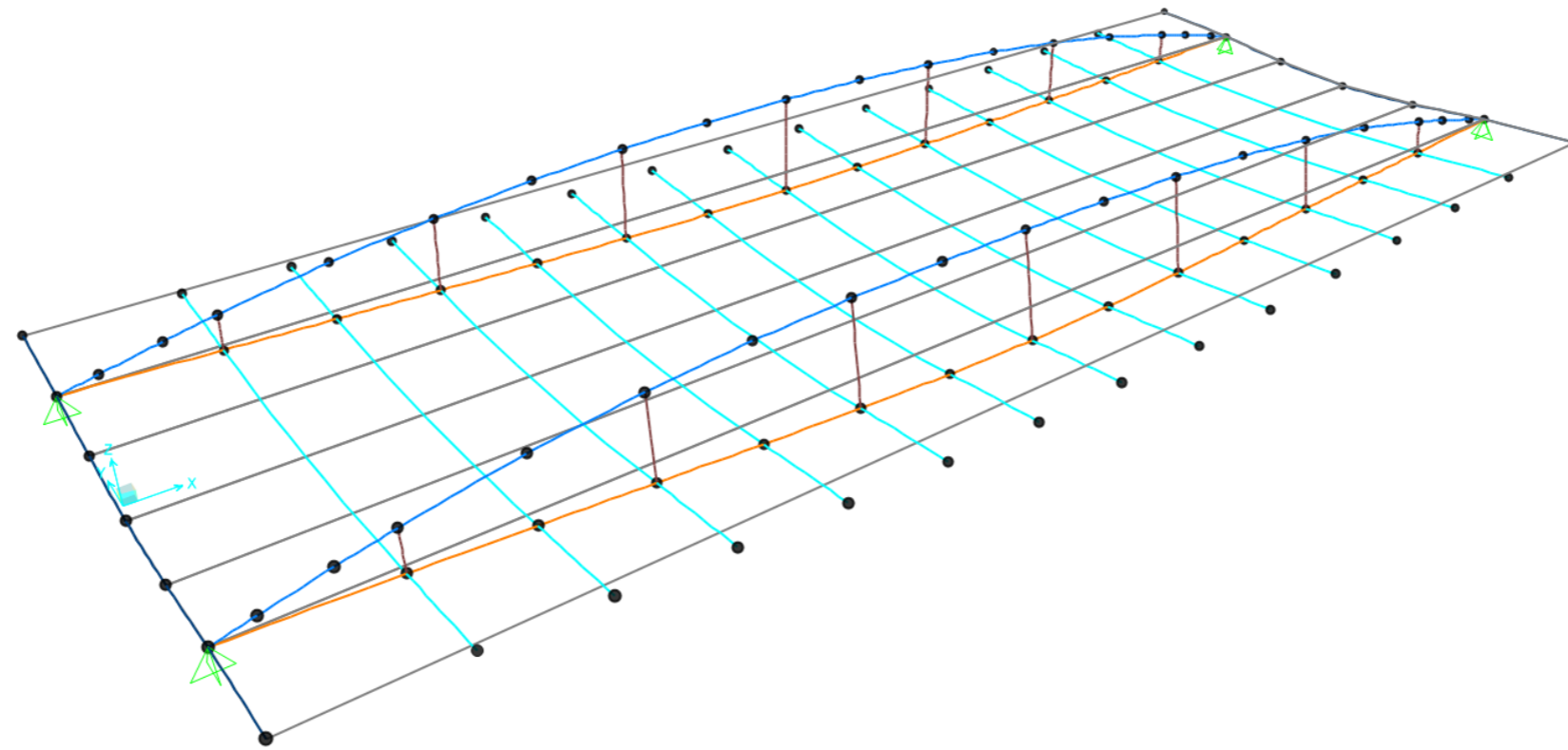




DEFORMADA ELU4067:



DEFORMADA ELS Deformaciones:







DESPLAZAMIENTOS DE NUDOS PARA LA COMBINACIÓN ELU4067:

TABLE: Joint Displacements					
Joint	OutputCase	CaseType	U1	U2	U3
Text	Text	Text	m	m	m
1	4067ELUPersistente	Combination	0	0	0
2	4067ELUPersistente	Combination	0	0	0
3	4067ELUPersistente	Combination	0	0	0
4	4067ELUPersistente	Combination	0	0	0
6	4067ELUPersistente	Combination	1,41868E-06	-1,21098E-06	-0,021990861
7	4067ELUPersistente	Combination	-4,76508E-05	-5,94463E-07	-0,014650206
10	4067ELUPersistente	Combination	-1,41868E-06	-1,21098E-06	-0,021990861
15	4067ELUPersistente	Combination	5,92682E-05	0,001415013	-0,002441951
16	4067ELUPersistente	Combination	0,000126372	0,003868173	-0,006430823
17	4067ELUPersistente	Combination	0,00033035	0,006086637	-0,010120077
18	4067ELUPersistente	Combination	0,000691492	0,010505712	-0,018121228
19	4067ELUPersistente	Combination	0,001342498	0,014201266	-0,028055643
20	4067ELUPersistente	Combination	0,001574069	0,017090333	-0,037114589
21	4067ELUPersistente	Combination	0,001419091	0,019091977	-0,045653417
22	4067ELUPersistente	Combination	0,000832334	0,020308787	-0,0513046
23	4067ELUPersistente	Combination	-2,41861E-12	0,020706857	-0,053785132
24	4067ELUPersistente	Combination	0,000242276	-0,002484218	-0,004680933
25	4067ELUPersistente	Combination	-0,000126372	0,003868173	-0,006430823
26	4067ELUPersistente	Combination	-0,000242276	-0,002484218	-0,004680933
32	4067ELUPersistente	Combination	-0,000106788	-0,001108516	-0,001797241
34	4067ELUPersistente	Combination	-0,000430779	-0,003398512	-0,007262547
35	4067ELUPersistente	Combination	-0,000716659	-0,004809924	-0,012619787
36	4067ELUPersistente	Combination	-0,001088485	-0,005813626	-0,018717977
37	4067ELUPersistente	Combination	-0,00114897	-0,006579567	-0,023876806
38	4067ELUPersistente	Combination	-0,000964296	-0,00710163	-0,028438444
39	4067ELUPersistente	Combination	-0,000539336	-0,007451268	-0,031203153
40	4067ELUPersistente	Combination	-1,94649E-12	-0,007575348	-0,032380928
45	4067ELUPersistente	Combination	9,18E-08	0,000274361	-0,010228306
46	4067ELUPersistente	Combination	-9,18E-08	0,000274507	-0,007326709
51	4067ELUPersistente	Combination	1,22917E-07	0,000430526	-0,019183521
52	4067ELUPersistente	Combination	-1,22917E-07	0,00043054	-0,01324838
57	4067ELUPersistente	Combination	1,26233E-07	0,000550637	-0,028323147
58	4067ELUPersistente	Combination	-1,26233E-07	0,000550628	-0,018879361
63	4067ELUPersistente	Combination	1,09588E-07	0,00063942	-0,037823741
64	4067ELUPersistente	Combination	-1,09588E-07	0,000639417	-0,024318324
69	4067ELUPersistente	Combination	7,94717E-08	0,000700371	-0,045964471
70	4067ELUPersistente	Combination	-7,94717E-08	0,000700371	-0,028628442
75	4067ELUPersistente	Combination	4,13632E-08	0,000735923	-0,052121474

76	4067ELUPersistente	Combination	-4,13632E-08	0,000735923	-0,031673273
81	4067ELUPersistente	Combination	-2,866E-16	0,000747581	-0,054285678
82	4067ELUPersistente	Combination	2,866E-16	0,000747582	-0,032633815
87	4067ELUPersistente	Combination	-4,13632E-08	0,000735923	-0,052121474
88	4067ELUPersistente	Combination	4,13632E-08	0,000735923	-0,031673273
93	4067ELUPersistente	Combination	-7,94717E-08	0,000700371	-0,045964471
94	4067ELUPersistente	Combination	7,94717E-08	0,000700371	-0,028628442
99	4067ELUPersistente	Combination	-1,09588E-07	0,00063942	-0,037823741
100	4067ELUPersistente	Combination	1,09588E-07	0,000639417	-0,024318324
105	4067ELUPersistente	Combination	-1,26233E-07	0,000550637	-0,028323148
106	4067ELUPersistente	Combination	1,26233E-07	0,000550628	-0,018879361
108	4067ELUPersistente	Combination	4,76914E-05	-5,75763E-07	-0,014257964
109	4067ELUPersistente	Combination	-4,76914E-05	-5,75763E-07	-0,014257964
112	4067ELUPersistente	Combination	0,000430779	-0,003398512	-0,007262547
113	4067ELUPersistente	Combination	0,000106788	-0,001108517	-0,00179724
115	4067ELUPersistente	Combination	0,000716659	-0,004809924	-0,012619787
116	4067ELUPersistente	Combination	0,001088485	-0,005813626	-0,018717977
117	4067ELUPersistente	Combination	0,00114897	-0,006579568	-0,023876806
118	4067ELUPersistente	Combination	0,000964296	-0,00710163	-0,028438444
119	4067ELUPersistente	Combination	0,000539336	-0,007451268	-0,031203153
120	4067ELUPersistente	Combination	-5,92682E-05	0,001415013	-0,002441951
122	4067ELUPersistente	Combination	-0,00033035	0,006086637	-0,010120077
123	4067ELUPersistente	Combination	-0,000691492	0,010505712	-0,018121228
124	4067ELUPersistente	Combination	-0,001342498	0,014201267	-0,028055643
125	4067ELUPersistente	Combination	-0,001574069	0,017090333	-0,037114589
126	4067ELUPersistente	Combination	-0,001419091	0,019091977	-0,045653417
127	4067ELUPersistente	Combination	-0,000832334	0,020308787	-0,0513046
129	4067ELUPersistente	Combination	3,18042E-05	-4,6571E-07	0,010658958
130	4067ELUPersistente	Combination	-3,19439E-05	-4,67756E-07	0,011133782
133	4067ELUPersistente	Combination	0,000199066	0,000274361	0,000657304
134	4067ELUPersistente	Combination	-0,00019886	0,000274507	0,005672464
135	4067ELUPersistente	Combination	0,000155204	0,000430526	-0,009457573
136	4067ELUPersistente	Combination	-0,000155121	0,00043054	-0,00022618
137	4067ELUPersistente	Combination	0,000117386	0,000550637	-0,019399548
138	4067ELUPersistente	Combination	-0,000117385	0,000550628	-0,005303327
139	4067ELUPersistente	Combination	8,41607E-05	0,00063942	-0,02918622
140	4067ELUPersistente	Combination	-8,41668E-05	0,000639417	-0,00976454
141	4067ELUPersistente	Combination	5,42403E-05	0,000700371	-0,03693296
142	4067ELUPersistente	Combination	-5,42417E-05	0,000700371	-0,01280359
143	4067ELUPersistente	Combination	2,65162E-05	0,000735923	-0,041780407
144	4067ELUPersistente	Combination	-2,6516E-05	0,000735923	-0,014396678



145	4067ELUPersistente	Combination	-1,1496E-13	0,000747581	-0,042068694
146	4067ELUPersistente	Combination	1,15183E-13	0,000747582	-0,014137508
147	4067ELUPersistente	Combination	-2,65162E-05	0,000735923	-0,041780407
148	4067ELUPersistente	Combination	2,6516E-05	0,000735923	-0,014396678
149	4067ELUPersistente	Combination	-5,42403E-05	0,000700371	-0,03693296
150	4067ELUPersistente	Combination	5,42417E-05	0,000700371	-0,01280359
151	4067ELUPersistente	Combination	-8,41607E-05	0,00063942	-0,02918622
152	4067ELUPersistente	Combination	8,41668E-05	0,000639417	-0,00976454
153	4067ELUPersistente	Combination	-0,000117386	0,000550637	-0,019399548
154	4067ELUPersistente	Combination	0,000117385	0,000550628	-0,005303327
155	4067ELUPersistente	Combination	-1,22917E-07	0,000430526	-0,019183521
156	4067ELUPersistente	Combination	-0,000155204	0,000430526	-0,009457573
157	4067ELUPersistente	Combination	1,22917E-07	0,00043054	-0,01324838
158	4067ELUPersistente	Combination	0,000155121	0,00043054	-0,00022618
159	4067ELUPersistente	Combination	-9,18E-08	0,000274361	-0,010228306
160	4067ELUPersistente	Combination	-0,000199066	0,000274361	0,000657304
161	4067ELUPersistente	Combination	9,18E-08	0,000274507	-0,007326709
162	4067ELUPersistente	Combination	0,00019886	0,000274507	0,005672464
167	4067ELUPersistente	Combination	-3,18042E-05	-4,6571E-07	0,010658958
168	4067ELUPersistente	Combination	3,19439E-05	-4,67756E-07	0,011133782
184	4067ELUPersistente	Combination	4,76508E-05	-5,94463E-07	-0,014650206

DESPLAZAMIENTOS DE NUDOS PARA LA COMBINACIÓN ELS frecuente deformaciones:

TABLE: Joint Displacements					
Joint	OutputCase	CaseType	U1	U2	U3
Text	Text	Text	m	m	m
1	DEF ELS FREC	Combination	0	0	0
2	DEF ELS FREC	Combination	0	0	0
3	DEF ELS FREC	Combination	0	0	0
4	DEF ELS FREC	Combination	0	0	0
6	DEF ELS FREC	Combination	-4,48753E-14	4,06854E-15	-0,00471928
7	DEF ELS FREC	Combination	3,77684E-13	2,64797E-14	-0,003433326
10	DEF ELS FREC	Combination	4,73418E-14	1,09365E-14	-0,00471928
15	DEF ELS FREC	Combination	-7,89231E-05	0,000423414	-0,000598671
16	DEF ELS FREC	Combination	-0,000195094	0,001065834	-0,001634332
17	DEF ELS FREC	Combination	-0,000205467	0,001591451	-0,002722141
18	DEF ELS FREC	Combination	-0,000141092	0,002569683	-0,005495676
19	DEF ELS FREC	Combination	0,000182517	0,003358108	-0,00975548
20	DEF ELS FREC	Combination	0,000407738	0,003971328	-0,014250362
21	DEF ELS FREC	Combination	0,000472097	0,004394742	-0,018870996
22	DEF ELS FREC	Combination	0,000313595	0,00465755	-0,022245333
23	DEF ELS FREC	Combination	7,86734E-14	0,004745153	-0,023754098
24	DEF ELS FREC	Combination	-7,07344E-05	-0,001112453	-0,000912059
25	DEF ELS FREC	Combination	0,000195094	0,001065834	-0,001634332
26	DEF ELS FREC	Combination	7,07344E-05	-0,001112453	-0,000912059
32	DEF ELS FREC	Combination	2,80217E-05	-0,000441933	-0,000338614
34	DEF ELS FREC	Combination	6,58831E-05	-0,00166106	-0,001494777
35	DEF ELS FREC	Combination	2,32825E-05	-0,002682078	-0,002927801
36	DEF ELS FREC	Combination	-0,000133993	-0,003504989	-0,005032134
37	DEF ELS FREC	Combination	-0,000231972	-0,00414503	-0,007174295
38	DEF ELS FREC	Combination	-0,000248464	-0,004586963	-0,0093213
39	DEF ELS FREC	Combination	-0,000158441	-0,004861267	-0,010826674
40	DEF ELS FREC	Combination	-6,73754E-14	-0,004952701	-0,011494034
45	DEF ELS FREC	Combination	-1,69098E-16	-3,83406E-12	-0,002768851
46	DEF ELS FREC	Combination	1,69098E-16	-3,6636E-12	-0,001517939
51	DEF ELS FREC	Combination	1,30777E-16	-5,37963E-12	-0,005951726
52	DEF ELS FREC	Combination	-1,30777E-16	-5,363E-12	-0,003153678
57	DEF ELS FREC	Combination	6,59234E-16	-6,19525E-12	-0,009866357
58	DEF ELS FREC	Combination	-6,59234E-16	-6,20479E-12	-0,005088533
63	DEF ELS FREC	Combination	1,26964E-15	-6,40397E-12	-0,014530428
64	DEF ELS FREC	Combination	-1,26964E-15	-6,40726E-12	-0,007322695
69	DEF ELS FREC	Combination	1,85568E-15	-6,13298E-12	-0,019001516
70	DEF ELS FREC	Combination	-1,85568E-15	-6,13294E-12	-0,009390756
75	DEF ELS FREC	Combination	2,34327E-15	-5,50713E-12	-0,022629698



76	DEF ELS FREC	Combination	-2,34327E-15	-5,50686E-12	-0,011023002	146	DEF ELS FREC	Combination	-1,07773E-12	-4,6377E-12	0,004100289
81	DEF ELS FREC	Combination	2,68439E-15	-4,63776E-12	-0,024028446	147	DEF ELS FREC	Combination	1,18892E-12	-3,62381E-12	-0,011480237
82	DEF ELS FREC	Combination	-2,68439E-15	-4,6377E-12	-0,011620958	148	DEF ELS FREC	Combination	-1,1889E-12	-3,62382E-12	0,003126697
87	DEF ELS FREC	Combination	2,85647E-15	-3,62381E-12	-0,022629698	149	DEF ELS FREC	Combination	1,19733E-12	-2,55675E-12	-0,009700995
88	DEF ELS FREC	Combination	-2,85647E-15	-3,62382E-12	-0,011023002	150	DEF ELS FREC	Combination	-1,19732E-12	-2,55675E-12	0,002939966
93	DEF ELS FREC	Combination	2,84171E-15	-2,55675E-12	-0,019001516	151	DEF ELS FREC	Combination	1,10106E-12	-1,52781E-12	-0,006436831
94	DEF ELS FREC	Combination	-2,84171E-15	-2,55675E-12	-0,009390756	152	DEF ELS FREC	Combination	-1,10095E-12	-1,52787E-12	0,003358988
99	DEF ELS FREC	Combination	2,62933E-15	-1,52781E-12	-0,014530428	153	DEF ELS FREC	Combination	8,94145E-13	-6,31761E-13	-0,002586229
100	DEF ELS FREC	Combination	-2,62933E-15	-1,52787E-12	-0,007322695	154	DEF ELS FREC	Combination	-8,94171E-13	-6,31912E-13	0,004113897
105	DEF ELS FREC	Combination	2,22544E-15	-6,31761E-13	-0,009866357	155	DEF ELS FREC	Combination	1,65584E-15	2,94365E-14	-0,005951726
106	DEF ELS FREC	Combination	-2,22544E-15	-6,31912E-13	-0,005088533	156	DEF ELS FREC	Combination	5,66092E-13	2,94365E-14	0,000704011
108	DEF ELS FREC	Combination	-2,37307E-13	2,12507E-14	-0,003381895	157	DEF ELS FREC	Combination	-1,65584E-15	2,97013E-14	-0,003153678
109	DEF ELS FREC	Combination	2,41661E-13	-1,45821E-14	-0,003381895	158	DEF ELS FREC	Combination	-5,67623E-13	2,97013E-14	0,004737183
112	DEF ELS FREC	Combination	-6,58831E-05	-0,00166106	-0,001494777	159	DEF ELS FREC	Combination	9,69891E-16	3,42488E-13	-0,002768851
113	DEF ELS FREC	Combination	-2,80217E-05	-0,000441933	-0,000338614	160	DEF ELS FREC	Combination	1,02603E-13	3,42488E-13	0,003294821
115	DEF ELS FREC	Combination	-2,32825E-05	-0,002682078	-0,002927801	161	DEF ELS FREC	Combination	-9,69891E-16	3,45202E-13	-0,001517939
116	DEF ELS FREC	Combination	0,000133993	-0,003504989	-0,005032134	162	DEF ELS FREC	Combination	-1,06417E-13	3,45202E-13	0,005203841
117	DEF ELS FREC	Combination	0,000231972	-0,00414503	-0,007174295	167	DEF ELS FREC	Combination	2,27335E-13	-3,22134E-14	0,004943812
118	DEF ELS FREC	Combination	0,000248464	-0,004586963	-0,0093213	168	DEF ELS FREC	Combination	-1,47606E-13	-2,47002E-14	0,005169723
119	DEF ELS FREC	Combination	0,000158441	-0,004861267	-0,010826674	184	DEF ELS FREC	Combination	-3,24667E-13	-1,86322E-14	-0,003433326
120	DEF ELS FREC	Combination	7,89231E-05	0,000423414	-0,000598671						
122	DEF ELS FREC	Combination	0,000205467	0,001591451	-0,002722141						
123	DEF ELS FREC	Combination	0,000141092	0,002569683	-0,005495676						
124	DEF ELS FREC	Combination	-0,000182517	0,003358108	-0,00975548						
125	DEF ELS FREC	Combination	-0,000407738	0,003971328	-0,014250362						
126	DEF ELS FREC	Combination	-0,000472097	0,004394742	-0,018870996						
127	DEF ELS FREC	Combination	-0,000313595	0,00465755	-0,022245333						
129	DEF ELS FREC	Combination	-2,50721E-13	3,92136E-14	0,004943812						
130	DEF ELS FREC	Combination	1,65281E-13	2,92818E-14	0,005169723						
133	DEF ELS FREC	Combination	-2,24427E-12	-3,83406E-12	0,003294821						
134	DEF ELS FREC	Combination	2,48389E-12	-3,6636E-12	0,005203841						
135	DEF ELS FREC	Combination	-1,3102E-12	-5,37963E-12	0,000704011						
136	DEF ELS FREC	Combination	1,40639E-12	-5,363E-12	0,004737183						
137	DEF ELS FREC	Combination	-5,61444E-13	-6,19525E-12	-0,002586229						
138	DEF ELS FREC	Combination	5,63106E-13	-6,20479E-12	0,004113897						
139	DEF ELS FREC	Combination	5,32533E-14	-6,40397E-12	-0,006436831						
140	DEF ELS FREC	Combination	-6,02704E-14	-6,40726E-12	0,003358988						
141	DEF ELS FREC	Combination	5,23543E-13	-6,13298E-12	-0,009700995						
142	DEF ELS FREC	Combination	-5,25136E-13	-6,13294E-12	0,002939966						
143	DEF ELS FREC	Combination	8,6002E-13	-5,50713E-12	-0,011480237						
144	DEF ELS FREC	Combination	-8,59807E-13	-5,50686E-12	0,003126697						
145	DEF ELS FREC	Combination	1,0779E-12	-4,63776E-12	-0,010770258						





# ANEJO Nº5: EQUIPAMIENTOS

Curso 2022/2023

Grado en Ingeniería Civil

*Autores: Juan Vicente López Olivares,  
Marco Palencia Martínez*

*Tutor: Salvador Monleón Cremades*







# ÍNDICE

## ANEJO DE EQUIPAMIENTOS

1. OBJETO.....	2
2.1. Definición sistema de drenaje .....	2
2.2.2. Drenaje de la plataforma .....	3
3. BARANDILLAS.....	4
4. IMPOSTA .....	6
5. BARRERA DE CONTENCIÓN LATERAL DE VEHÍCULOS .....	6
6. PAVIMENTOS.....	7
6.1. Calzada .....	7
6.2. Acera .....	8
6.3. Carril bici .....	8

## 1. OBJETO

El objeto del presente anejo es establecer los componentes que integran los equipamientos de la obra, los cuales resultan esenciales para su funcionamiento óptimo. Estos elementos, si bien no constituyen parte de su estructura fundamental, son cruciales para garantizar la seguridad, el confort y la funcionalidad requeridos.

En este anejo, se presentarán únicamente los equipos seleccionados, sin profundizar en el análisis detallado de sus soluciones. El criterio primordial para la elección de los equipos idóneos ha sido su durabilidad y su capacidad para asegurar la seguridad de los usuarios, todo ello acompañado de un nivel razonable de gastos de mantenimiento.

## 2. DRENAJE

### 2.1. Definición sistema de drenaje

El puente presenta pendientes de entrada y salida del 1% y -1% manteniendo un nivel de 0% en el punto central. Esta disposición resulta en un sistema de drenaje dividido en secciones izquierda y derecha, extendiéndose a lo largo de 22 metros en ambos lados.

La evacuación de agua en la calzada se llevará a cabo mediante canales formados por elementos prefabricados de baja rugosidad, los cuales guiarán el flujo hacia los imbornales. Estos imbornales, a su vez, dirigirán el agua a través de tubos de PVC que desaguarán directamente en la rambla.

Por otro lado, en cuanto a la evacuación del agua en el carril bici y la acera se dispondrá de un hueco en la imposta para que el agua pueda circular y evacuar la vía de agua.

Los cálculos han sido desarrollados siguiendo las pautas establecidas en la "Instrucción de drenaje Superficial 5.2 IC", en consonancia con los valores correspondientes a las "Máximas lluvias diarias en España peninsular" según el Ministerio de Fomento.

### 2.2. Cálculo sistema de drenaje

#### 2.2.1. Caudal de referencia

En primer lugar, se procederá a determinar la precipitación diaria máxima siguiendo las indicaciones que aparecen en el documento "Máximas lluvias diarias en España peninsular" al igual que se hizo en el Anejo de Estudio Hidrológico. Para un periodo de retorno de 25 años se obtienen los siguientes valores:

$C_v$  (coeficiente de variación) = 0.51

$Y_T$  (factor de ampliación) = 2.068

$P_m$  (valor medio de precipitación diaria) = 43 mm/día

$P_d$  (precipitación total diaria para un periodo de 25 años) = 88.24 mm/día

Ahora se procederá con el cálculo de la intensidad media de precipitación para un periodo de retorno de 25 años que se obtiene mediante la siguiente fórmula, la cual está sacada de la "Instrucción de drenaje Superficial 5.2 IC".

$$I_T = I_d \left( \frac{I_1}{I_d} \right)^{\frac{28^{0.1} - T^{0.1}}{28^{0.1} - 1}}, \quad I_d = \frac{P_d}{24}$$

Donde:

- ❖  $I_d$  (mm/h): Intensidad media diaria de precipitación corregida correspondiente al período de retorno T.
- ❖  $I_1/I_d$  (adimensional): Índice de torrencialidad que expresa la relación entre la intensidad de precipitación horaria y la media diaria corregida.
- ❖  $P_d$  (mm): precipitación total diaria correspondiente al periodo de retorno considerado
- ❖ T (horas): tiempo de concentración

Primero se deberá calcular el tiempo de concentración mediante la siguiente ecuación:

$$T = 0.3 \left( \frac{L}{J^{1/4}} \right)^{0.76} \geq 0.0833$$

Donde:

- ❖ L (km): longitud del cauce
- ❖ J (m/m): pendiente media del cauce principal
- ❖ Para nuestro caso tendremos una longitud del flujo igual a 44m que es la propia longitud del tablero y una pendiente media del 1%, con todo esto se obtiene el siguiente tiempo de concentración:
- ❖ T = 0.067

Como es menor que 0.0833 se tomará este valor.

A continuación, se calcula el valor de la intensidad media de precipitación mediante la ecuación mostrada previamente.

$I_T = 154.97$  mm/h

Se procede al cálculo del coeficiente de escorrentía con la fórmula que se muestra a continuación:

$$C = \frac{[(P_d/P_o) - 1] * [(P_d/P_o) + 23]}{[(P_d/P_o) + 11]^2} = 0.98558$$

Donde:

- ❖ C (adimensional): Coeficiente de escorrentia.
- ❖  $P_d$  (mm): Precipitaci3n diaria correspondiente al periodo de retorno T considerado.
- ❖  $P_o$  (mm): umbral de escorrentia

Se procede al c3lculo del caudal de referencia para la calzada del puente:

$$Q = \frac{C * A * I_T}{3000} = 12.32 \text{ l/s}$$

Donde:

- ❖ C (adimensional): coeficiente medio de escorrentia de la superficie drenada
- ❖ A ( $m^2$ ): 3rea de la superficie drenada (la mitad de la calzada)
- ❖  $I_T$  (mm/h): intensidad media de precipitaci3n correspondiente a un periodo de retorno de 25 a3os y a un intervalo igual al tiempo de concentraci3n T

### 2.2.2. Drenaje de la plataforma

Suponiendo que el agua alcanza su anchura m3xima admisible en  $b^* = 30 \text{ cm}$ , se determina el siguiente calado:

$$H = H_0 + \Delta H = 2.1 \text{ cm}$$

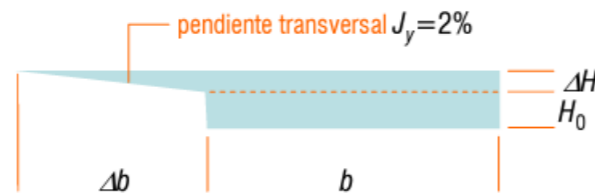


Imagen 1. Esquema de agua m3xima (Fuente: Diapositivas asignatura concepci3n de puentes)

El siguiente paso es calcular S y p de la forma siguiente:

$$S = b(H_0 + \Delta H) + \frac{\Delta H^2}{2J_y} = 0.005275 \text{ m}^2$$

$$p = b + 2H_0 + \Delta b * [J_y + (1 + J_y^2)^{0.5}] = 0.34101 \text{ m}$$

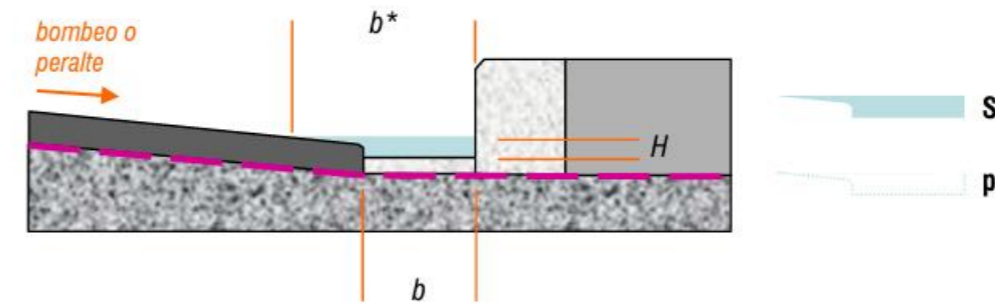


Imagen 2. Esquema de desagüe (Fuente: Diapositivas asignatura concepci3n de puentes)

Luego el caudal a desaguar por cada sumidero para  $K = 65$  y  $J_x = 0.01$  ser3:

$$q = K * J_x^{0.5} * S * (S/p)^{1.5} * 10^3 = 2.1328 \text{ l/s}$$

El n3mero de sumideros resultantes por este criterio es por lo tanto igual a:

$$Q/q = 5.78 \rightarrow 6 \text{ sumideros}$$

Como nuestro tablero tiene una longitud de 44 m se dispondr3 de un sumidero cada 7 m en este caso.

Con esta disposici3n la velocidad del agua en el caz ser3 la siguiente:

$$v = \frac{q}{S} = 0.04043 \text{ m/s}$$

### 2.2.3. Sumideros

La comprobaci3n del sumidero, disponiendo la barra en el sentido de la corriente, exige que se cumpla lo siguiente:

$$L_1 = 10 \text{ cm} \geq 9(H + D)^{0.5} * v$$

$$L_1 = 10 \text{ cm}$$

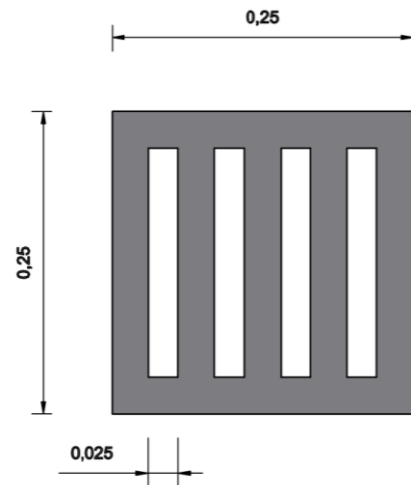


Imagen 3. Modelo del sumidero (Fuente: Elaboración propia)

Finalmente, debemos evaluar la capacidad de desagüe del sumidero seleccionado con la formula del vertedero ( $H < 12$  cm):

$$Q = \frac{P * H^{1.5}}{60} = \frac{4 * 25 * 2.1^{1.5}}{60} = 5.072 \text{ l/s} > q$$

Comprobemos ahora la capacidad de desagüe del conjunto seleccionado de la siguiente forma:

$$n * Q_1 = 6 * 5.072 = 30.43 \text{ l/s} > 2 * Q = 24.64 \text{ l/s}$$

Por la tanto se tendrá una disposición de un sumidero cada 7 m.

### 3. BARANDILLAS

Para el presente proyecto se ha realizado un diseño personalizado de la barandilla, cuidadosamente elaborado para satisfacer tanto las necesidades funcionales como las estéticas específicas de esta estructura. En este apartado, se abordarán con detalle los aspectos esenciales relacionados con los equipamientos de la barandilla en el contexto del proyecto.

Se dispondrán barandillas sobre las impostas, siendo estas de acero estructural S 275 JR, se aplicará una capa de pintura blanca para evitar posibles corrosiones y para tener una estética concordante con el resto de la estructura. La geometría de esta se muestra en la imagen 4.

Se ha considerado como carga muerta, incidiendo esta de forma lineal con un valor de 1kN/m (carga mayorada para estar del lado de la seguridad) sobre la imposta de cada uno de los extremos del puente.

A continuación, se realizará el cálculo para garantizar que cumpla con el apartado 4.1.7 de la IAP-11, este apartado dice lo siguiente:

Las fuerzas transmitidas por la barandilla al tablero dependerán de la clase de carga de la barandilla proyectada, según la EN 1317-6. En puentes y pasarelas, se adoptará una clase de carga tal que la fuerza horizontal perpendicular al elemento superior de la barandilla sea como mínimo 1,5 kN/m.

Esta fuerza horizontal se considerará actuando simultáneamente con la sobrecarga uniforme definida en el apartado 4.1.2.2.

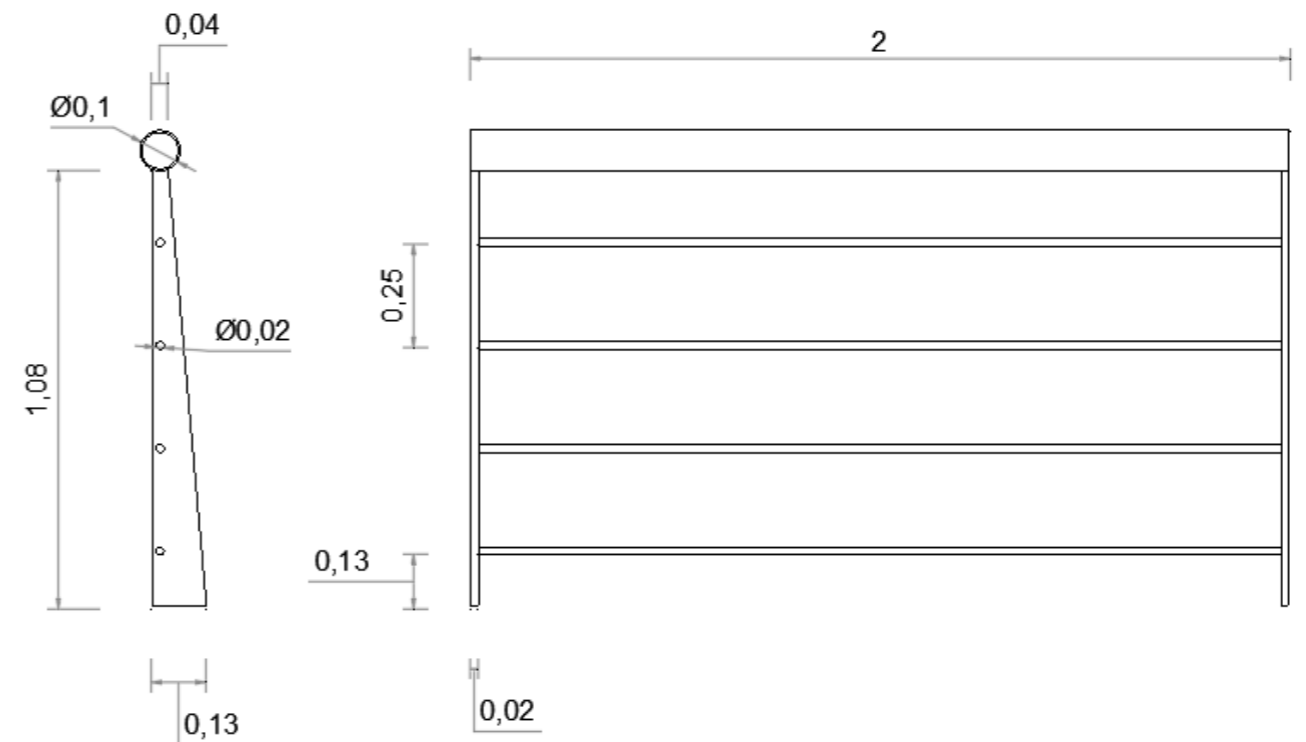


Imagen 4. Geometría barandilla sobre imposta (Fuente: Elaboración propia)



### COMPROBACIÓN DE LA SECCIÓN DEL PASAMANOS

Siendo el área de la sección del pasamanos  $A = 1206.37 \text{ mm}^2$  y la inercia de  $I = 1.39 * 10^6 \text{ mm}^4$  se procede a su comprobación.

Con las características mecánicas de la sección se procede a la modelación del pasamanos como una viga biapoyada de vanos iguales con una luz de 2 m. Debido a que el momento máximo es el negativo se procede con su cálculo:

$$M_{ED} = \gamma * q * \frac{s^2}{12} = 0.75 \text{ kNm}$$

Una vez calculado el momento máximo sufrido por la barandilla se procede al calculo del momento máximo soportado:

$$M_{0,Rd} = \frac{f_{yd} * W_{el}}{\gamma_0} = 7.28 \text{ kNm}$$

Se cumple que  $M_{Ed} < M_{0,Rd}$  por lo que la sección diseñada resiste la sollicitación.

### COMPROBACIÓN DE LA SECCIÓN DE LOS MONTANTES

Se tienen las siguientes características mecánicas:

$$A = 2600 \text{ mm}^2 \quad I_y = 3.66 \text{ mm}^4 \quad W_{el,y} = 56307.7 \text{ mm}^3$$

Al modelar el montante como una viga empotrada, podemos determinar que el momento máximo se encuentra en la sección de arranque y presenta el siguiente valor:

$$M_{Ed} = \gamma * q * s * l = 5.31 \text{ kNm}$$

Concluyendo, teniendo en cuenta que el momento resistente de la sección en análisis en el estado elástico se define como:

$$M_{0,Rd} = \frac{f_{yd} * W_{el}}{\gamma_0} = 14.75 \text{ kNm}$$

Se cumple que  $M_{Ed} < M_{0,Rd}$  por lo que la sección diseñada resiste la sollicitación.

### COMPROBACIÓN RESISTENTE DEL ANCLAJE

Po último, se procede a verificar la resistencia a tracción. Para lograrlo, primero debemos calcular la fuerza actuante en la dirección del eje de cada uno de los tornillos que componen la unión.

$$N_i = \frac{A_i * y_i}{\sum_{i=1}^n A_i * y_i^2} * M_{Ed}$$

$$N_1 = N_2 = 8.85 \text{ KN (compresión y tracción)}$$

$$F_{t,Rd} = \frac{0.9 * f_{ub} * A_s}{\gamma_{M2}} = 24.2 \text{ KN}$$

Como  $F_{t,Rd} > F_{t,Ed}$  Cumple.

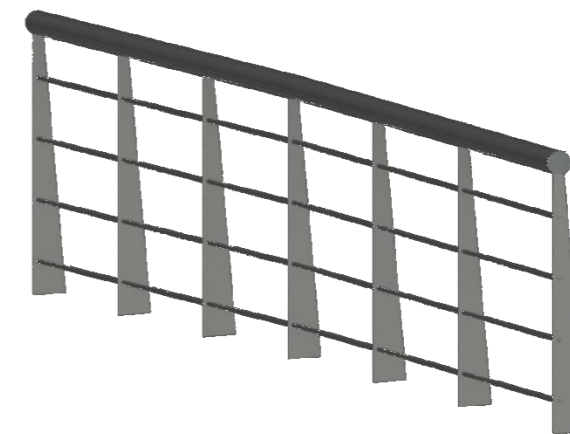


Imagen 5: Modelo 3D barandilla sobre imposta (Fuente: Elaboración propia)

Además, se dispondrá una barandilla de cristal templado sujeta por perfiles metálicos de acero inoxidable sin pasamanos ya que servirá únicamente como protección para evitar el paso de los peatones a la calzada e irá colocada sobre la viga longitudinal, en el lado más próximo a la acera y carril bici. La carga lineal considerada sobre la viga longitudinal es de 0,1 kN/ml. La geometría de esta se muestra en la imagen 6.

Dicho cerramiento será encargado a la empresa que la empresa adjudicataria de la obra considere.

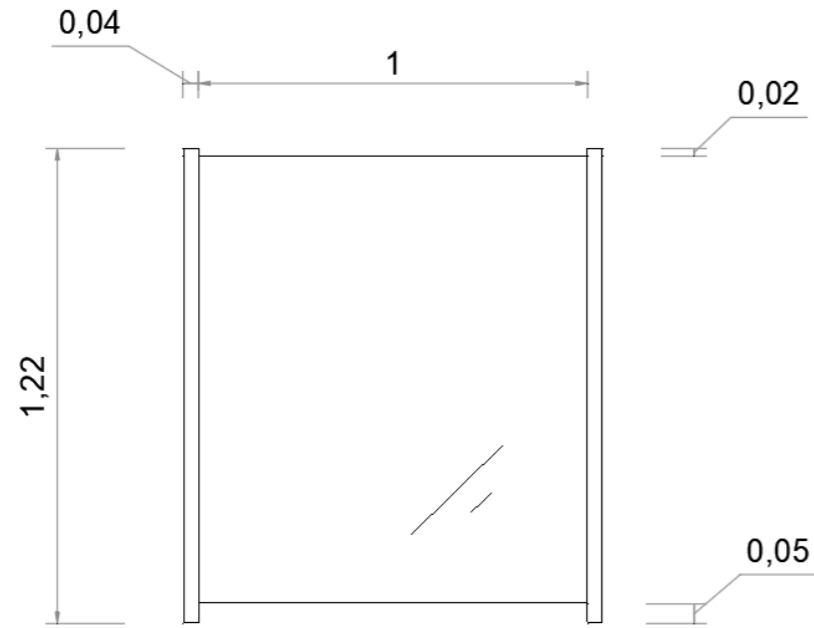


Imagen 6. Geometría barandilla de cristal (Fuente: Elaboración propia)

#### 4. IMPOSTA

La imposta en este proyecto tiene una doble función, la estética, en la que la imposta cubre el borde del tablero con imperfecciones, y también actúa como encofrado, ya que una vez se esté hormigonando las losas extremas actúa como encofrado lateral. La barandilla irá anclada sobre esta.

Se ha optado por una solución prefabricada de hormigón armado de 35MPa con armado de acero corrugado B500S y llegará a obra en módulos de 2.50 m. La imposta se conectará a las esperas que se habrán dejado en la losa de hormigón y se hormigonará la acera de forma que la imposta sirva de encofrado lateral.

Los detalles geométricos se muestran en el plano 5 de equipamientos.

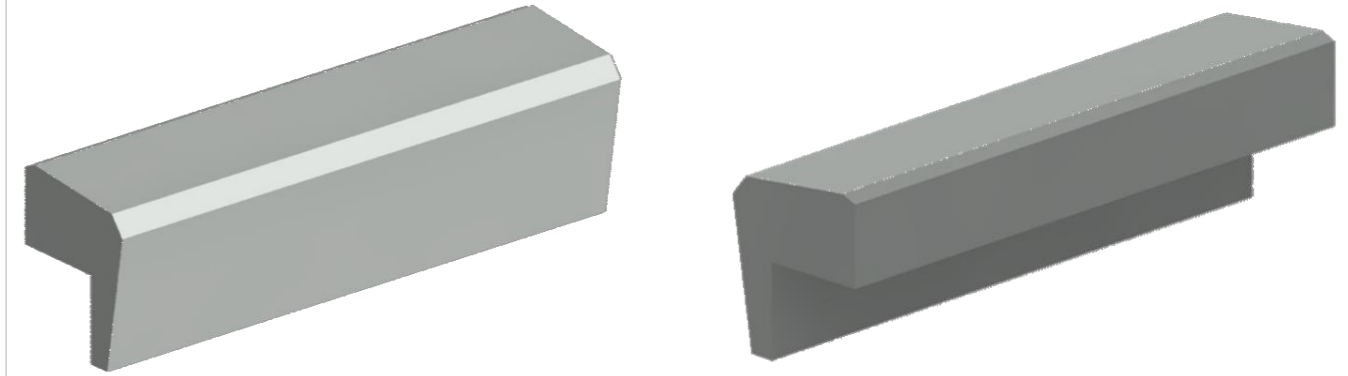


Imagen 7. Modelo 3D de la imposta (Fuente: Elaboración propia)

#### 5. BARRERA DE CONTENCIÓN LATERAL DE VEHÍCULOS

Según la el artículo 5.1.2 de la IAP- 11:

A efectos del proyecto estructural, el impacto de un vehículo contra el sistema de contención (dispuesto conforme a la normativa vigente) se asimilará a una carga estática compuesta por una fuerza horizontal transversal y un momento de eje longitudinal concomitantes, aplicados en la zona de conexión entre el elemento de contención y la estructura.

Las fuerzas máximas que el sistema de contención puede llegar a transferir a la estructura a través del sistema de anclaje serán las correspondientes al fallo último del pretil producido por cualquier impacto concebible y serán, normalmente, superiores a las medidas durante los ensayos de impacto de vehículo a escala real definidos por la normativa vigente (UNE-EN 1317).

Se tomará para esta acción el valor nominal de las fuerzas y momentos máximos, que facilitará a estos efectos el fabricante del sistema de contención, definidos según el párrafo anterior

y determinados, mediante cálculos o mediante ensayos específicos, de acuerdo con la normativa correspondiente. Si no se conociera dicha información, se tomará el valor característico de la resistencia del sistema de anclaje del pretil.

Para el dimensionamiento transversal del tablero, se considerará que, simultáneamente con esta acción accidental, actúa una fuerza vertical debida a la presencia del vehículo de valor igual a 0,75 Q1k, situada próxima a los anclajes del sistema de contención en la posición más desfavorable, siendo Q1k la carga por eje del vehículo pesado correspondiente al carril virtual 1, indicada en la tabla 4.1-b. Estas acciones no se combinarán con ninguna otra acción variable.

Para el dimensionamiento local de los detalles constructivos en la zona del tablero en la que se conecta el elemento de contención, se considerará una acción accidental igual a 1,5 veces el valor de la acción indicado más arriba, con el objeto de asegurar que, bajo el impacto de un vehículo contra el pretil, el tablero no resulta dañado. A efectos de este dimensionamiento local, dicha acción accidental no se combinará con ninguna acción variable.

Además, el fabricante del sistema de contención adoptado deberá garantizar que el sistema de fijación del pretil al tablero dispone de un dispositivo fusible que permita la sustitución o reparación del sistema de contención dañado durante el impacto sin afectar al tablero y que asegure que las fuerzas transmitidas al mismo por los anclajes no superan las indicadas en este artículo.

La barrera de contención lateral escogida ha sido de diseño propio, esta tiene una distancia entre apoyos de 1,5 m y para su sujeción los apoyos que coinciden con las vigas transversales se encuentran soldados a esta, mientras que los que quedan a mitad de camino entre vigas (ya que tienen una separación de 3 m) se encuentran rigidizadas a la losa de hormigón.

La geometría de este viene dada en el plano 5 de equipamientos.

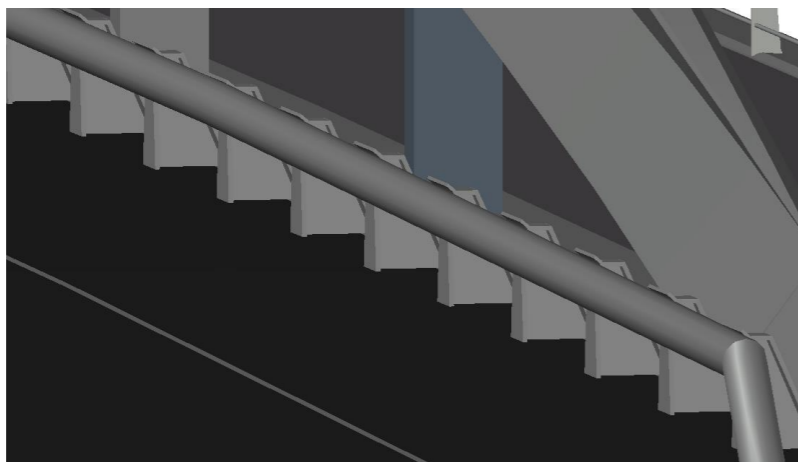


Imagen 8. Diseño 3D pretil (Fuente: Elaboración propia)

## 6. PAVIMENTOS

### 6.1. Calzada

En cuanto a la calzada el espesor de la capa de rodadura será de 70 mm, compuesta por una mezcla bituminosa en caliente tipo AC16 surf S, que irá situada sobre la capa de impermeabilización de 22 mm compuesta por un mastique bituminoso de aplicación en frío. La capa de rodadura tendrá un espesor constante ya que las pendientes transversales son generadas por las vigas.

El betún escogido es de tipo B70/100 contemplado en el artículo 211 del PG-3, ya que los betunes asfálticos duros son más aptos para zonas cálidas, mientras que los blandos pierden consistencia fácilmente por la temperatura.

El proceso a realizar será el siguiente:

#### 1. Preparación del tablero

La superficie del tablero deberá mantenerse libre de polvo, grasa, aceite, agua y cualquier sustancia contaminante que pueda comprometer la adherencia del sistema de impermeabilización al soporte.

#### 2. Imprimación

En la parte superior del tablero, se procederá a la aplicación de una capa de imprimación utilizando una emulsión bituminosa de naturaleza aniónica y baja viscosidad. Esta emulsión se diluirá con agua en una proporción de una parte de agua por una parte de emulsión. La aplicación se llevará a cabo mediante el uso de un cepillo y se estima un consumo aproximado de 0,3 kg por metro cuadrado.

#### 3. Aplicación de la impermeabilización de mástique asfáltico

La aplicación del mástique bituminoso se llevará a cabo ya sea de forma mecánica o manual, generalmente en una sola capa. En caso de necesidad, se puede añadir una pequeña cantidad de agua para facilitar su manejo. El endurecimiento del material se produce por la evacuación y evaporación del agua contenida, hasta que alcance la consistencia de un mortero. Es importante destacar que temperaturas por debajo de 5°C pueden afectar negativamente a la calidad del producto, y, por lo tanto, no se debe aplicar en condiciones de lluvia o cuando haya una alta probabilidad de precipitación.

Se recomienda compactar cada capa utilizando rodillos de neumáticos una vez que la emulsión haya perdido su estado inicial, lo que contribuirá a la densificación y mejora de la impermeabilidad del mortero. La composición específica del material dependerá del método de ejecución, y se puede encontrar en detalle en la tabla que se presenta a continuación:

	Arena 0/2-0/3	Filler	Fibras	Emulsión catiónica	Emulsión aniónica	Polímero
Aplicación manual	100 %	15-20 %	1-3 %	-	20-24 %	5 %
Aplicación con máquina	100 %	15-20 %	1-3 %	20-24 %	-	5 %

#### 4. Extendido del aglomerado

Se debe realizar una vez endurecida la capa de impermeabilización, y esta debe alcanzar un espesor de 70 mm.

### 6.2. Acera

Para la pavimentación de la acera se colocará Loseta Gls 20x20x4 sin bisel o similar, del catálogo gls. Esta se colocará sobre la losa con una capa de mortero de 1 cm aproximado de espesor.



Peso kg/m <sup>2</sup>	M <sup>2</sup> palet	Uds. m <sup>2</sup>	Uds. ml [*]
95	14,40	25	5

Imagen 9. Detalle Loseta Gls, medidas en cm (Fuente: Catálogo Gls)

### 6.3. Carril bici

Para el carril bici se aplicará una capa de pintura epoxica antideslizante PAW100A de color rojo sobre la losa.

## 7. ILUMINACIÓN

El propósito de este estudio es establecer las especificaciones del sistema de iluminación diseñado para el puente, teniendo en consideración criterios de calidad aplicables a una instalación de alumbrado vial como garantizar unas condiciones óptimas de visibilidad, asegurar el confort visual del conductor, velar por la durabilidad de los componentes de la instalación, etc.

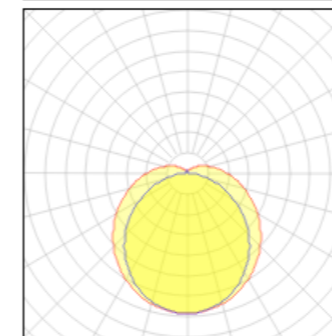
Para la elaboración del diseño lumínico, se han seguido las pautas y recomendaciones de “Recomendaciones para la Iluminación de Carreteras y Túneles” y la “Instrucción Técnica Complementaria EA – 02”.

### CALZADA

ARGOS 1200 3000K  
601766  
RESISTEX



Equipo disponible	Potencia nominal de lámpara	Flujo de lámpara	Eficiencia luminosa	CCT	CRI
1 x LED	35,8 W	5379 lm	150 lm/W	3000 K	80



LOR:	100 %
ULOR:	11 %
Flujo total:	5376 lm
Potencia total:	35,8 W

Imagen 10. Luminaria ARGOS 1500 3000K

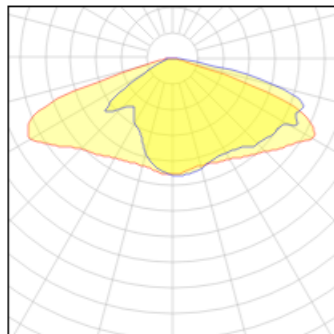


STREET LIGHTING  
V1-S1-70442-40U34-6619050 TORNADO PLAZA 190W 5000K NEMA  
VARTON



IP 66 IK 09

Tipo de lámpara	Potencia nominal de lámpara	Flujo total	Eficiencia luminosa	CCT	CRI
LED	190 W	25650 lm	135 lm/W	5000 K	70



LOR: 100 %  
Potencia total: 190 W

Imagen 11. Luminaria TORNADO PLAZA 190W 5000K NEMA

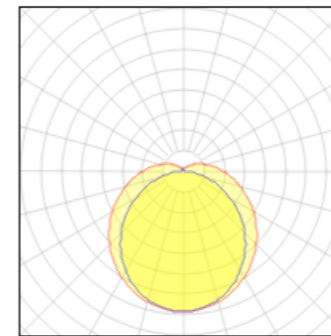
### CARRIL BICI Y ACERA

ARGOS 1200 3000K  
601766  
RESISTEX



IP 65 IK 10

Equipo disponible	Potencia nominal de lámpara	Flujo de lámpara	Eficiencia luminosa	CCT	CRI
1 x LED	35,8 W	5379 lm	150 lm/W	3000 K	80



LOR: 100 %  
ULOR: 11 %  
Flujo total: 5376 lm  
Potencia total: 35,8 W

Imagen 12. Luminaria ARGOS 1500 3000K

### 7.1. Ubicación de las luminarias

En primer lugar, tenemos las luminarias del modelo "ARGOS 1200 3000k", las cuales se dispondrán en ambas caras de los dos arcos y tendrán una distancia de separación de 2,4m.

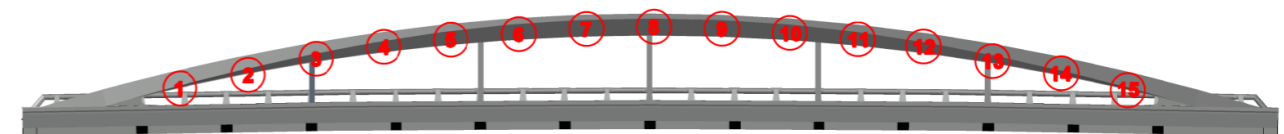


Imagen 13. Ubicación luminarias arco

En cuanto al modelo "TORNADO PLAZA 190W 5000K NEMA" se dispondrán una a cada lado de la calzada en las entradas a 2 m.

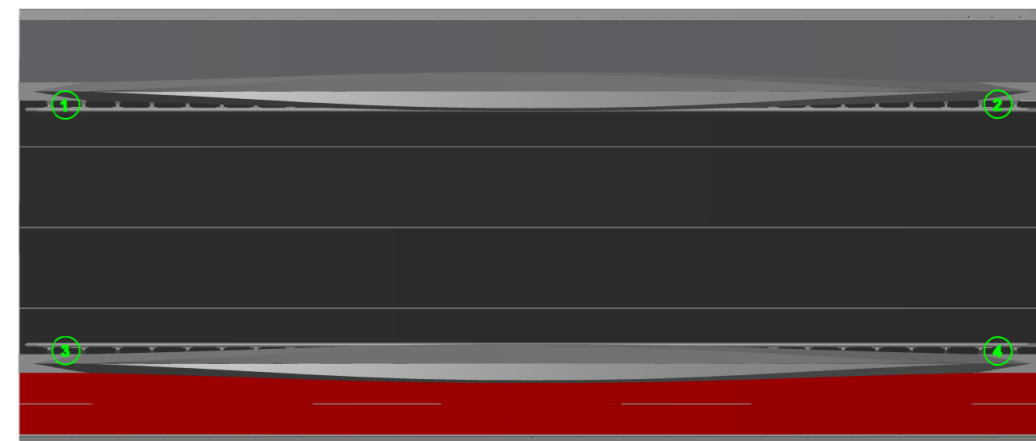


Imagen 14. Ubicación luminarias calzada

## 7.2. Resultados luminotécnicos

Procedemos ahora a obtener los resultados luminotécnicos para las áreas de referencia. En cada una de estas áreas, se llevará a cabo una verificación con el objetivo de asegurar que los criterios de calidad superan los umbrales mínimos requeridos por la normativa correspondiente a la categoría de alumbrado establecida.

### CALZADA

En primer lugar, se definirán los siguientes conceptos:

$L_m$  (luminancia media): cantidad total de luz emitida por una fuente de luz en un segundo.

$U_o$  (uniformidad global de luminancia): relación entre la luminancia mínima y la media de la superficie de la calzada.

$U_i$  (uniformidad longitudinal): relación entre la luminancia mínima y la máxima en el mismo eje longitudinal de los carriles de circulación de la calzada, adoptando el valor menor de todos ellos.

Para saber que nuestra calzada cumple con los requisitos establecidos en la norma, primero se tendrá que determinar la clase de alumbrado que para nuestro caso se trata de una M4. Se procede a obtener los valores de luminancia del programa Dialux y con estos se comprueba si cumplen las condiciones mínimas de alumbrado.

$$L_m = 13 \text{ cd/m}^2$$

$$L_{\min} = 5.52 \text{ cd/m}^2$$

$$L_{\max} = 92.4 \text{ cd/m}^2$$

$L_m > 0.75$	$L_m = 13$	CUMPLE
$U_o > 0.4$	$U_o = 0.42$	CUMPLE
$U_i > 0.6$	$U_i = 0.71$	CUMPLE

### CARRIL BICI Y ACERA

Como la acera y el carril bici son simétricos se dispondrá la misma luminancia en ambas zonas por lo tanto se procederá a comprobar que ambos cumplen los requisitos mínimos de luminosidad con los datos obtenidos del programa Dialux los cuales se muestran a continuación.

$$L_m = 16.4 \text{ cd/m}^2$$

$$E_m = 257 \text{ lx}$$

$$L_{\min} = 7.12 \text{ cd/m}^2$$

$$E_{\min} = 111.8 \text{ lx}$$

$$L_{\max} = 85.4 \text{ cd/m}^2$$

$$E_{\max} = 1341 \text{ lx}$$

$E_m > 7.5$	$L_m = 111.8$	CUMPLE
$U_o > 0.4$	$U_o = 0.43$	CUMPLE

Por último, podemos apreciar los resultados que se han obtenido del programa Dialux mediante un modelo 3D.

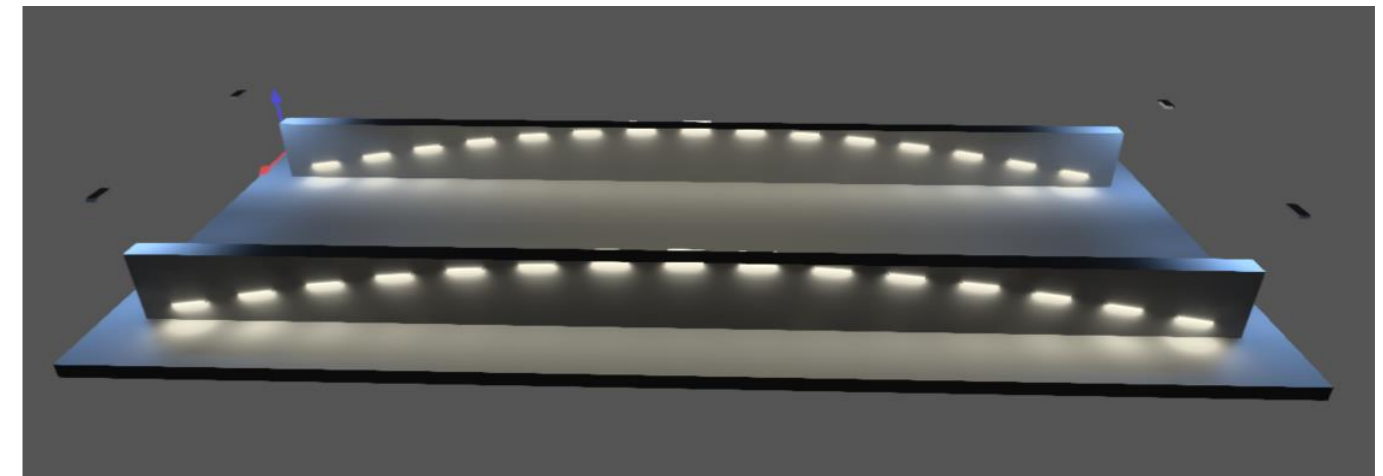


Imagen 15. Modelo 3D iluminación nº1

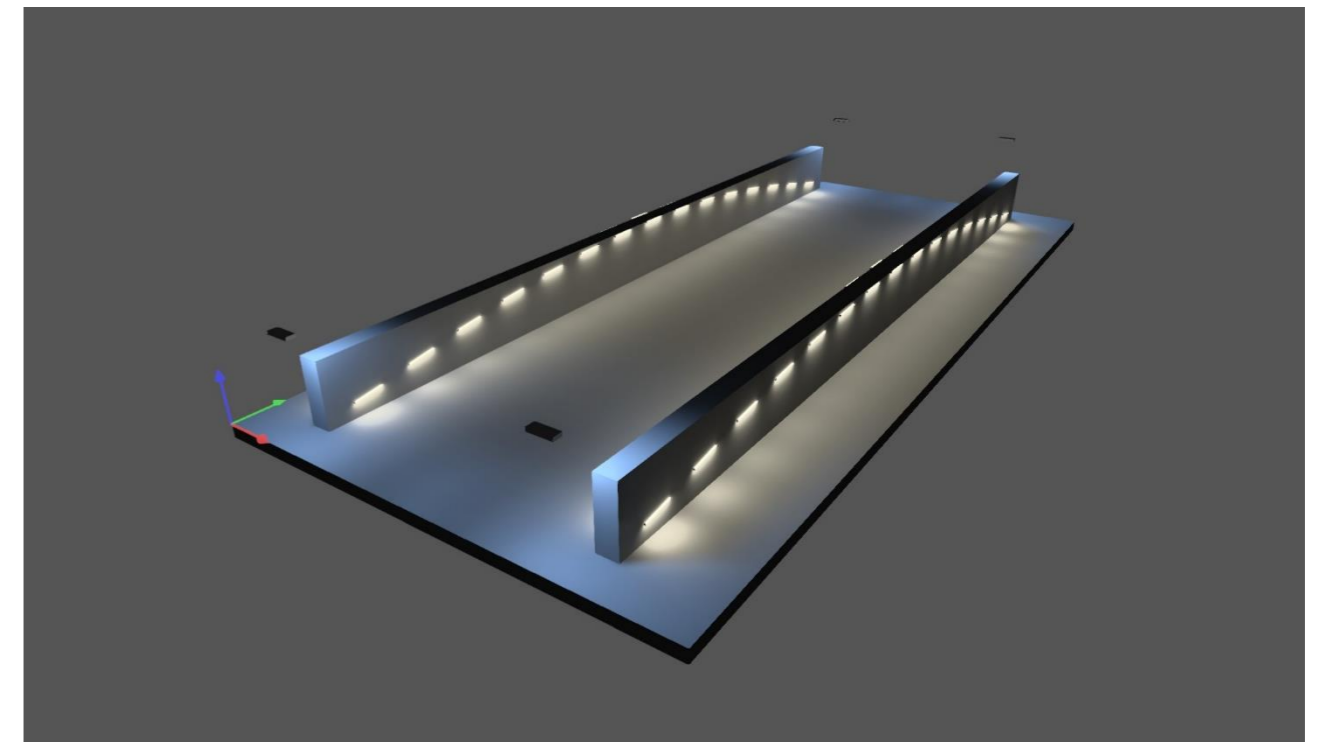


Imagen 15. Modelo 3D iluminación nº2

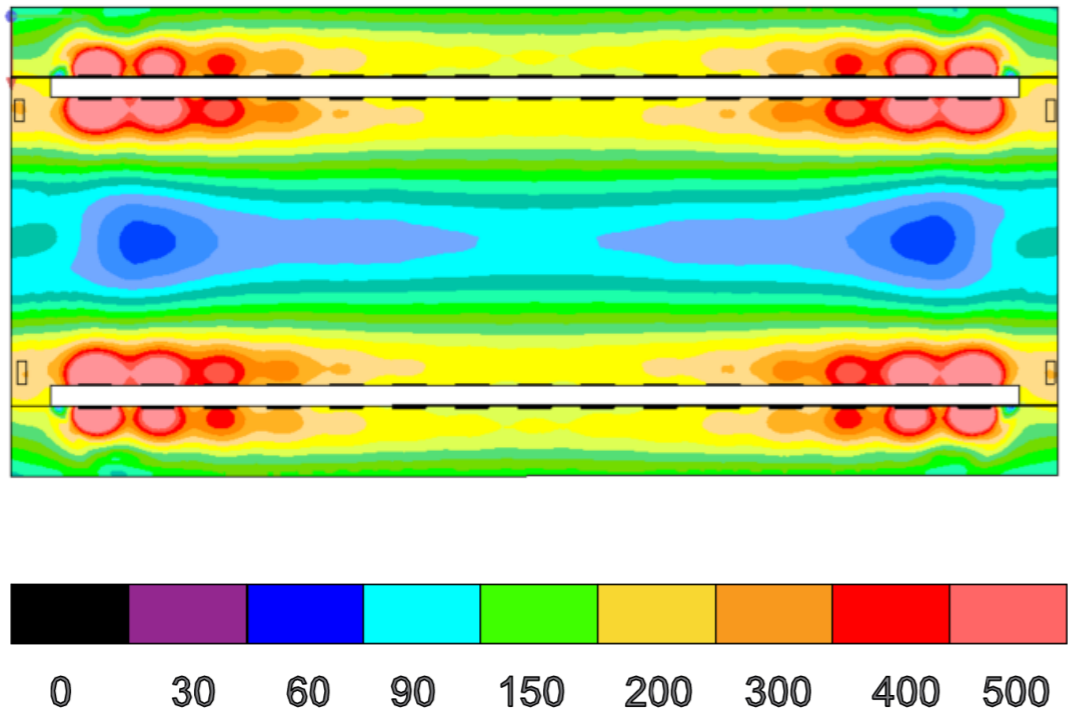


Imagen 15. Planta. Representación con colores falsos



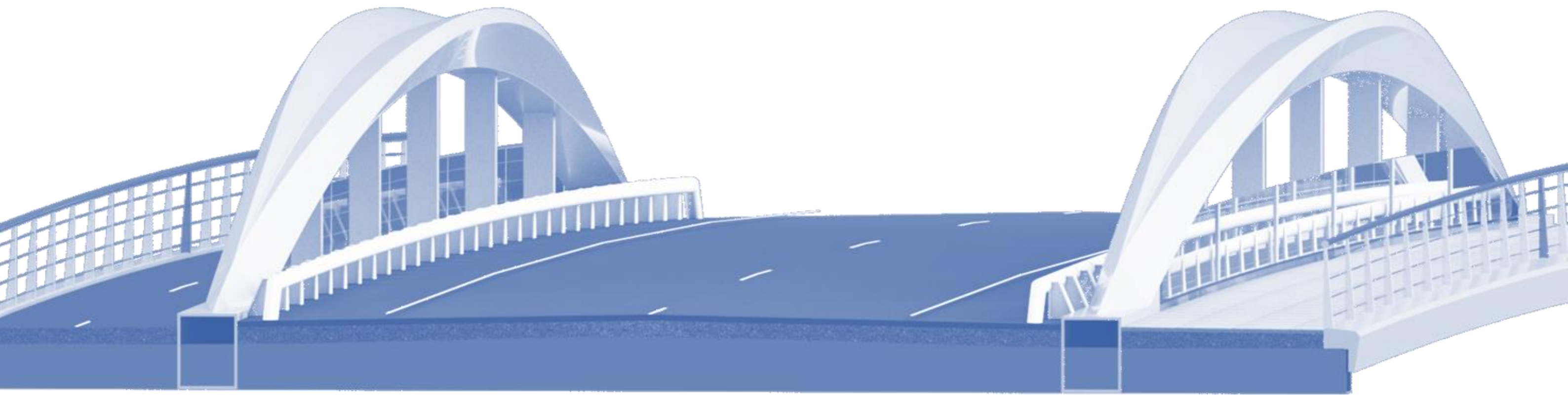
# ANEJO Nº6: OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

Curso 2022/2023

Grado en Ingeniería Civil

*Autores: Juan Vicente López Olivares,  
Marco Palencia Martínez*

*Tutor: Salvador Monleón Cremades*







1. OBJETO .....	2
2. OBJETIVOS GLOBALES DE LOS ODS .....	2
3. VINCULACIÓN DEL PROYECTO CON LAS ODS.....	3

## ÍNDICE

### ANEJO OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

## 1. OBJETO

El objeto de este anejo es establecer la vinculación y contribución del proyecto de construcción de un puente sobre la Rambla del Judío en Jumilla a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) promovidos por las Naciones Unidas. Este anexo proporcionará un análisis detallado de cómo el proyecto se alinea con los ODS pertinentes, identificando las metas específicas que se abordan, así como las estrategias y acciones concretas que se implementarán para promover el desarrollo sostenible en la región. Además, se describirán las medidas que se tomarán para minimizar los impactos negativos en el entorno y maximizar los beneficios socioeconómicos y ambientales en consonancia con los principios de los ODS.

## 2. OBJETIVOS GLOBALES DE LOS ODS

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) son un conjunto de 17 objetivos globales adoptados por los Estados miembros de las Naciones Unidas en septiembre de 2015 como parte de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Estos objetivos están diseñados para abordar una amplia gama de desafíos mundiales, desde la erradicación de la pobreza hasta la protección del medio ambiente y la promoción de la igualdad de género. A continuación, te presento la lista de los 17 ODS:

- 1) **Fin de la pobreza:** Poner fin a la pobreza en todas sus formas y en todo el mundo.
- 2) **Hambre cero:** Acabar con el hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición, y promover la agricultura sostenible.
- 3) **Salud y bienestar:** Garantizar una vida saludable y promover el bienestar para todos en todas las edades.
- 4) **Educación de calidad:** Garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad, y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida.
- 5) **Igualdad de género:** Lograr la igualdad de género y empoderar a todas las mujeres y niñas.
- 6) **Agua limpia y saneamiento:** Garantizar la disponibilidad y gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos.
- 7) **Energía asequible y no contaminante:** Garantizar el acceso a una energía asequible, fiable, sostenible y moderna para todos.
- 8) **Trabajo decente y crecimiento económico:** Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo, y el trabajo decente para todos.
- 9) **Industria, innovación e infraestructura:** Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible, y fomentar la innovación.
- 10) **Reducción de las desigualdades:** Reducir la desigualdad en y entre los países.
- 11) **Ciudades y comunidades sostenibles:** Hacer que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles.
- 12) **Producción y consumo responsables:** Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles.
- 13) **Acción por el clima:** Tomar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos.
- 14) **Vida submarina:** Conservar y utilizar de manera sostenible los océanos, mares y recursos marinos para el desarrollo sostenible.
- 15) **Vida de ecosistemas terrestres:** Proteger, restaurar y promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, gestionar de manera sostenible los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y detener la pérdida de biodiversidad.
- 16) **Paz, justicia e instituciones sólidas:** Promover sociedades pacíficas e inclusivas para el desarrollo sostenible, facilitar el acceso a la justicia para todos y construir instituciones eficaces, responsables e inclusivas a todos los niveles.
- 17) **Alianzas para lograr los objetivos:** Fortalecer los medios de implementación y revitalizar la alianza mundial para el desarrollo sostenible.

Estos ODS se han convertido en un marco global para abordar los desafíos económicos, sociales y ambientales que enfrenta el mundo y son ampliamente aceptados como un llamado a la acción para lograr un futuro más sostenible y equitativo.

### 3. VINCULACIÓN DEL PROYECTO CON LAS ODS

A continuación, se describirán algunas de las formas en que este proyecto se relaciona con los ODS, destacando su contribución a un desarrollo más sostenible.

- **ODS 3. Salud y Bienestar:** La inclusión de un carril bici y una acera en el diseño del puente tiene una relación directa con el ODS 3. Al proporcionar infraestructura segura para ciclistas y peatones, el proyecto contribuye a promover la actividad física y la movilidad sostenible. Esto tiene un impacto positivo en la salud y el bienestar de la comunidad local, alentando un estilo de vida activo y reduciendo los riesgos asociados con la falta de ejercicio y la congestión del tráfico. Además, al mejorar la seguridad vial para peatones y ciclistas, se reducen los accidentes de tráfico y se promueve un entorno más seguro para todos los usuarios de la carretera.
- **ODS 9. Industria, Innovación e Infraestructura:** La construcción de un puente contribuye directamente al ODS 9, ya que se enfoca en la creación de infraestructuras resilientes y sostenibles. Un puente bien diseñado y construido mejora la conectividad en la región, fomenta el desarrollo económico y facilita el acceso a servicios básicos, lo que a su vez promueve el crecimiento económico sostenible.
- **ODS 11. Ciudades y Comunidades Sostenibles:** La construcción del puente impacta en la consecución del ODS 11 al mejorar la accesibilidad y la movilidad en la zona. Esto contribuye a hacer que las ciudades y los asentamientos sean más inclusivos, seguros y sostenibles, mejorando la calidad de vida de la comunidad local y promoviendo un desarrollo urbano planificado.
- **ODS 15. Vida de Ecosistemas Terrestres:** Durante la planificación y ejecución del proyecto, es importante tener en cuenta la preservación de los ecosistemas terrestres circundantes. Esto se relaciona con el ODS 15, ya que se busca minimizar el impacto ambiental de la construcción del puente y promover prácticas de construcción sostenible que ayuden a conservar la biodiversidad local y los recursos naturales.



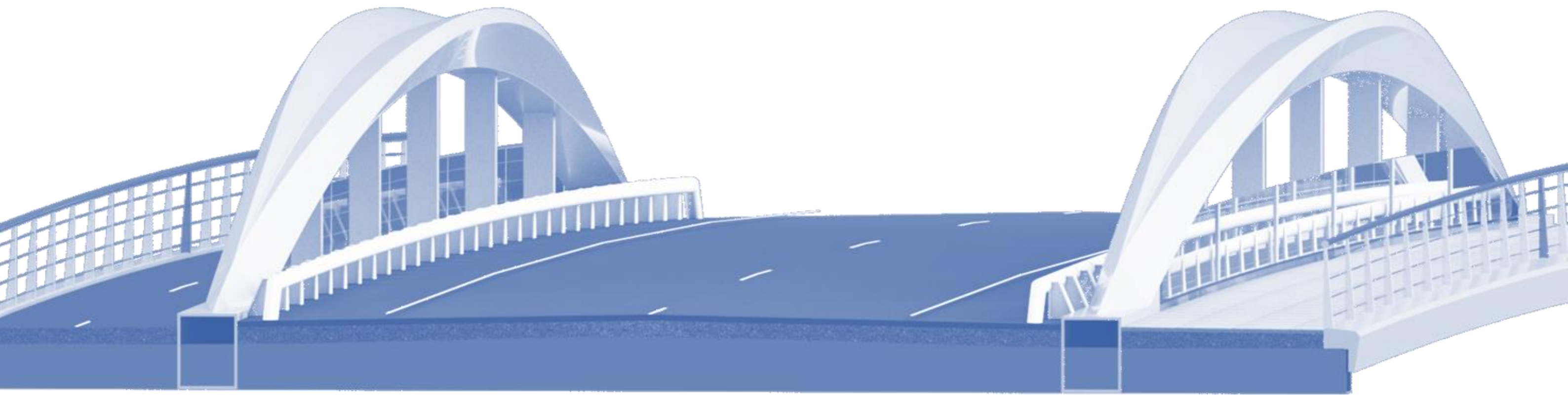
# ANEJO Nº7: BIBLIOGRAFÍA

Curso 2022/2023

Grado en Ingeniería Civil

*Autores: Juan Vicente López Olivares,  
Marco Palencia Martínez*

*Tutor: Salvador Monleón Cremades*





## NORMATIVAS APLICADAS

- EHE-08 “Instrucción de hormigón estructural” MINISTERIO DE FOMENTO 2008
- EAE “Instrucción de acero estructural” MINISTERIO DE FOMENTO 2011
- IAP-11 “Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera” MINISTERIO DE FOMENTO 2011
- CTE “Código técnico de la edificación” MINISTERIO DE VIVIENDA 2006
- GCOC “Guía de cimentaciones en obras de carretera” MINISTERIO DE FOMENTO 2009
- EN 1992-1-1:2004 “Eurocódigo 2: Proyecto de estructuras de hormigón” AENOR 2010
- Norma 5.2 - IC Drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras. Orden FOM/298/2016, de 15 de febrero. - Guía cimentaciones obras de carretera, de 30 de septiembre de 2002.
- “Máximas lluvias diarias en la España peninsular” Ministerio de Fomento 1999.
- 6.1 IC Secciones de firme, Orden Fom/3460/2003, de 28 de noviembre, BOE de 12 de diciembre de 2003.
- Recomendaciones para la iluminación de carreteras a cielo abierto, Tomo I, Orden circular 36/2015 sobre criterios a aplicar en la iluminación de carreteras a cielo abierto y túneles.
- “Instrucción Técnica Complementaria EA – 02” Ministerio de Industria, Comercio y Turismo.

## DOCUMENTOS NECESARIOS PARA EL PROYECTO

- Informe geotécnico G-3187 JUMILLA, MURCIA de la empresa Orós Servicios Geológicos, proporcionado por un particular.

## CIMENTACIONES

- Universitat Politècnica de València, diapositivas asignatura Estructuras de cimentación y Contención
- Universidad de Alicante, Roberto Tomás Jover – Miguel Cano González “Tema 20 cimentaciones superficiales”:  
[https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/17188/1/Tema\\_20\\_Cimentaciones\\_superficiales.pdf](https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/17188/1/Tema_20_Cimentaciones_superficiales.pdf)

## ESTUDIO HIDROLOGICO

- Confederación Hidrográfica del Segura  
<https://www.chsegura.es/es/>
- Visor cartográfico de zonas inundables del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables  
<https://sig.mapama.gob.es/snczi/index.html?herramienta=DPHZI>

## TRABAJOS CONSULTADOS

- Universitat Politècnica de València. RIUNET: <https://riunet.upv.es/>

## VALORACIÓN ECONOMICA

- CYPE INGENIEROS S.A. Generador de precios CYPE: <http://www.generadordeprecios.info/>

## EQUIPAMIENTOS

- Gls, *Catálogo Prefabricados*
- Mecanogumba, *Catálogo Apoyos Elastoméricos*
- Camposan, *Catálogo Juntas de dilatación*

## APUNTES

- MONLEÓN CREMADES, S. Curso de concepción de puentes, Panorámica general de puentes. Apuntes. Valencia: Universitat Politècnica de València.
- MONLEÓN CREMADES, S. Curso de concepción de puentes, Workshop 2. Apuntes. Valencia: Universitat Politècnica de València.
- MONLEÓN CREMADES, S. Curso de concepción de puentes. Diseño de puentes. Valencia: Editorial de la Universidad Politècnica de Valencia.



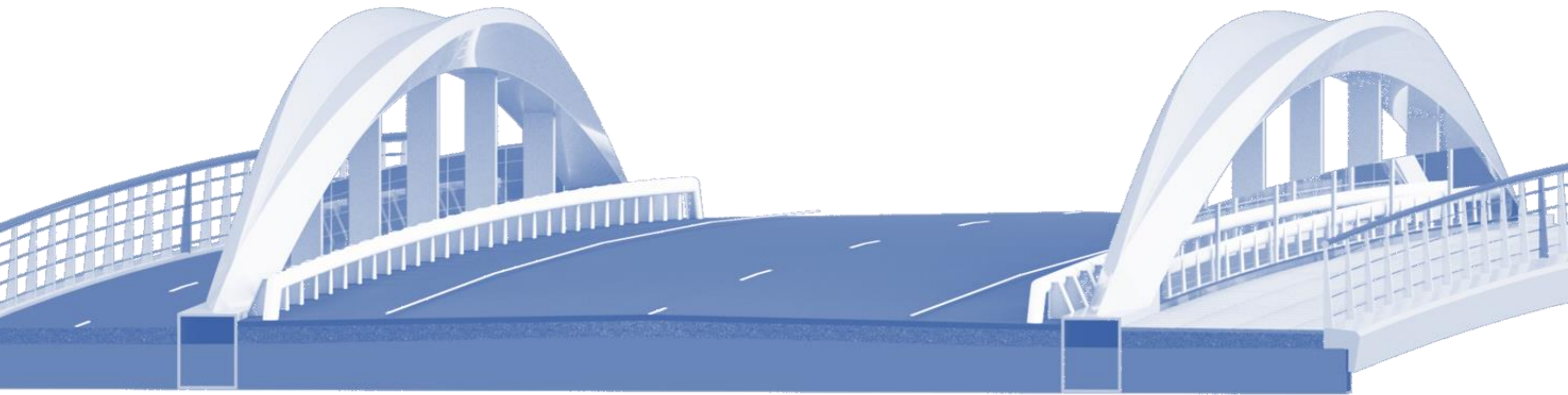
# ANEJO Nº8: FOTOGRAFICO

Curso 2022/2023

Grado en Ingeniería Civil

*Autores: Juan Vicente López Olivares,  
Marco Palencia Martínez*

*Tutor: Salvador Monleón Cremades*





1. OBJETO .....	2
2. FOTOGRAFÍAS DEL AMBITO DEL PROYECTO.....	2
3. MODELADO SOLUCIÓN ADOPTADA.....	5

# ÍNDICE

## ANEJO FOTOGRAFÍCO



1. OBJETO

Con objetivo de mostrar la zona donde se va a llevar a cabo el proyecto de Puente Sobre la Rambla del Judío se ha realizado este anejo fotogràfic, con el cual se pueden aclarar conceptos como la situación actual de la zona o los condicionantes urbanísticos y topogràficos.

En la siguiente imagen se muestra un croquis de la ubicación y dirección den que se han tomado las distintas fotografías:



Imagen 1. Mapa situación ubicación y dirección de las fotos tomadas (Fuente: Elaboración propia)

2. FOTOGRAFÍAS DEL AMBITO DEL PROYECTO



Imagen 2. Fotografía Nº1 (Fuente: Elaboración propia)



Imagen 3. Fotografía Nº2 (Fuente: Elaboración propia)





Imagen 4. Fotografía N°3 (Fuente: Elaboración propia)



Imagen 6. Fotografía N°5 (Fuente: Elaboración propia)



Imagen 5. Fotografía N°4 (Fuente: Elaboración propia)



Imagen 7. Fotografía N°6 (Fuente: Elaboración propia)





Imagen 8. Fotografía N°7 (Fuente: Elaboración propia)



Imagen 10. Fotografía N°9 (Fuente: Elaboración propia)



Imagen 9. Fotografía N°8 (Fuente: Elaboración propia)



Imagen 11. Fotografía N°10 (Fuente: Elaboración propia)





Imagen 12. Fotografía N°11 (Fuente: Elaboración propia)



Imagen 13. Fotografía N°12 (Fuente: Elaboración propia)

### 3. MODELADO SOLUCIÓN ADOPTADA

En las siguientes imágenes se muestran distintas vistas de la solución adoptada, obtenidas a partir de un modelo 3D.

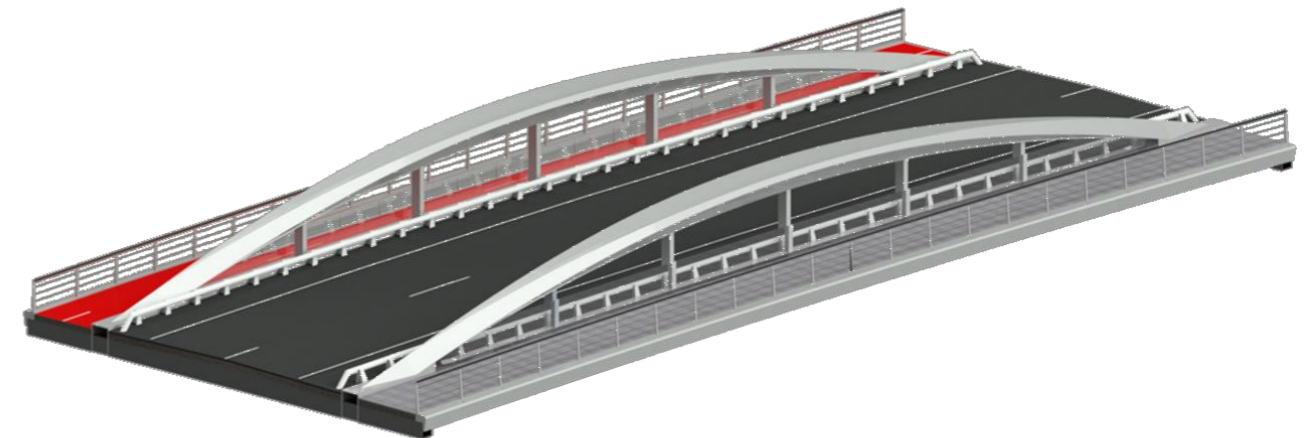


Imagen 14. Vista general modelo 3D (Fuente: Elaboración propia)

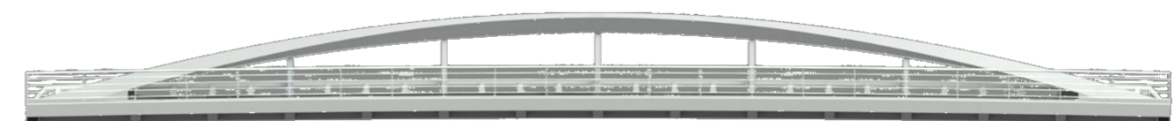


Imagen 15. Alzado modelo 3D (Fuente: Elaboración propia)

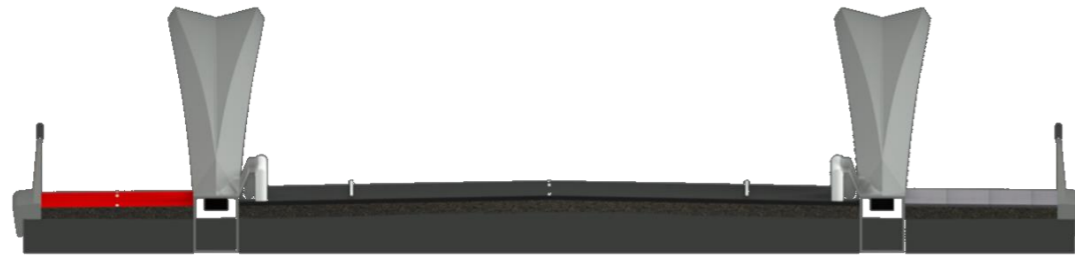


Imagen 16. Perfil modelo 3D (Fuente: Elaboración propia)



Imagen 17. Vista inferior modelo 3D (Fuente: Elaboración propia)





# DOCUMENTO Nº2: PLANOS

Curso 2022/2023

Grado en Ingeniería Civil

*Autores: Juan Vicente López Olivares,  
Marco Palencia Martínez*

*Tutor: Salvador Monleón Cremades*

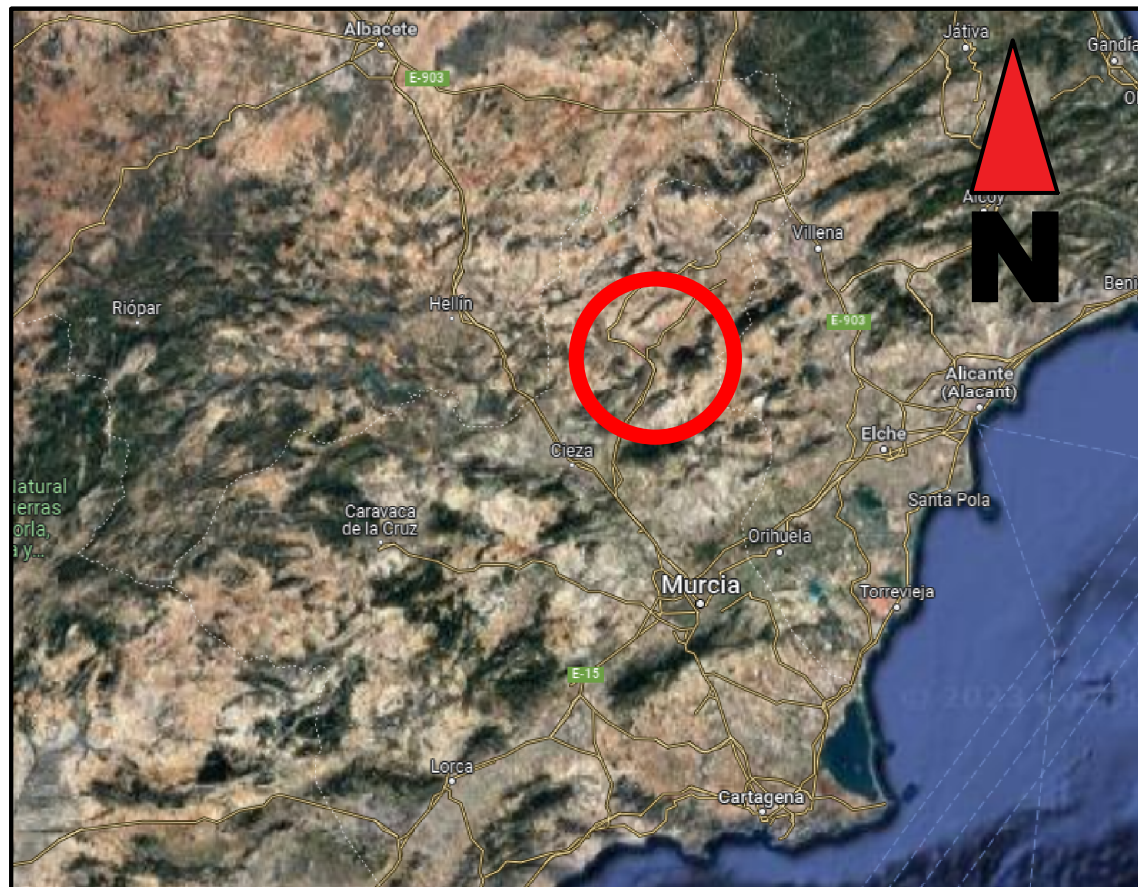


# ÍNDICE

## DOCUMENTO Nº2 PLANOS

- PLANO Nº1 SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO
- PLANO Nº2.1 VISTAS GENERALES: PLANTA Y ALZADO
- PLANO Nº2.2 SECCIONES TIPO
- PLANO Nº3.1 TABLERO: DEFINICIÓN ESTRUCTURAL
- PLANO Nº3.2 ARCO: DEFINICIÓN ESTRUCTURAL
- PLANO Nº4.1 ESTRIBOS: SECCIÓN LONGITUDINAL Y DEFINICIÓN GEOMÉTRICA
- PLANO Nº4.2 ESTRIBOS: DEFINICIÓN DE ARMADO
- PLANO Nº5 EQUIPAMIENTOS

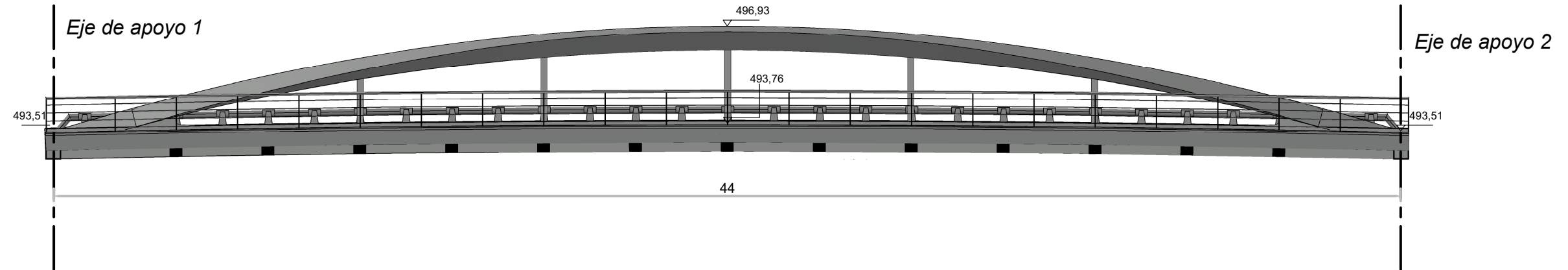




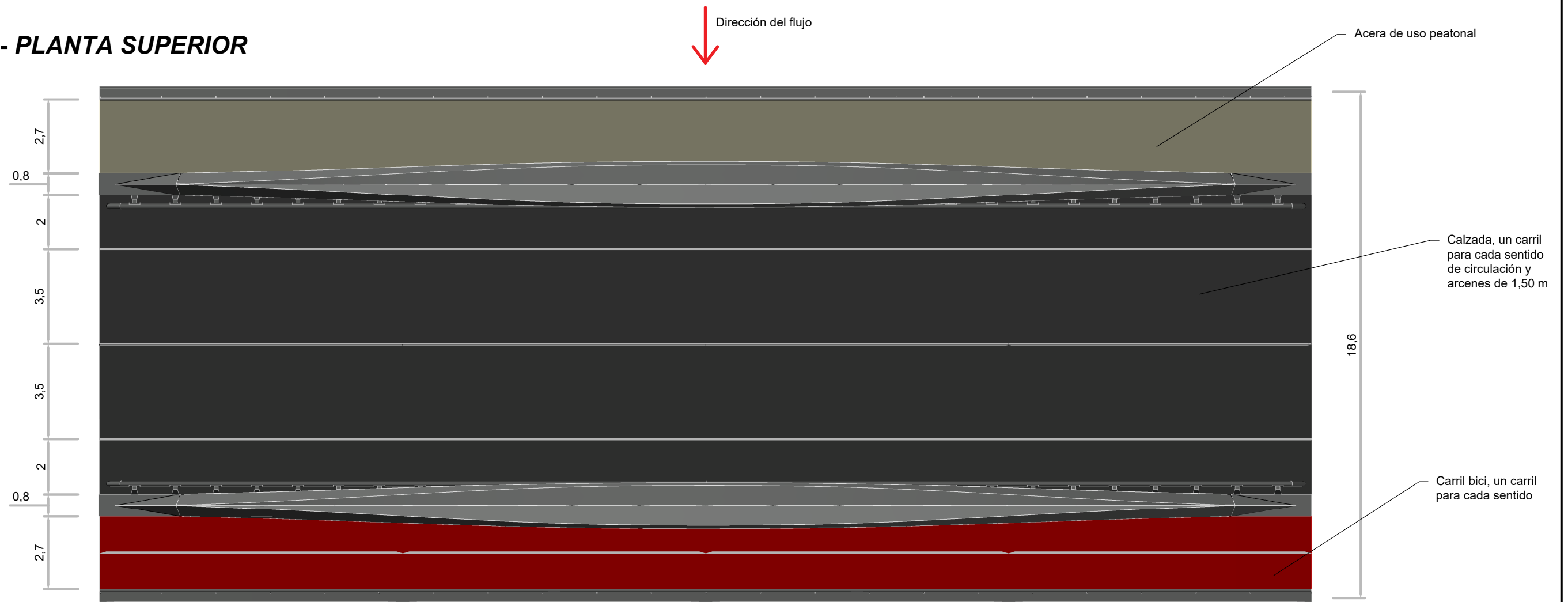
<p>TÍTULO DEL PROYECTO</p> <p><b>PROYECTO BÁSICO DE PUENTE SOBRE LA RAMBLA DEL JUDÍO EN JUMILLA (MURCIA)</b></p>	<p>AUTORES DEL PROYECTO</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Juan Vicente López Olivares</li> <li>Marco Palencia Martínez</li> </ul>	<p>TÍTULO DEL PLANO</p> <p><b>SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO</b></p>	<p>ESCALA</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Sin escalas los mapas de situación (2 pequeños)</li> <li>Mapa emplazamiento E 1:3000</li> <li>Original A3</li> </ul>	<p>FECHA</p> <p>Septiembre de 2023</p>	<p>Nº PLANO</p> <p><b>1</b></p>	<p>HOJA 1 DE 1</p>
--	--	---	---	--	---------------------------------	--------------------



### VISTA 1- ALZADO

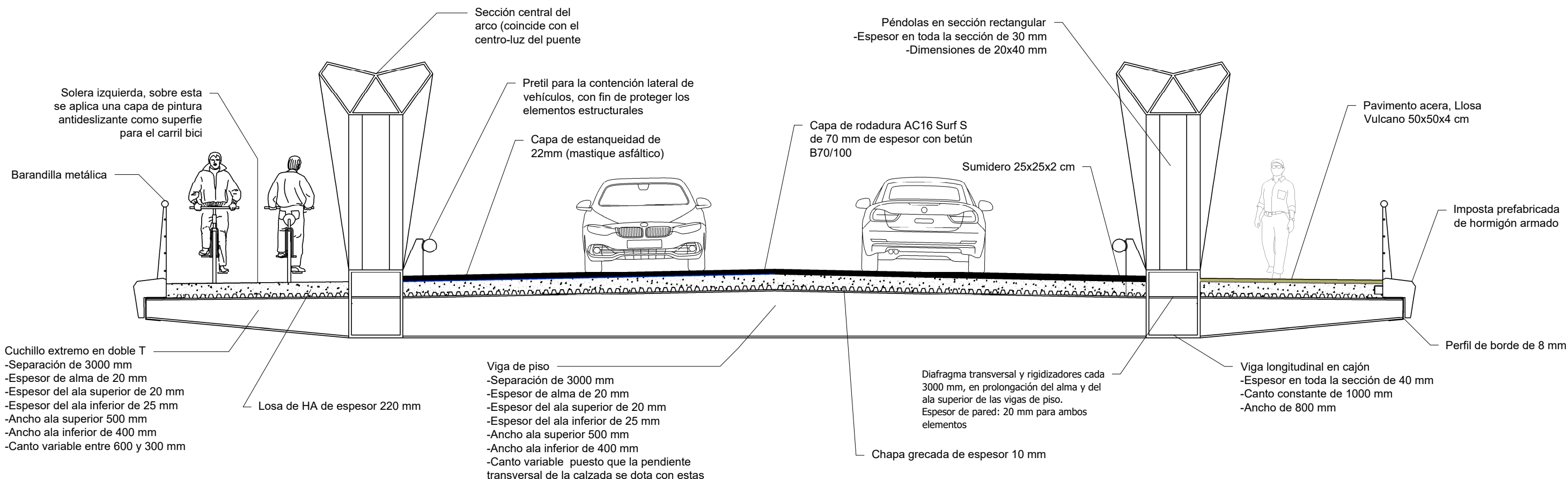


### VISTA 2- PLANTA SUPERIOR



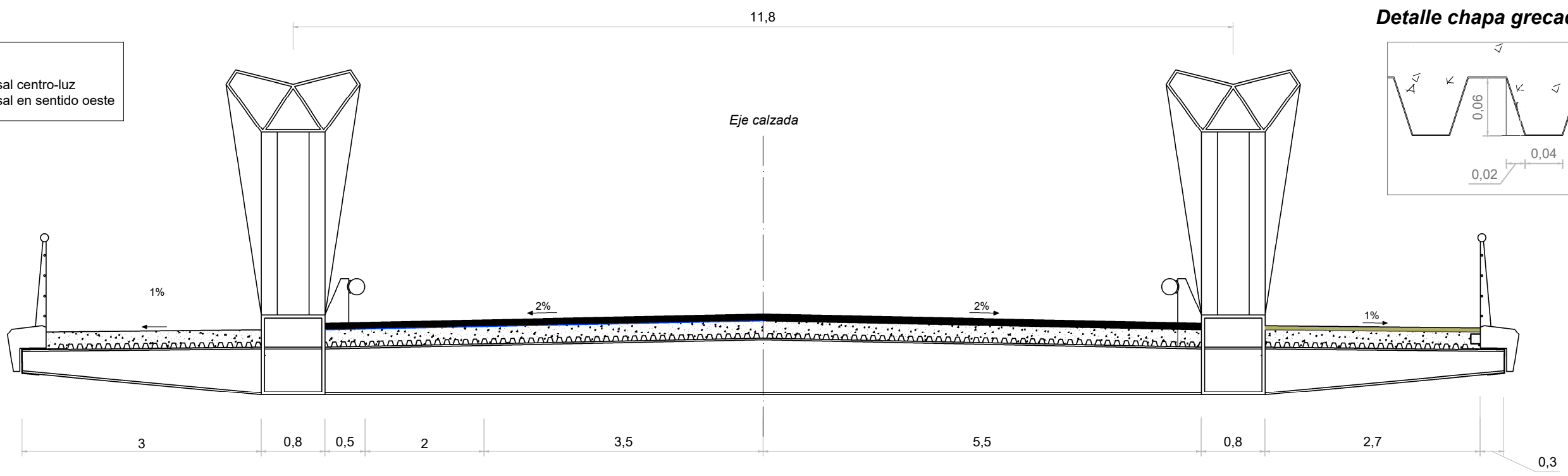
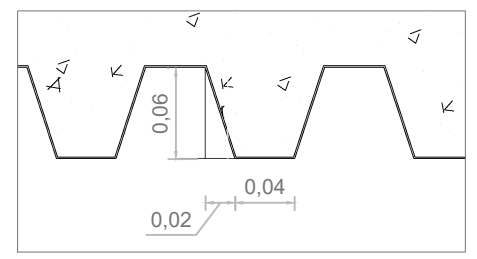
Cotas en m

<p>TÍTULO DEL PROYECTO <b>PROYECTO BÁSICO DE PUENTE SOBRE LA RAMBLA DEL JUDÍO EN JUMILLA (MURCIA)</b></p>	<p>AUTORES DEL PROYECTO</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Juan Vicente López Olivares</li> <li>Marco Palencia Martínez</li> </ul>	<p>TÍTULO DEL PLANO <b>VISTAS GENERALES: PLANTA Y ALZADO</b></p>	<p>ESCALA <b>1:160</b> Original A3</p>	<p>FECHA Septiembre de 2023</p>	<p>Nº PLANO <b>2</b></p>	<p>HOJA 1 DE 2</p>
---	--	--	--	-------------------------------------	------------------------------	--------------------



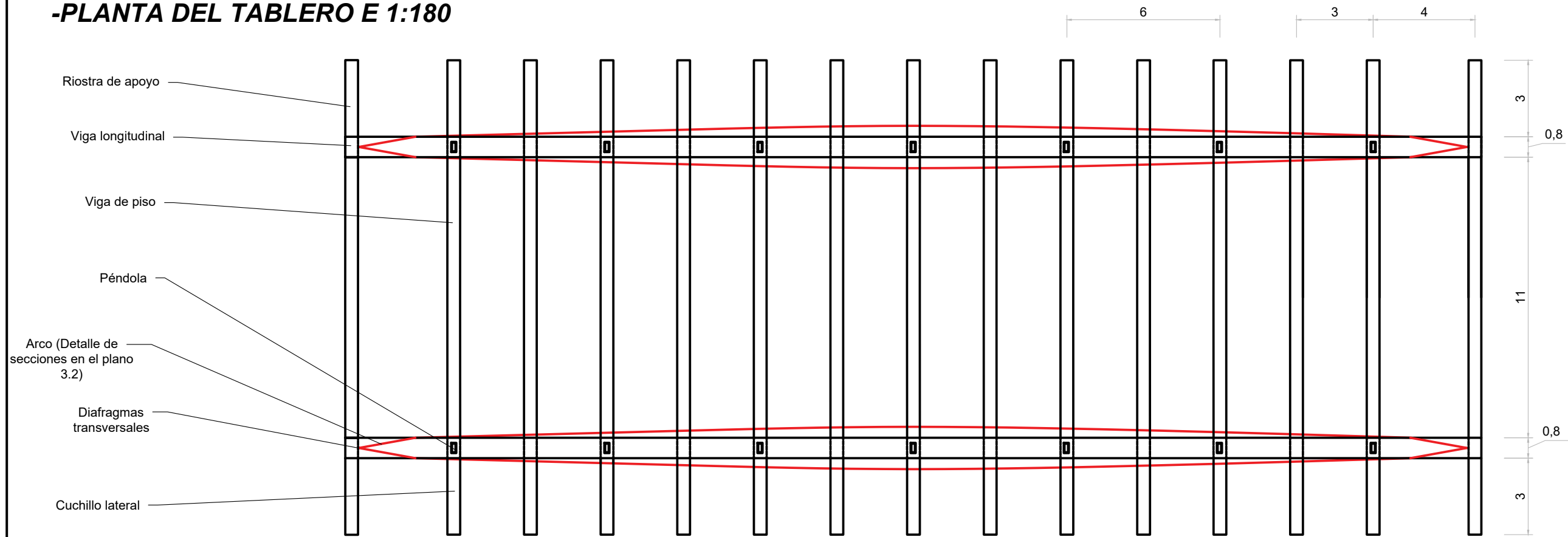
**Notas**  
 -Sección transversal centro-luz  
 -Sección transversal en sentido oeste

**Detalle chapa grecada E 1:5**

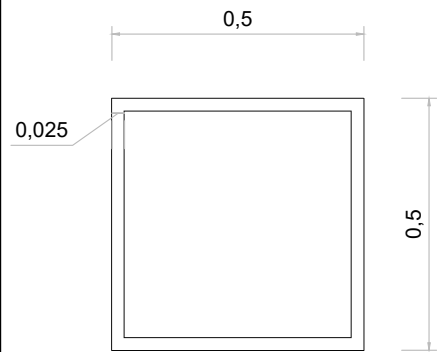


<b>TÍTULO DEL PROYECTO</b> PROYECTO BÁSICO DE PUENTE SOBRE LA RAMBLA DEL JUDÍO EN JUMILLA (MURCIA)	<b>AUTORES DEL PROYECTO</b> • Juan Vicente López Olivares • Marco Palencia Martínez	<b>TÍTULO DEL PLANO</b> <b>SECCIONES TIPO</b>	<b>ESCALA</b> 1:60 Original A3	<b>FECHA</b> Septiembre de 2023	<b>Nº PLANO</b> <b>2</b>
					<b>HOJA 2 DE 2</b>

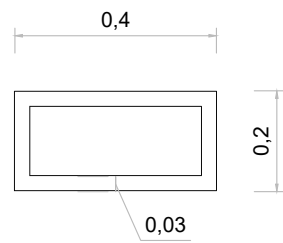
**-PLANTA DEL TABLERO E 1:180**



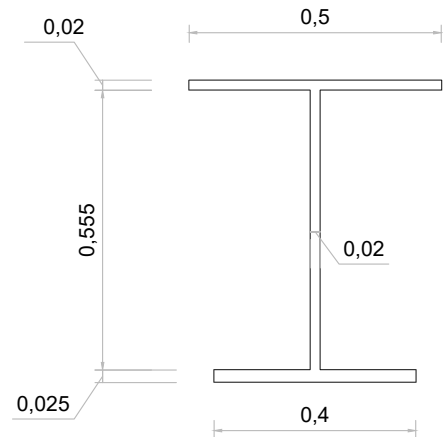
**Sección riostra de apoyo E 1:15**



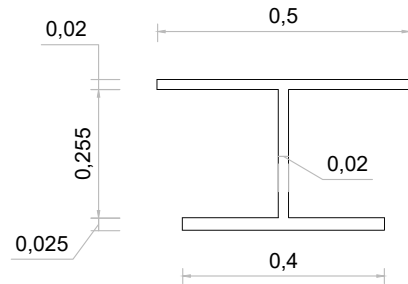
**Sección péndola E 1:15**



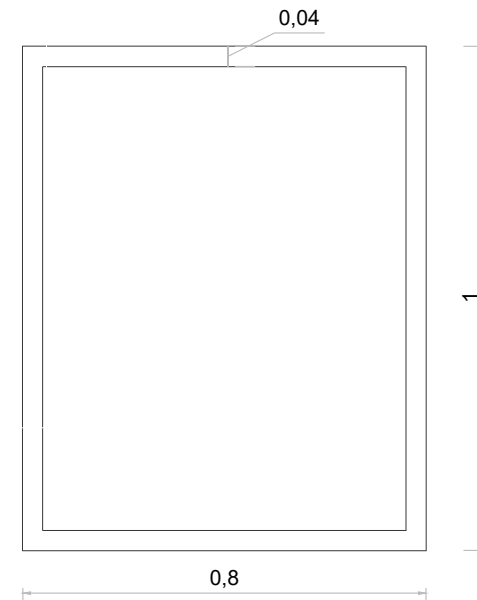
**Sección viga de piso E 1:15**



**Sección extremo exterior cuchillo lateral E 1:15**



**Sección viga longitudinal E 1:15**



**CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES**

MATERIAL	CALIDAD	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA	NIVEL DE CONTROL
Acero estructural	S 355 JR	355 MPa	Intenso

**NOTA**

-Las secciones de arco y longitud de péndolas se especifican en la hoja 2 del plano 3.  
-Unidades en metros.

TÍTULO DEL PROYECTO

**PROYECTO BÁSICO DE PUENTE SOBRE LA RAMBLA DEL JUDÍO EN JUMILLA (MURCIA)**

AUTORES DEL PROYECTO

- Juan Vicente López Olivares
- Marco Palencia Martínez

TÍTULO DEL PLANO

**TABLERO: DEFINICIÓN ESTRUCTURAL**

ESCALA

**VARIAS**

Original A3

FECHA

Septiembre de 2023

Nº PLANO

**3**

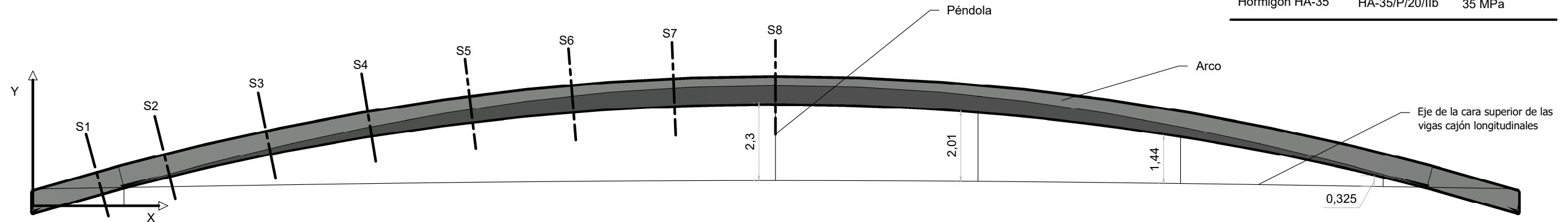
HOJA 1 DE 2



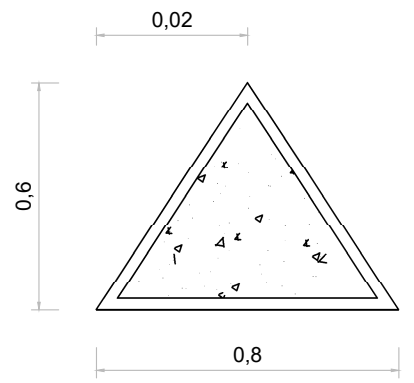
# -ALZADO DEL ARCO E 1:130

## CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

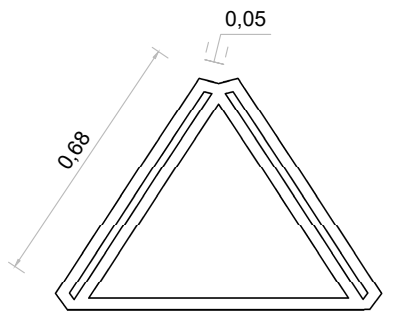
MATERIAL	CALIDAD	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA
Acero estructural	S 355 J2	355 MPa
Hormigón HA-35	HA-35/P/20/IIb	35 MPa



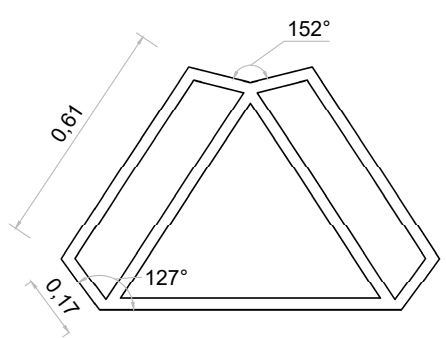
S1 x=2 E 1:20



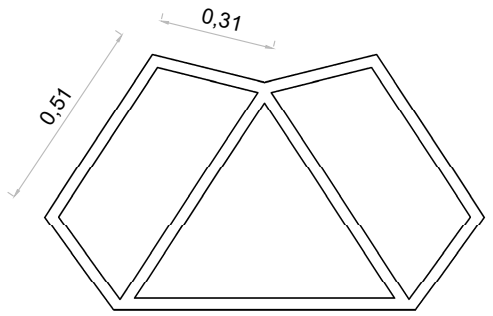
S2 x=4 E 1:20



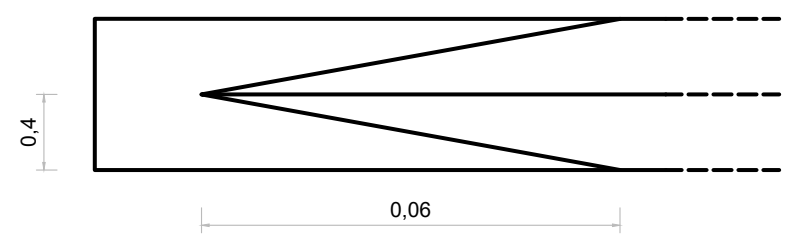
S3 x=7 E 1:20



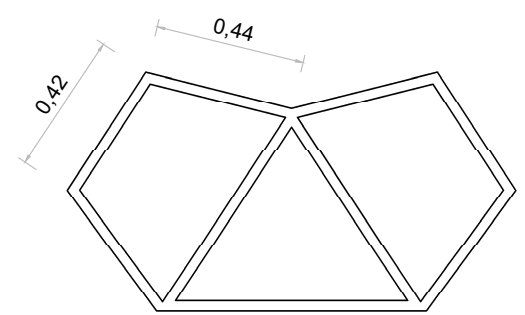
S4 x=10 E 1:20



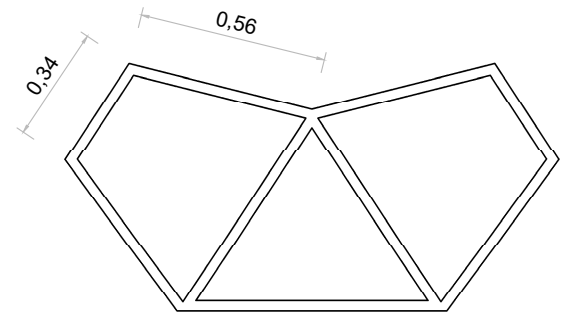
Detalle planta conexión arco-viga longitudinal E 1:40



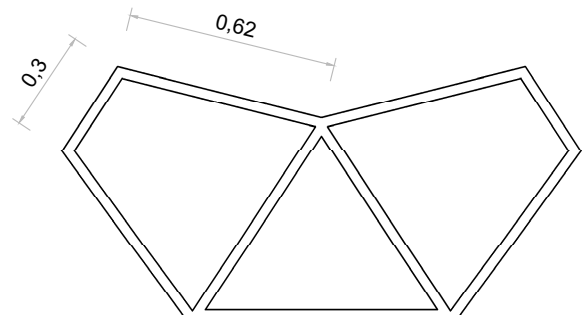
S5 x=13 E 1:20



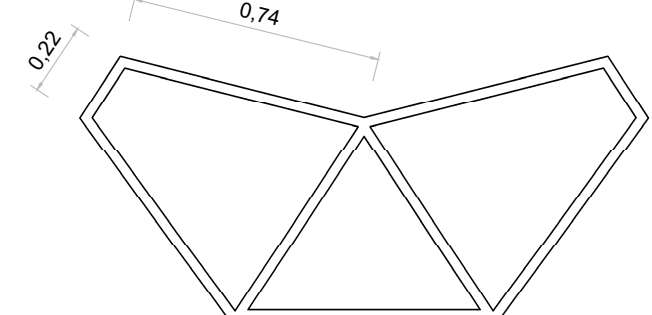
S6 x=16 E 1:20



S7 x=19 E 1:20



S8 x=22 E 1:20

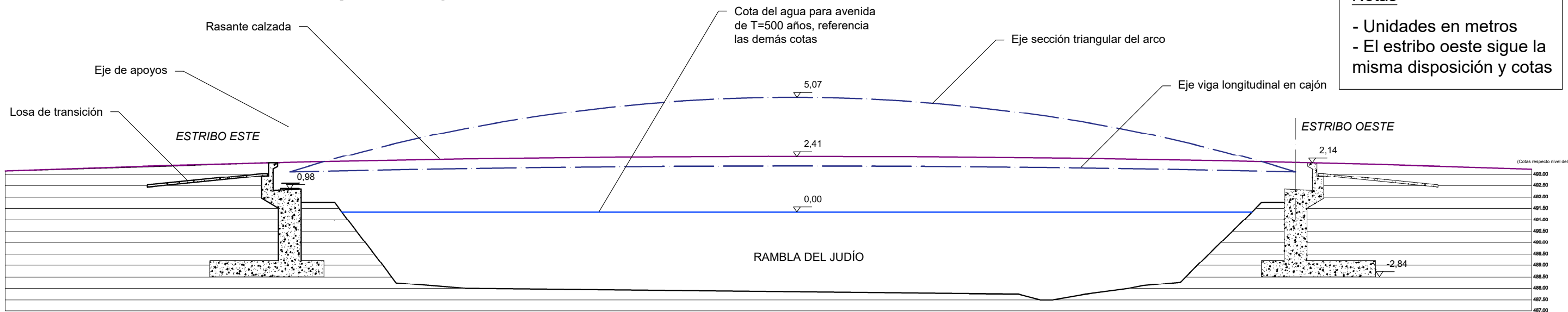


### NOTAS

- La sección del arco esta rellena de hormigón entre  $x=0$  y  $x=2,7$
- Unidades en metros
- Espesor de todos los paneles del arco de 30 mm.
- El sistema de referencia tiene origen donde el eje de apoyo coincide con la directriz de la sección triangular del arco

TÍTULO DEL PROYECTO <b>PROYECTO BÁSICO DE PUENTE SOBRE LA RAMBLA DEL JUDÍO EN JUMILLA (MURCIA)</b>	AUTORES DEL PROYECTO • Juan Vicente López Olivares • Marco Palencia Martínez	TÍTULO DEL PLANO <b>ARCO: DEFINICIÓN ESTRUCTURAL</b>	ESCALA VARIAS Original A3	FECHA Septiembre de 2023	Nº PLANO <b>3</b>
					HOJA 2 DE 2

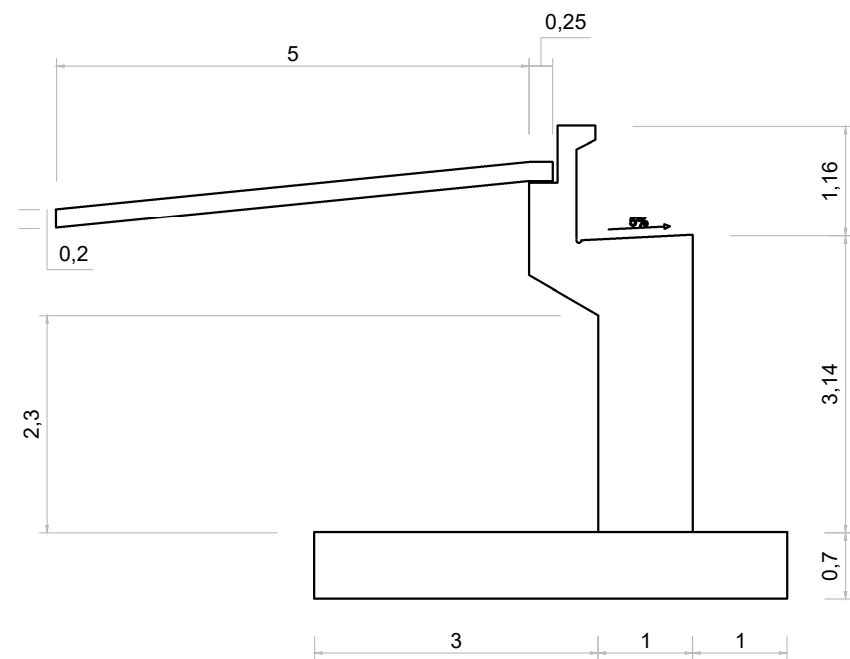
**-Situación de los estribos en el perfil longitudinal (E 1:180)**



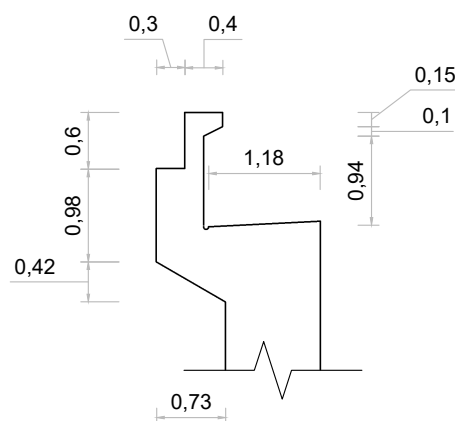
**Notas**  
 - Unidades en metros  
 - El estribo oeste sigue la misma disposición y cotas

**-Definición geométrica del Estribo Este**

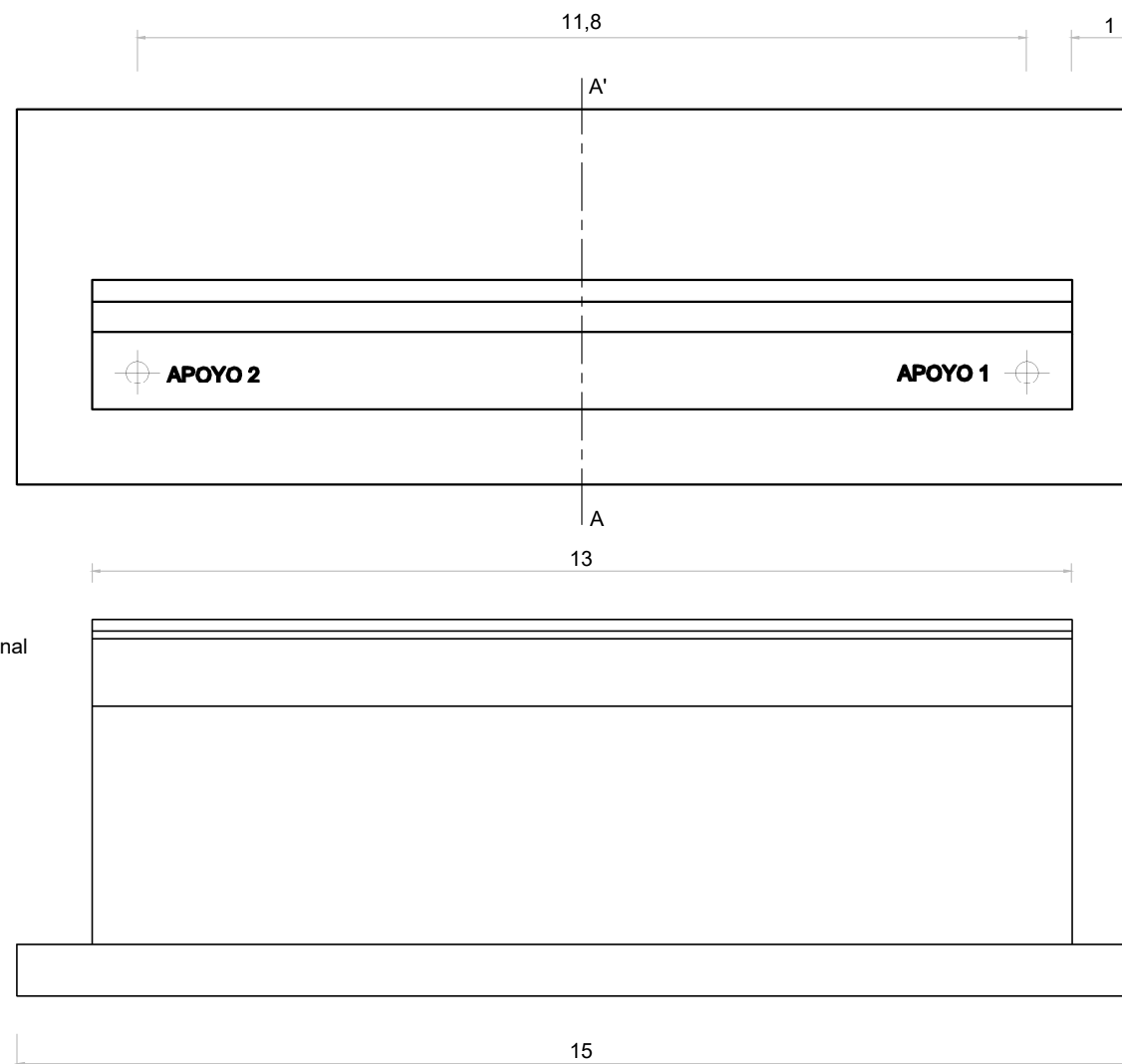
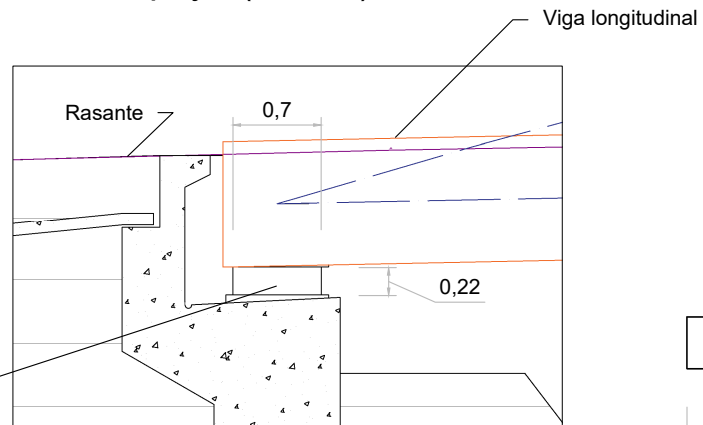
Sección corte AA' (E 1:80)



Detalle sección corte AA' (E 1:80)



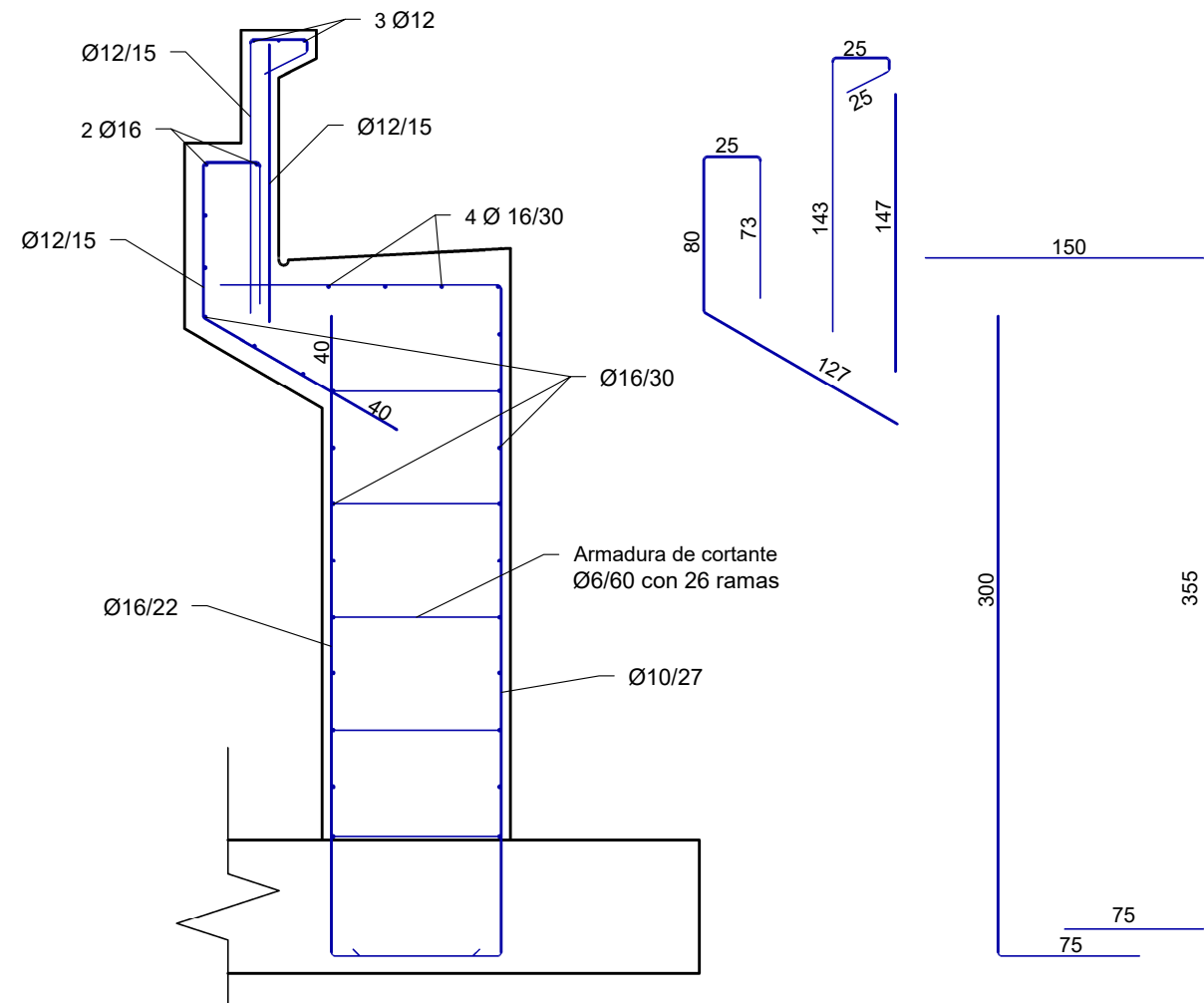
Detalle apoyo (E 1:60)



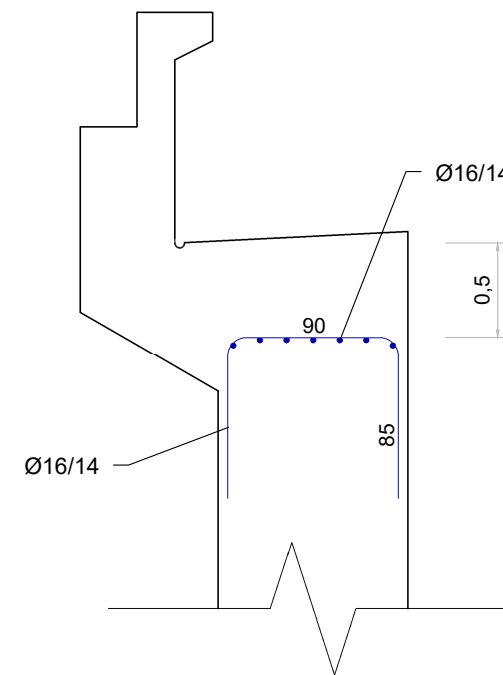
Apoyo elastomérico armado con anclaje 700x800

<p>TÍTULO DEL PROYECTO  <b>PROYECTO BÁSICO DE PUENTE SOBRE LA RAMBLA DEL JUDÍO EN JUMILLA (MURCIA)</b></p>	<p>AUTORES DEL PROYECTO  <ul style="list-style-type: none"> <li>Juan Vicente López Olivares</li> <li>Marco Palencia Martínez</li> </ul> </p>	<p>TÍTULO DEL PLANO  <b>ESTRIBOS: SECCIÓN LONGITUDINAL Y DEFINICIÓN GEOMÉTRICA</b></p>	<p>ESCALA  <b>VARIAS</b>                  Original A3</p>	<p>FECHA                  Septiembre de 2023</p>	<p>Nº PLANO                  HOJA 1 DE 2</p>	<p><b>4</b></p>
--	--	--	---	--	--	-----------------

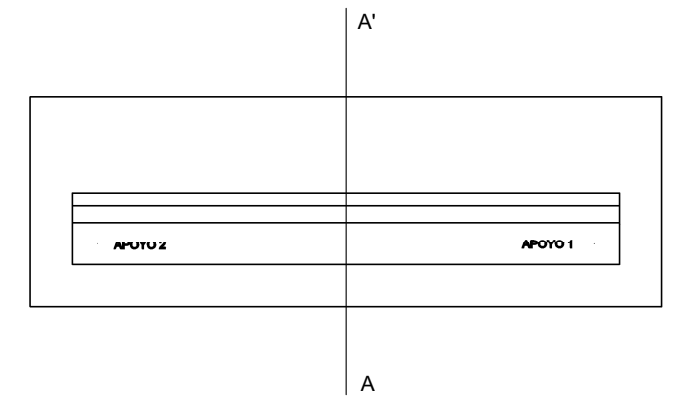
Armado muro de la sección corte AA' (E 1:40)



Detalle armado bajo neopreno (E 1:40)



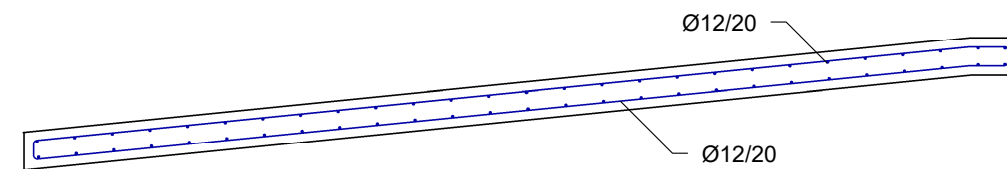
Planta estribo (E 1:180)



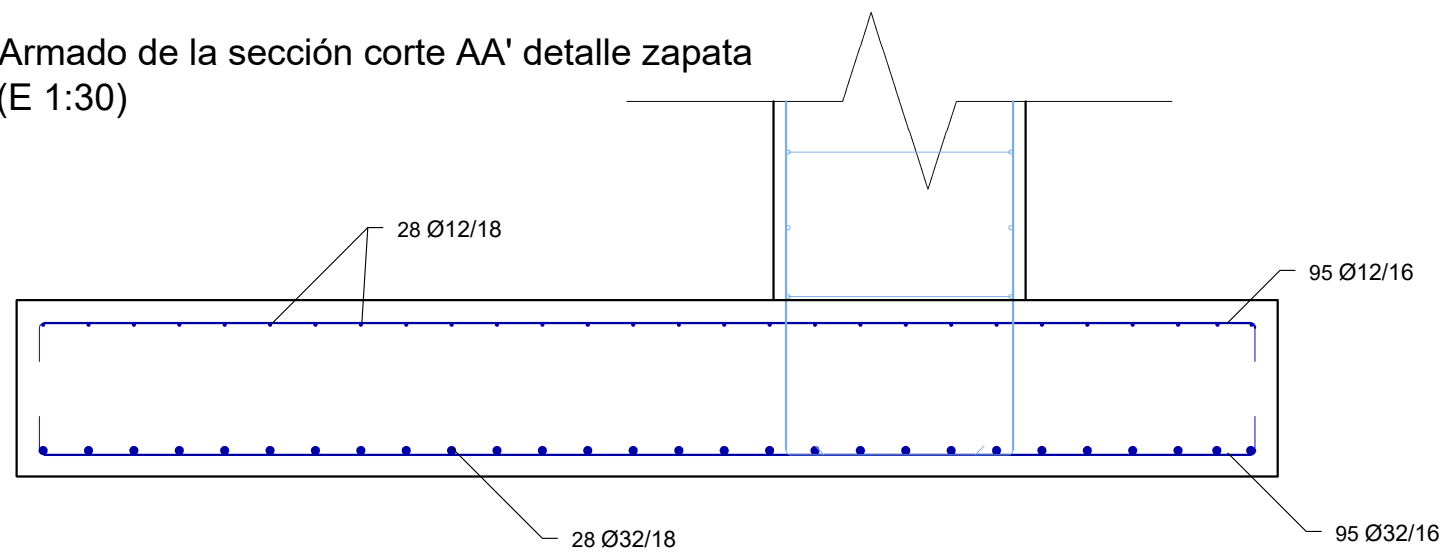
**NOTA**

-Unidades de acotación en metros.  
-Unidades referidas a las armaduras en cm.

Detalle armado losa de transición (E 1:40)



Armado de la sección corte AA' detalle zapata (E 1:30)



**CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES**

ELEMENTO	HORMIGÓN			ACERO
	TIPO	CONSISTENCIA	TAMAÑO MÁXIMO DEL ÁRIDO	TIPO
Muro	HA-35	Fluida	20 mm	B-500S
Zapata	HA-35	Blanda	20 mm	B-500S

TÍTULO DEL PROYECTO

**PROYECTO BÁSICO DE PUENTE SOBRE LA RAMBLA DEL JUDÍO EN JUMILLA (MURCIA)**

AUTORES DEL PROYECTO

- Juan Vicente López Olivares
- Marco Palencia Martínez

TÍTULO DEL PLANO

**ESTRIBOS: DEFINICIÓN DE ARMADO**

ESCALA

VARIAS

Original A3

FECHA

Septiembre de 2023

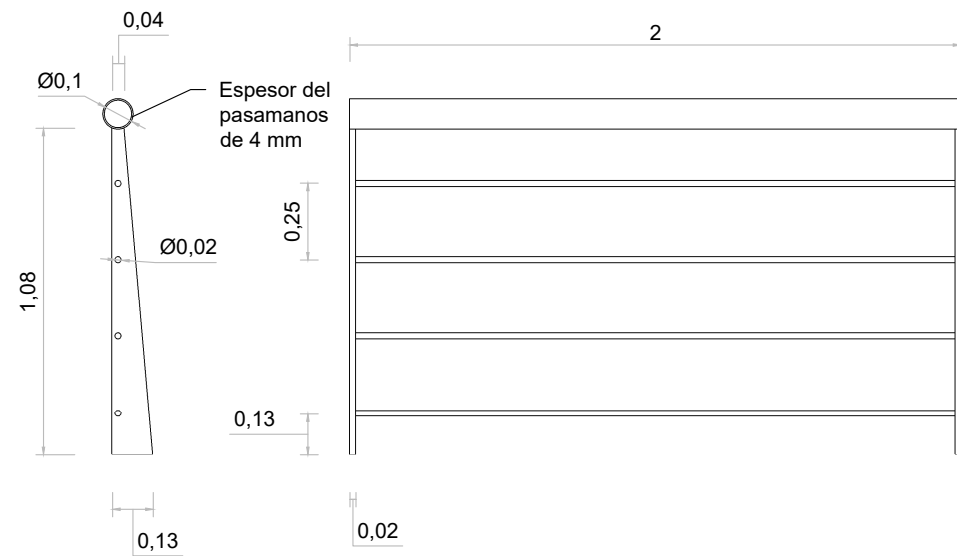
Nº PLANO

**4**

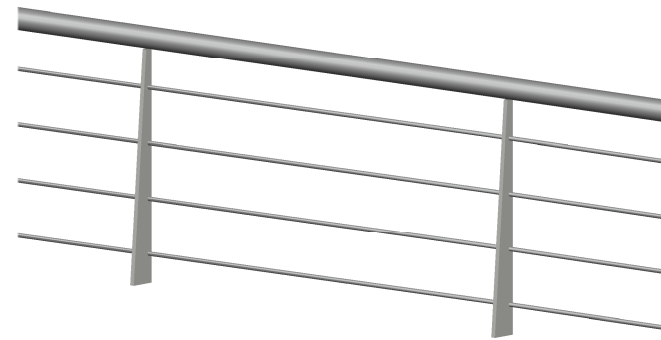
HOJA 2 DE 2



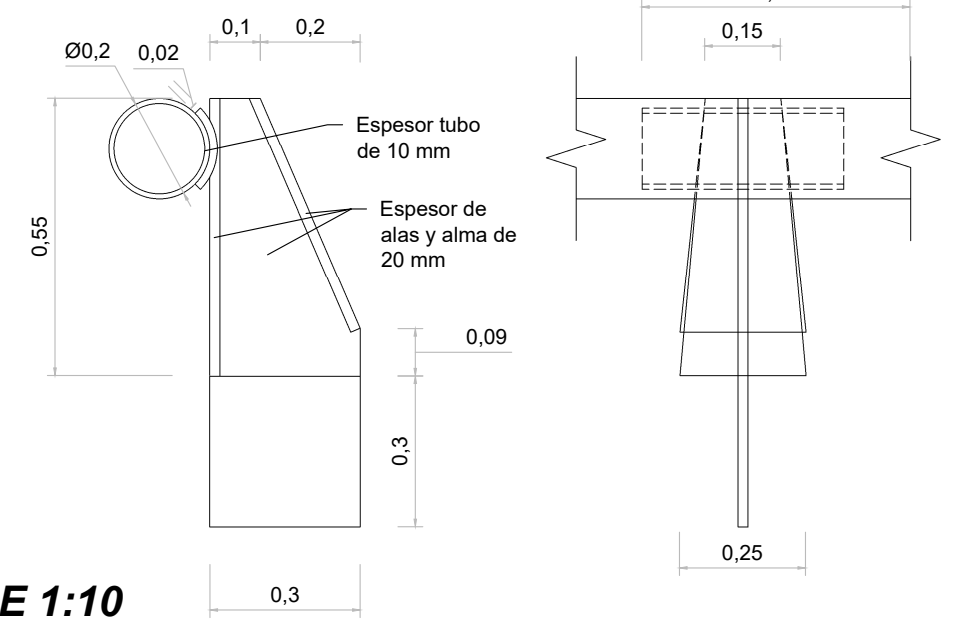
**-Definición barandillas, alzado y perfil E 1:25**



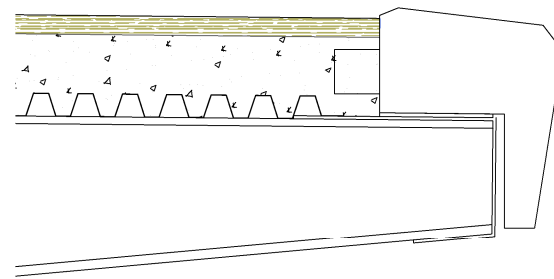
**-Barandillas, visión 3D (Sin escala)**



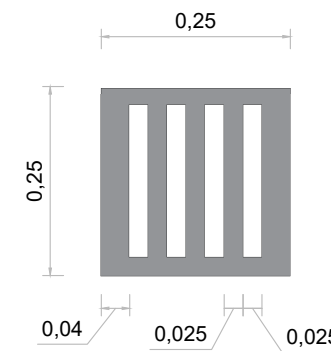
**-Definición pretil de defensa, alzado y perfil E 1:15**



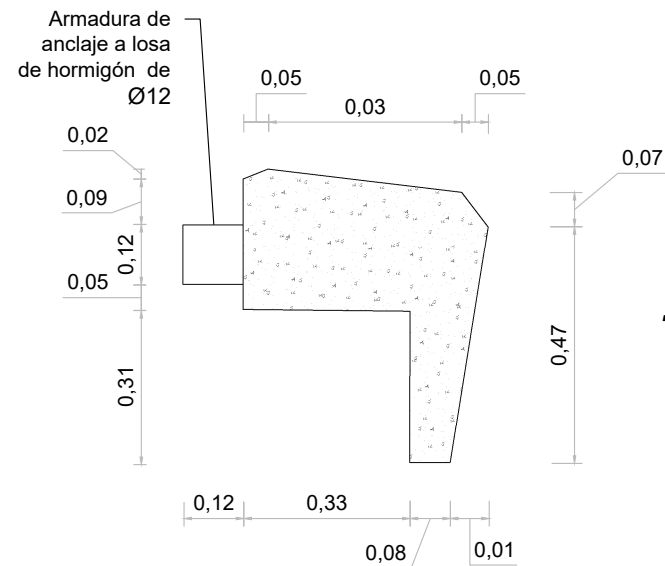
**-Detalle imposta colocada E 1:20**



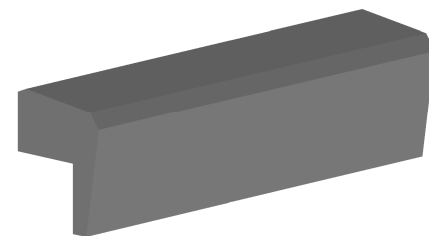
**-Detalle sumidero E 1:10**



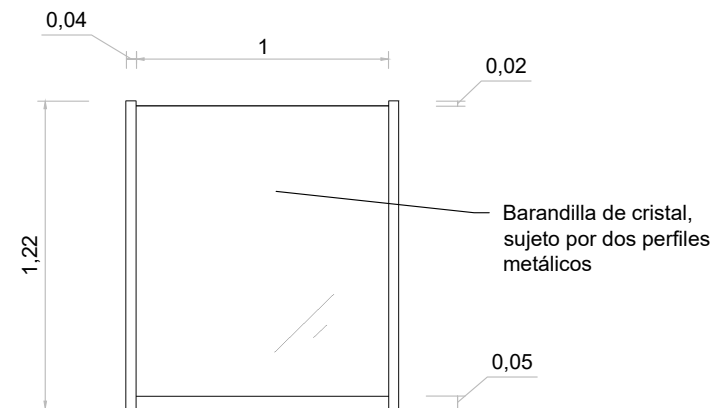
**-Definición imposta E 1:15**



**-Modelo 3D imposta Sin Escala**



**-Definición barandilla interior E 1:30**



**NOTA**

- Unidades en metros.
- Separación entre apoyos del pretil de 1,5 m.
- Distancia entre sumideros de 7 m.
- Espesor del sumidero de 20 mm

**CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES**

ELEMENTOS	MATERIAL	CALIDAD
Pretil	Acero estructural	S 355 JR
Sumidero	Fundición dúctil	C250
Imposta	Hormigón HA-35 con acero B-500-S	HA-35 / B-500-S
Barandilla exterior	Acero estructural	S 275 JR

TÍTULO DEL PROYECTO

**PROYECTO BÁSICO DE PUENTE SOBRE LA RAMBLA DEL JUDÍO EN JUMILLA (MURCIA)**

AUTORES DEL PROYECTO

- Juan Vicente López Olivares
- Marco Palencia Martínez

TÍTULO DEL PLANO

**EQUIPAMIENTOS**

ESCALA

VARIAS  
Original A3

FECHA

Septiembre de 2023

Nº PLANO

**5**

HOJA 1 DE 1



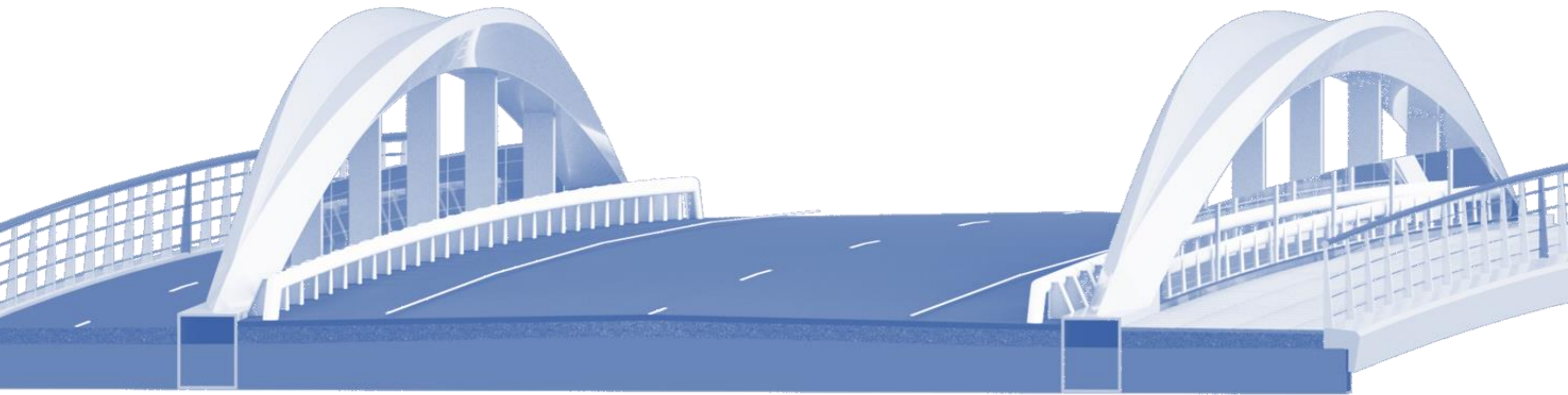
# DOCUMENTO Nº3: VALORACIÓN ECONÓMICA

Curso 2022/2023

Grado en Ingeniería Civil

*Autores: Juan Vicente López Olivares,  
Marco Palencia Martínez*

*Tutor: Salvador Monleón Cremades*



# ÍNDICE

## DOCUMENTO Nº3 PRESUPUESTO

1. OBJETO .....	2
2. UNIDADES DE OBRA CONSIDERADAS.....	2
3. MEDICIONES.....	2
4. CUADRO DE PRECIOS.....	6
5. PRESUPUESTO .....	10

Anexo Plan de Trabajo



## 1. OBJETO

Con el objetivo de poder justificar de manera aproximada el presupuesto previsto para la realización de nuestro puente se ha realizado este documento de valoración económica. Se ha la totalidad de la estructura y equipamientos de esta, contando además con ambos estribos y trabajos a realizar para la correcta ejecución de nuestro proyecto Puente sobre la Rambla del Judío (Jumilla).

Primeramente, se han definido las unidades de obra y sus correspondientes mediciones, seguido a esto se ha realizado un cuadro de precios, donde, se indican los precios unitarios de cada unidad de obra antes especificada y para terminar se ha realizado un presupuesto mostrando el precio de cada unidad de obra.

## 2. UNIDADES DE OBRA CONSIDERADAS

Las unidades de obra designadas se reparten en los siguientes capítulos:

- ❖ CAPÍTULO 1 TRABAJOS PREVIOS
- ❖ CAPÍTULO 2 MOVIMIENTO DE TIERRAS
- ❖ CAPÍTULO 3 SUBESTRUCTURAS
- ❖ CAPÍTULO 4 APARATOS DE APOYO Y JUNTAS DE DILATACIÓN
- ❖ CAPÍTULO 5 ESTRUCTURA DEL PUENTE
- ❖ CAPÍTULO 6 PAVIMENTACIÓN Y DEFENSAS
- ❖ CAPÍTULO 7 BARANDILLAS, ILUMINARIA Y MARCAS VIALES
- ❖ CAPÍTULO 8 PRUEBA DE CARGA
- ❖ CAPÍTULO 9 LIMPIEZA FINAL Y CIERRE DE LA OBRA
- ❖ CAPÍTULO 10 CONTROL DE CALIDAD
- ❖ CAPÍTULO 11 SEGURIDAD Y SALUD

## 3. MEDICIONES

### CAPÍTULO 1: TRABAJOS PREVIOS

CÓDIGO	UD	DESCRIPCIÓN	UDS	LARGO	ANCHO	ALTO	SUBTOTAL	TOTAL	
TP01	m <sup>2</sup>	DESBROCE							
		Desbroce y limpieza del terreno hasta una profundidad no menor de 20cm con medios mecánicos. Eliminación y retirada de los materiales excavados, incluso carga en camión y transporte a vertedero autorizado. Incluye: Remoción de los materiales de desbroce. Retirada y disposición de los materiales objeto de desbroce. Carga a camión.							
		<i>Zona obra</i>	1				5000,00		
		<i>Zona acopio</i>	1				3500,00		
								8500,00	
							<b>TOTAL MEDICIÓN</b>	<b>8500,00</b>	
TP02	Ud	INSTALACIONES DE OBRA							
		Ud. de instalación de caseta de obra y servicios de salubridad y confort así como de las acometidas requeridas por los trabajadores y para la ejecución de la obra. Incluye instalación de vestuarios, lavabos e inodoros, botiquín de primeros auxilios e instalación de transformador a pie de obra.							
								1	
							<b>TOTAL MEDICIÓN</b>	<b>1</b>	
TP03	m <sup>2</sup>	DEMOLICIÓN DE ACERAS Y EQUIPAMIENTOS							
		Demolición de aceras existentes a máquina, incluso elementos urbanos, señalización etc. así como la eliminación los elementos de infraestructura urbana existentes, redes de agua potable, alumbrado, redes de energía eléctrica subterránea, con medios mecánicos incluso carga y transporte a vertedero.							
			1	35,00	7,00		245,00		
								245,00	
							<b>TOTAL MEDICIÓN</b>	<b>245,00</b>	

TP04 m<sup>3</sup> DEMOLICIÓN PARCIAL DE NAVE INDUSTRIAL

Demolición parcial, mediante pala giratoria sobre cadenas con cizalla, de edificio de 600 m<sup>2</sup> de superficie a demoler, y carga mecánica sobre camión o contenedor, aislado, compuesto por 1 planta sobre rasante con una altura edificada de 4 m. El edificio presenta una estructura metálica y su estado de conservación es ruinoso, a la vista de los estudios previos realizados. Incluso transporte y vertido de escombros.

1		290,00				
<b>TOTAL MEDICIÓN</b>						<b>290,00</b>

TP05 m<sup>3</sup> DEMOLICIÓN ESTRUCTURA EXISTENTE

Demolición de estructura existente de hormigón armado con medios mecánicos, incluso carga y transporte a vertedero autorizado.

<i>Pilas</i>	2	3,400	1,000	4,000		27,200
<i>Estribos</i>	2	3,400	2,000	5,000		68,000
<i>Tablero</i>	1	40,000	3,400	1,000		136,000
<b>TOTAL MEDICIÓN</b>						<b>231,200</b>

**CAPÍTULO 2: MOVIMIENTO DE TIERRAS**

**CÓDIGO UD DESCRIPCIÓN UDS LARGO ANCHO ALTO SUBTOTAL TOTAL**

MT01 m<sup>3</sup> EXCAVACIÓN PARA ESTRIBOS

Excavación hasta la cota no menor de 488,50 m en ambos estribos en terrenos arenosos-limosos, con medios mecánicos. Incluso: retirada de materiales excavados, carga a camión, transporte de material a vertedero autorizado, replanteo general y fijación de los puntos y niveles de referencia.

Estribo este	1					748,68
Estribo oeste	1					997,56
<b>TOTAL MEDICIÓN</b>						<b>1746,24</b>

**CAPÍTULO 3: SUBESTRUCTURAS**

**CÓDIGO UD DESCRIPCIÓN UDS LARGO ANCHO ALTO SUBTOTAL TOTAL**

SB01 m<sup>3</sup> HORMIGÓN DE LIMPIEZA

Hormigón HL-15 de limpieza en base del encepado. Incluye: suministro y puesta en obra.

<i>Estribo este</i>	1	15,00	5,00	0,10		7,50
<i>Estribo oeste</i>	1	15,00	5,00	0,10		7,50
<b>TOTAL MEDICIÓN</b>						<b>15,00</b>

SB02 m<sup>2</sup> ENCOFRADO ZAPATA

Superficie de encofrado para encepado con placas metálicas en paramentos verticales planos, no vistos. Incluye: Suministro de placas, colocación, desencofrado y parte proporcional de apeos, apuntalamientos y desencofrante.

<i>Estribo este</i>	1	15,00	5,00	0,70		28,00
<i>Estribo oeste</i>	1	15,00	5,00	0,70		28,00
<b>TOTAL MEDICIÓN</b>						<b>56,00</b>

SB03 Kg ARMADO DE LA ZAPATA

Acero corrugado en redondos, tipo B-500SD en encepados. Incluye: suministro, acopio, ferrallado, colocación, y parte proporcional de separadores, despuntes y solapes.

<i>Estribo este</i>	1					6445,04
<i>Estribo oeste</i>	1					6445,04
<b>TOTAL MEDICIÓN</b>						<b>12890,08</b>

SB04 m<sup>3</sup> HORMIGONADO ZAPATA

Hormigón para armar fabricado y suministrado desde central y vertido directamente desde camión hormigonera. Tipo C35/45 (de resistencia característica 35 MPa) de consistencia blanda, tamaño máximo del árido 20 mm y ambiente XC2. Incluso: extendido, vibrado y curado.

<i>Estribo este</i>	1	15,00	5,00	0,70		52,50
<i>Estribo oeste</i>	1	15,00	5,00	0,70		52,50
<b>TOTAL MEDICIÓN</b>						<b>105,00</b>

**SB05 m<sup>2</sup> ENCOFRADO ESTRIBO**

Superficie de encofrado para alzado de estribos con placas metálicas en paramentos verticales planos, no vistos. Incluye: Suministro de placas, colocación, desencofrado y parte proporcional de apeos, apuntalamientos y desencofrante.

<i>Estribo este</i>	1	13,00	1,00	4,30	120,40	
<i>Estribo oeste</i>	1	13,00	1,00	4,30	120,40	
					240,80	
<b>TOTAL MEDICIÓN</b>					<b>240,80</b>	

**SB06 Kg ARMADO ESTRIBO**

Acero corrugado en redondos, tipo B-500SD en alzado de estribos. Incluye: suministro, acopio, ferrallado, colocación, y parte proporcional de separadores, despuntes y solapes.

<i>Estribo este</i>	1				1667,00	
<i>Estribo oeste</i>	1				1667,00	
					3334,00	
<b>TOTAL MEDICIÓN</b>					<b>3334,00</b>	

**SB07 m<sup>3</sup> HORMIGONADO ESTRIBO**

Hormigón para armar fabricado y suministrado desde central y vertido directamente desde camión hormigonera. Tipo C35/45 (de resistencia característica 35 MPa) de consistencia blanda, tamaño máximo del árido 20 mm y ambiente XC2. Incluso: extendido, vibrado y curado.

<i>Estribo este</i>	1				52,00	
<i>Estribo oeste</i>	1				52,00	
					104,00	
<b>TOTAL MEDICIÓN</b>					<b>104,00</b>	

**SB08 Ud ELEMENTOS DE DRENAJE Y RELLENO LOCALIZADO**

Ud. de tubo de drenaje de PVC  $\phi$ 180 corrugado y ranurado, lámina drenante, impermeabilización con emulsión bituminosa modificada y mechnal de desagüe de PVC  $\phi$ 40. Incluye: suministro, colocación, relleno localizado de material filtrante y compactación del relleno.

<i>Estribo este</i>	1			1		
<i>Estribo oeste</i>	1			1		
					2	
<b>TOTAL MEDICIÓN</b>					<b>2</b>	

**CAPÍTULO 4: APARATOS DE APOYO Y JUNTAS DE DILATACIÓN**

CÓDIGO UD	DESCRIPCIÓN UDS	LARGO	ANCHO	ALTO	SUBTOTAL	TOTAL
AP01	Ud COLOCACIÓN DE APOYOS. NEOPRENOS Apoyos elastoméricos de neopreno zunchado de 700x800x220mm en estribos. Incluye: suministro, formación de base para apoyos con mortero nivelante de alta resistencia y colocación.					
					4	
<b>TOTAL MEDICIÓN</b>					<b>4</b>	

AP02	m JUNTA DE DILATACIÓN Junta de dilatación COMPOSAN JNA-70 con 70mm recorrido o similar completamente instalada. Incluso: suministro.					
					37,20	
<b>TOTAL MEDICIÓN</b>					<b>37,20</b>	

**CAPÍTULO 5: ESTRUCTURA DEL PUENTE**

CÓDIGO UD	DESCRIPCIÓN UDS	LARGO	ANCHO	ALTO	SUBTOTAL	TOTAL
ES01	kg ACERO ESTRUCTURAL Acero laminado estructural S355 para la construcción de los elementos estructurales metálicos. Incluye: fabricación en taller, transporte, ensamblado en obra, colocación y uniones, con medios mecánicos y maquinaria auxiliar. Incluso apeos, imprimación, pintura y remates.					
					253.470,00	253.470,00
<b>TOTAL MEDICIÓN</b>					<b>253.470,00</b>	

ES02	m3 HORMIGON LOSA Hormigón para armar fabricado y suministrado desde central para losa de hormigón del tablero tipo C35/45 tamaño máximo del árido 20 mm y ambiente XC3. Incluye: extendido, vibrado y curado con parte proporcional de ejecución de juntas.					
<i>Calzada</i>					106,50	
<i>Acera</i>					29,00	
<i>Carril bici</i>					29,00	
					164,50	
<b>TOTAL MEDICIÓN</b>					<b>164,50</b>	

ES03	kg ARMADO LOSA Acero corrugado en redondos, tipo B-500SD para la losa de hormigón del tablero. Incluye: suministro, acopio, ferrallado, colocación, y parte proporcional de separadores, despuntes y solapes.					
					40.239,00	40.239,00
<b>TOTAL MEDICIÓN</b>					<b>40.239,00</b>	



ES04	m2	CHAPA GRECADA	Perfil de forjado colaborante HAIRCOL 59 FC o similar de 1,20mm de espesor y de 2.5 m de longitud y de ancho variable, situada encima de las vigas transversales del puente haciendo de encofrado perdido. Incluye: Suministro a obra, transporte, colocación, fijación al tablero y parte proporcional de conectores y medios de unión.		
		Calzada	38,00	11,00	418,00
		Acera	38,00	3,00	114,00
		Carril bici	38,00	3,00	114,00
					646,00
<b>TOTAL MEDICIÓN</b>					<b>646,00</b>

ES05	Ud	IMPOSTA	Imposta de hormigón prefabricada de 2 m de longitud. Incluye: Suministro, transporte, colocación y parte proporcional de esperas para unión con losa de hormigón.		
			44		
					44
<b>TOTAL MEDICIÓN</b>					<b>44</b>

#### CAPÍTULO 6: PAVIMENTACIÓN Y DEFENSAS

CÓDIGO	UD	DESCRIPCIÓN UDS	LARGO	ANCHO	ALTO	SUBTOTAL	TOTAL
P01	m2	PAVIMENTACIÓN ACCESOS	Pavimentación en los accesos. Incluye: Riego de imprimación, riego de adherencia y mezcla bituminosa en caliente. Fabricación, transporte, extensión, regado y compactado.				
			5,00	11,00		55,00	
<b>TOTAL MEDICIÓN</b>						<b>55,00</b>	
P02	m2	PAVIMENTACIÓN DE ESTRUCTURA	pavimentación de la estructura. Incluye: Capa imprimación, aplicación de la impermeabilización de 2,2cm de mástique bituminoso y capa de rodadura de mezcla bituminosa tipo densa D o semidensa S de 7 cm de espesor. Fabricación, transporte, extensión, regado y compactado.				
			44,00	11,00		484,00	
<b>TOTAL MEDICIÓN</b>						<b>484,00</b>	

P03	m	INSTALACIÓN DE DEFENSAS	Defensas del arco situadas en su unión con la calzada formadas por perfiles tubulares metálicos homologados para resistir el impacto de vehículos. Incluye suministro, transporte e instalación. Parte proporcional de medios de unión mediante atornillado.				
			43,00			43,00	
<b>TOTAL MEDICIÓN</b>						<b>43,00</b>	

P04	Ud	INSTALACIÓN DE SUMIDEROS	sumideros de reja de fundición dúctil instalados cada 7 m en la calzada. Incluye: fabricación, transporte, montaje y parte proporcional de mortero de unión.				
			6			6	
<b>TOTAL MEDICIÓN</b>						<b>6</b>	

P05	m2	PAVIMENTACIÓN DE ACERAS	Pavimento en aceras del tipo Loaseta Gls 20x20x4 sin bisel o similar, del catálogo Gls. Incluye: Suministro y colocación. Base de mortero para regularizar.				
			44,00	2,70		118,80	
<b>TOTAL MEDICIÓN</b>						<b>118,80</b>	

#### CAPÍTULO 7: BARANDILLAS, ILUMINARIA Y MARCAS VIALES

CÓDIGO	UD	DESCRIPCIÓN UDS	LARGO	ANCHO	ALTO	SUBTOTAL	TOTAL
B01	m	BARANDILLAS	Barandilla con montantes de acero inoxidable S275 de diseño personalizado con soportes cada 2 m situada en el extremo externo de la acera 7 carril bici, pasamanos de acero inoxidable S275 de 100mm. Incluye: fabricación, transporte e instalación completa, con medios mecánicos y maquinaria auxiliar.				
		Acera	44,00			44,00	
		Carril bici	44,00			44,00	
<b>TOTAL MEDICIÓN</b>						<b>88,00</b>	
B02	Ud	PANEL DE CRISTAL	Panel de cristal templado sujeta por perfiles metálicos de acero inoxidable sin pasamanos de 1,2x1. Incluye: fabricación, transporte e instalación completa.				
			76			76	
<b>TOTAL MEDICIÓN</b>						<b>76</b>	

B03	m	INSTALACIONES Conducciones de de PVC para gas, luz y agua en acera de hormigón. Incluye: instalación de las tuberías y limpieza.	50,00						
<b>TOTAL MEDICIÓN</b>								<b>50,00</b>	
B04	Ud	SEÑALIZACIÓN Señales verticales de tráfico en accesos, entrada y salida del puente, así como líneas continuas de tráfico. Incluye suministro y colocación de señales y pintado de marcas viales.	1						
<b>TOTAL MEDICIÓN</b>								<b>1</b>	
B05	m2	PINTADO CARRIL BICI Pintura carril bici en color granate oscuro a lo largo de los accesos y la estructura. Incluye extensión y parte proporcional de marcas viales para ciclistas.	75,00	2,50					187,50
<b>TOTAL MEDICIÓN</b>								<b>187,50</b>	

#### CAPÍTULO 8: PRUEBA DE CARGA

CÓDIGO	UD	DESCRIPCIÓN	UDS	LARGO	ANCHO	ALTO	SUBTOTAL	TOTAL
PC01	Ud	PRUEBA DE CARGA Partida alzada de abono íntegro para la prestación de medios auxiliares durante la realización de prueba de carga en un puente de carretera, isostático de 1 vano consistente en el suministro del tren de cargas formado por 4 camiones basculantes de 26 t. Incluye ejecución de la prueba de carga y parte proporcional de aparatos de medición y control.	1					
<b>TOTAL MEDICIÓN</b>								<b>1</b>

#### CAPÍTULO 9: LIMPIEZA FINAL Y CIERRE DE LA OBRA

CÓDIGO	UD	DESCRIPCIÓN	UDS	LARGO	ANCHO	ALTO	SUBTOTAL	TOTAL
LF01	Ud	LIMPIEZA FINAL Y CIERRE DE LA OBRA Operaciones de limpieza recogida de escombros, caseta de obra e instalaciones auxiliares. Reposición de servicios instalaciones de electricidad, gas, agua, residuos y líneas varias.	1					
<b>TOTAL MEDICIÓN</b>								<b>1</b>

#### CAPÍTULO 10: CONTROL DE CALIDAD

CÓDIGO	UD	DESCRIPCIÓN	UDS	LARGO	ANCHO	ALTO	SUBTOTAL	TOTAL
CC01	Ud	CONTROL DE CALIDAD Medidas para asegurar la calidad de la obra en cuanto a materiales, ejecución y acabados.	1					
<b>TOTAL MEDICIÓN</b>								<b>1</b>

#### CAPÍTULO 11: SEGURIDAD Y SALUD

CÓDIGO	UD	DESCRIPCIÓN	UDS	LARGO	ANCHO	ALTO	SUBTOTAL	TOTAL
CC01	Ud	SEGURIDAD Y SALUD Conjunto de sistemas de protección colectiva, necesarios para el cumplimiento de la normativa vigente en materia de Seguridad y Salud en el Trabajo. Incluso mantenimiento en condiciones seguras durante todo el periodo de tiempo que se requiera, reparación o reposición y transporte hasta el lugar de almacenaje o retirada a contenedor.	1					
<b>TOTAL MEDICIÓN</b>								<b>1</b>

### 4. CUADRO DE PRECIOS

#### CAPÍTULO 1: TRABAJOS PREVIOS

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO €
TP1	DESBROCE  Desbroce y limpieza del terreno hasta una profundidad no menor de 20cm con medios mecánicos. Eliminación y retirada de los materiales excavados, incluso carga en camión y transporte a vertedero autorizado. Incluye: Remoción de los materiales de desbroce. Retirada y disposición de los materiales objeto de desbroce. Carga a camión.	
<b>DOS EUROS CON DIEZ CÉNTIMOS</b>		<b>2,10</b>

TP02	INSTALACIONES DE OBRA		
	Ud. De instalación de caseta de obra y servicios de salubridad y confort así como de las acometidas requeridas por los trabajadores y para la ejecución de la obra. Incluye instalación de vestuarios, lavabos e inodoros, botiquín de primeros auxilios e instalación de transformador a pie de obra.		
		<b>MIL EUROS</b>	<b>1000,00</b>
TP03	DEMOLICIÓN DE ACERAS Y EQUIPAMIENTOS		
	Demolición de aceras existentes a máquina, incluso elementos urbanos, señalización etc. Así como la eliminación los elementos de infraestructura urbana existentes, redes de agua potable, alumbrado, redes de energía eléctrica subterránea, con medios mecánicos incluso carga y transporte a vertedero.		
		<b>OCHO EUROS CON SESENTA CÉNTIMOS</b>	<b>8,60</b>
TP04	DEMOLICIÓN PARCIAL DE NAVE INDUSTRIAL		
	Demolición parcial, mediante pala giratoria sobre cadenas con cizalla, de edificio de 600 m <sup>2</sup> de superficie a demoler, y carga mecánica sobre camión o contenedor, aislado, compuesto por 1 planta sobre rasante con una altura edificada de 4 m. El edificio presenta una estructura metálica y su estado de conservación es ruinoso, a la vista de los estudios previos realizados. Incluso transporte y vertido de escombros.		
		<b>TRECE EUROS CON SESENTA Y SIETE CÉNTIMOS</b>	<b>13,67</b>
TP05	DEMOLICIÓN ESTRUCTURA EXISTENTE		
	Demolición de estructura existente de hormigón armado con medios mecánicos, incluso carga y transporte a vertedero autorizado.		
		<b>CATORCE EUROS CON OCHENTA Y CUATRO CÉNTIMOS</b>	<b>14,84</b>

## CAPÍTULO 2: MOVIMIENTO DE TIERRAS

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO €
MT01	EXCAVACIÓN PARA ESTRIBOS	
	Excavación hasta la cota no menor de 488,50 m en ambos estribos en terrenos arenosos-limosos, con medios mecánicos. Incluso: retirada de materiales excavados, carga a camión, transporte de material a vertedero autorizado, replanteo general y fijación de los puntos y niveles de referencia.	
		<b>CINCO EUROS CON DIEZ CÉNTIMOS</b>
		<b>5,10</b>

## CAPÍTULO 3: SUBESTRUCTURAS

CÓDIGO	UD	DESCRIPCIÓN	UDS	LARGO	ANCHO	ALTO	SUBTOTAL	TOTAL
SB01		HORMIGÓN DE LIMPIEZA						
		Hormigón HL-15 de limpieza en base del encepado. Incluye: suministro y puesta en obra.						
							<b>CUARENTA Y TRES EUROS CON CUARENTA Y TRES CÉNTIMOS</b>	<b>43,43</b>
SB02		ENCOFRADO ZAPATA						
		Superficie de encofrado para encepado con placas metálicas en paramentos verticales planos, no vistos. Incluye: Suministro de placas, colocación, desencofrado y parte proporcional de apeos, apuntalamientos y desencofrante.						
							<b>QUINCE EUROS CON TREINTA Y DOS CÉNTIMOS</b>	<b>15,32</b>
SB03		ARMADO DE LA ZAPATA						
		Acero corrugado en redondos, tipo B-500SD en encepados. Incluye: suministro, acopio, ferrallado, colocación, y parte proporcional de separadores, despuntes y solapes.						
							<b>UN EURO CON TREINTA CÉNTIMOS</b>	<b>1,30</b>



SB04	HORMIGONADO ZAPATA		
	Hormigón para armar fabricado y suministrado desde central y vertido directamente desde camión hormigonera. Tipo C35/45 (de resistencia característica 35 Ma) de consistencia blanda, tamaño máximo del árido 20 mm y ambiente XC2. Incluso: extendido, vibrado y curado.		
	<b>OCHENTA Y SIETE EUROS CON CUARENTA Y CINCO CÉNTIMOS</b>	<b>87,45</b>	
SB05	ENCOFRADO ESTRIBO		
	Superficie de encofrado para alzado de estribos con placas metálicas en paramentos verticales planos, no vistos. Incluye: Suministro de placas, colocación, desencofrado y parte proporcional de apeos, apuntalamientos y desencofrante.		
	<b>QUINCE EUROS CON TREINTA Y DOS CÉNTIMOS</b>	<b>15,32</b>	
SB06	ARMADO ESTRIBO		
	Acero corrugado en redondos, tipo B-500SD en alzado de estribos. Incluye: suministro, acopio, ferrallado, colocación, y parte proporcional de separadores, despuntes y solapes.		
	<b>UN EURO CON TREINTA CÉNTIMOS</b>	<b>1,30</b>	
SB07	HORMIGONADO ESTRIBO		
	Hormigón para armar fabricado y suministrado desde central y vertido directamente desde camión hormigonera. Tipo C35/45 (de resistencia característica 35 MPa) de consistencia blanda, tamaño máximo del árido 20 mm y ambiente XC2. Incluso: extendido, vibrado y curado.		
	<b>NOVENTA Y CUATRO EUROS CON SESENTA Y SIETE CÉNTIMOS</b>	<b>94,67</b>	
SB08	ELEMENTOS DE DRENAJE Y RELLENO LOCALIZADO		
	Ud. de tubo de drenaje de PVC $\phi$ 180 corrugado y ranurado, lámina drenante, impermeabilización con emulsión bituminosa modificada y mechina de desagüe de PVC $\phi$ 40. Incluye: suministro, colocación, relleno localizado de material filtrante y compactación del relleno.		
	<b>CINCO MIL NOVECIENTOS CINCUENTA Y SEIS EUROS CON NOVENTA Y OCHO CÉNTIMOS</b>	<b>5956,98</b>	

#### CAPÍTULO 4: APARATOS DE APOYO Y JUNTAS DE DILATACIÓN

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO €
AP01	COLOCACIÓN DE APOYOS. NEOPRENOS Apoyos elastoméricos de neopreno zunchado de 700x800x220mm en estribos. Incluye: suministro, formación de base para apoyos con mortero nivelante de alta resistencia y colocación.	
	<b>CUATROCIENTOS OCHENTA Y CINCO EUROS CON CINCUENTA CÉNTIMOS</b>	<b>485,50</b>
AP02	JUNTA DE DILATACIÓN Junta de dilatación COMPOSAN JNA-70 con 70mm recorrido o similar completamente instalada. Incluso: suministro.	
	<b>DOSCIENTOS CUARENTA Y CINCO EUROS</b>	<b>245,00</b>

#### CAPÍTULO 5: ESTRUCTURA DEL PUENTE

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO €
ES01	ACERO ESTRUCTURAL Acero laminado estructural S355 para la construcción de los elementos estructurales metálicos. Incluye: fabricación en taller, transporte, ensamblado en obra, colocación y uniones, con medios mecánicos y maquinaria auxiliar. Incluso apeos, imprimación, pintura y remates.	
	<b>CUATRO EUROS CON VEINTISIETE CÉNTIMOS</b>	<b>4,27</b>
ES02	HORMIGON LOSA Hormigón para armar fabricado y suministrado desde central para losa de hormigón del tablero tipo C35/45 tamaño máximo del árido 20 mm y ambiente XC3. Incluye: extendido, vibrado y curado con parte proporcional de ejecución de juntas.	
	<b>CIENTO TRES EUROS CON OCHENTA Y CINCO CÉNTIMOS</b>	<b>103,88</b>
ES03	ARMADO LOSA Acero corrugado en redondos, tipo B-500SD para la losa de hormigón del tablero. Incluye: suministro, acopio, ferrallado, colocación, y parte proporcional de separadores, despuntes y solapes.	
	<b>UN EURO CON TREINTA CÉNTIMOS</b>	<b>1,30</b>

ES04	<p><b>CHAPA GRECADA</b> Perfil de forjado colaborante HAIRCOL 59 FC o similar de 1,20mm de espesor y de 2.5 m de longitud y de ancho variable, situada encima de las vigas transversales del puente haciendo de encofrado perdido. Incluye: Suministro a obra, transporte, colocación, fijación al tablero y parte proporcional de conectores y medios de unión.</p>	<b>17,20</b>
<b>DIECISIETE EUROS CON VEINTE CÉNTIMOS</b>		<b>17,20</b>
ES05	<p><b>IMPOSTA</b> Imposta de hormigón prefabricada de 2 m de longitud. Incluye: Suministro, transporte, colocación y parte proporcional de esperas para unión con losa de hormigón.</p>	<b>140,35</b>
<b>CIENTOCUARENTA EUROS CON TREINTA Y CINCO CÉNTIMOS</b>		<b>140,35</b>

#### CAPÍTULO 6: PAVIMENTACIÓN Y DEFENSAS

<b>CÓDIGO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>PRECIO UNITARIO €</b>
P01	<p><b>PAVIMENTACIÓN ACCESOS</b> Pavimentación en los accesos. Incluye: Riego de imprimación, riego de adherencia y mezcla bituminosa en caliente. Fabricación, transporte, extensión, regado y compactado.</p>	<b>42,29</b>
<b>CUARENTA Y DOS EUROS CON VEINTINUEVE CÉNTIMOS</b>		<b>42,29</b>
P02	<p><b>PAVIMENTACIÓN DE ESTRUCTURA</b> pavimentación de la estructura. Incluye: Capa imprimación, aplicación de la impermeabilización de 2,2cm de mástique bituminoso y capa de rodadura de mezcla bituminosa tipo densa D o semidensa S de 7 cm de espesor. Fabricación, transporte, extensión, regado y compactado.</p>	<b>56,34</b>
<b>CINCUNTA Y SEIS EUROS CON TREINTA Y CUETRO CÉNTIMOS</b>		<b>56,34</b>
P03	<p><b>INSTALACIÓN DE DEFENSAS</b> Defensas del arco situadas en su unión con la calzada formadas por perfiles tubulares metálicos homologados para resistir el impacto de vehículos. Incluye suministro, transporte e instalación. Parte proporcional de medios de unión mediante atornillado.</p>	<b>23,23</b>
<b>VEINTITRES EUROS CON VEINTITRES CÉNTIMOS</b>		<b>23,23</b>

P04	<p><b>INSTALACIÓN DE SUMIDEROS</b> sumideros de reja de fundición dúctil instalados cada 7 m en la calzada. Incluye: fabricación, transporte, montaje y parte proporcional de mortero de unión.</p>	<b>15,20</b>
<b>QUINCE EUROS CON VEINTE CÉNTIMOS</b>		<b>15,20</b>
P05	<p><b>PAVIMENTACIÓN DE ACERAS</b> Pavimento en aceras del tipo Loaseta Gls 20x20x4 sin bisel o similar, del catálogo Gls. Incluye: Suministro y colocación. Base de mortero para regularizar.</p>	<b>26,33</b>
<b>VEINTISEIS EUROS CON TREINTA Y TRES CÉNTIMOS</b>		<b>26,33</b>

#### CAPÍTULO 7: BARANDILLAS, ILUMINARIA Y MARCAS VIALES

<b>CÓDIGO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>PRECIO UNITARIO €</b>
B01	<p><b>BARANDILLAS</b> Barandilla con montantes de acero inoxidable S275 de diseño personalizado con soportes cada 2 m situada en el extremo externo de la acera 7 carril bici, pasamanos de acero inoxidable S275 de 100mm. Incluye: fabricación, transporte e instalación completa, con medios mecánicos y maquinaria auxiliar</p>	<b>18,52</b>
<b>DIECIOCHO CON CINCUENTA Y DOS</b>		<b>18,52</b>
B02	<p><b>PANEL DE CRISTAL</b> Panel de cristal templado sujeta por perfiles metálicos de acero inoxidable sin pasamanos de 1,2x1. Incluye: fabricación, transporte e instalación completa</p>	<b>26,60</b>
<b>VEINTISEIS CEUROS CON SESENTA</b>		<b>26,60</b>
B03	<p><b>INSTALACIONES</b> Conducciones de PVC para gas, luz y agua en acera de hormigón. Incluye: instalación de las tuberías y limpieza.</p>	<b>6,55</b>
<b>SEIS EUROS CON CINCUENTA Y CINCO CÉNTIMOS</b>		<b>6,55</b>
B04	<p><b>SEÑALIZACIÓN</b> Señales verticales de tráfico en accesos, entrada y salida del puente, así como líneas continuas de tráfico. Incluye suministro y colocación de señales y pintado de marcas viales.</p>	<b>320,44</b>
<b>TRESCIENTOS VEINTE EUROS CON CUARENTA Y CUATRO CÉNTIMOS</b>		<b>320,44</b>

B05 PINTADO CARRIL BICI  
Pintura carril bici en color granate oscuro a lo largo de los accesos y la estructura.  
Incluye extensión y parte proporcional de marcas viales para ciclistas.

**OCHO EUROS CON CINCUENTA Y CINCO CÉNTIMOS 8,55**

#### CAPÍTULO 8: PRUEBA DE CARGA

**CÓDIGO DESCRIPCIÓN PRECIO UNITARIO €**

PC01 PRUEBA DE CARGA  
Partida alzada de abono íntegro para la prestación de medios auxiliares durante la realización de prueba de carga en un puente de carretera, isostático de 1 vano consistente en el suministro del tren de cargas formado por 4 camiones basculantes de 26 t. Incluye ejecución de la prueba de carga y parte proporcional de aparatos de medición y control.

**SEIS MIL QUINIENTOS EUROS 6500,00**

#### CAPÍTULO 9: LIMPIEZA FINAL Y CIERRE DE LA OBRA

**CÓDIGO DESCRIPCIÓN PRECIO UNITARIO €**

LF01 LIMPIEZA FINAL Y CIERRE DE LA OBRA  
Operaciones de limpieza recogida de escombros, caseta de obra e instalaciones auxiliares. Reposición de servicios instalaciones de electricidad, gas, agua, residuos y líneas varias.

**CUATRO MIL TRESCIENTOS CINCUENTA EUROS 4350,00**

#### CAPÍTULO 10: CONTROL DE CALIDAD

**CÓDIGO DESCRIPCIÓN PRECIO UNITARIO €**

CC01 CONTROL DE CALIDAD  
Medidas para asegurar la calidad de la obra en cuanto a materiales, ejecución y acabados.

**VEINTE MIL EUROS 20000,00**

#### CAPÍTULO 11: SEGURIDAD Y SALUD

**CÓDIGO DESCRIPCIÓN PRECIO UNITARIO €**

CC01 SEGURIDAD Y SALUD  
Conjunto de sistemas de protección colectiva, necesarios para el cumplimiento de la normativa vigente en materia de Seguridad y Salud en el Trabajo. Incluso mantenimiento en condiciones seguras durante todo el periodo de tiempo que se requiera, reparación o reposición y transporte hasta el lugar de almacenaje o retirada a contenedor.

**CUARENTA MIL EUROS 40000,00**

### 5. PRESUPUESTO

#### CAPÍTULO 1: TRABAJOS PREVIOS

**CÓDIGO DESCRIPCIÓN CANTIDAD PRECIO UNITARIO PRECIO €**

TP1 DESBROCE  
  
Desbroce y limpieza del terreno hasta una profundidad no menor de 20cm con medios mecánicos. Eliminación y retirada de los materiales excavados, incluso carga en camión y transporte a vertedero autorizado. Incluye: Remoción de los materiales de desbroce. Retirada y disposición de los materiales objeto de desbroce. Carga a camión.

**8500,00 2,10 17850**

TP02 INSTALACIONES DE OBRA  
  
Ud. de instalación de caseta de obra y servicios de salubridad y confort así como de las acometidas requeridas por los trabajadores y para la ejecución de la obra. Incluye instalación de vestuarios, lavabos e inodoros, botiquín de primeros auxilios e instalación de transformador a pie de obra.

**1 1000,00 1000**



TP03	<b>DEMOLICIÓN DE ACERAS Y EQUIPAMIENTOS</b>			
	Demolición de aceras existentes a máquina, incluso elementos urbanos, señalización etc. así como la eliminación los elementos de infraestructura urbana existentes, redes de agua potable, alumbrado, redes de energía eléctrica subterránea, con medios mecánicos incluso carga y transporte a vertedero.			
		245,00	8,60	<b>2107</b>

TP04	<b>DEMOLICIÓN PARCIAL DE NAVE INDUSTRIAL</b>			
	Demolición parcial, mediante pala giratoria sobre cadenas con cizalla, de edificio de 600 m <sup>2</sup> de superficie a demoler, y carga mecánica sobre camión o contenedor, aislado, compuesto por 1 planta sobre rasante con una altura edificada de 4 m. El edificio presenta una estructura metálica y su estado de conservación es ruinoso, a la vista de los estudios previos realizados. Incluso transporte y vertido de escombros.			
		290,00	13,67	<b>3964,3</b>

TP05	<b>DEMOLICIÓN ESTRUCTURA EXISTENTE</b>			
	Demolición de estructura existente de hormigón armado con medios mecánicos, incluso carga y transporte a vertedero autorizado.			
		231,200	14,84	<b>3431,008</b>

<b>PRECIO TOTAL CAPÍTULO 1</b>	<b>28352,308</b>
--------------------------------	------------------

### CAPÍTULO 2: MOVIMIENTO DE TIERRAS

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO €
MT01	<b>EXCAVACIÓN PARA ESTRIBOS</b>			
	Excavación hasta la cota no menor de 488,50 m en ambos estribos en terrenos arenosos-limosos, con medios mecánicos. Incluso: retirada de materiales excavados, carga a camión, transporte de material a vertedero autorizado, replanteo general y fijación de los puntos y niveles de referencia			
		1746,24	5,10	<b>8905,824</b>

<b>PRECIO TOTAL CAPÍTULO 2</b>	<b>8905,824</b>
--------------------------------	-----------------

### CAPÍTULO 3: SUBESTRUCTURAS

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO €
SB01	<b>HORMIGÓN DE LIMPIEZA</b>			
	Hormigón HL-15 de limpieza en base del encepado. Incluye: suministro y puesta en obra.			
		15,00	43,43	<b>651,45</b>

SB02	<b>ENCOFRADO ZAPATA</b>			
	Superficie de encofrado para encepado con placas metálicas en paramentos verticales planos, no vistos. Incluye: Suministro de placas, colocación, desencofrado y parte proporcional de apeos, apuntalamientos y desencofrante.			
		56,00	15,32	<b>857,92</b>

SB03	<b>ARMADO DE LA ZAPATA</b>			
	Acero corrugado en redondos, tipo B-500SD en encepados. Incluye: suministro, acopio, ferrallado, colocación, y parte proporcional de separadores, despuntes y solapes.			
		12890,08	1,30	<b>16757,104</b>

SB04	<b>HORMIGONADO ZAPATA</b>			
	Hormigón para armar fabricado y suministrado desde central y vertido directamente desde camión hormigonera. Tipo C35/45 (de resistencia característica 35 MPa) de consistencia blanda, tamaño máximo del árido 20 mm y ambiente XC2. Incluso: extendido, vibrado y curado.			
		105,00	87,45	<b>9182,25</b>

SB05	<b>ENCOFRADO ESTRIBO</b>			
	Superficie de encofrado para alzado de estribos con placas metálicas en paramentos verticales planos, no vistos. Incluye: Suministro de placas, colocación, desencofrado y parte proporcional de apeos, apuntalamientos y desencofrante.			
		240,80	15,32	<b>3689,056</b>

SB06	<b>ARMADO ESTRIBO</b> Acero corrugado en redondos, tipo B-500SD en alzado de estribos. Incluye: suministro, acopio, ferrallado, colocación, y parte proporcional de separadores, despuntes y solapes.	3334,00	1,30	<b>4334,2</b>
SB07	<b>HORMIGONADO ESTRIBO</b> Hormigón para armar fabricado y suministrado desde central y vertido directamente desde camión hormigonera. Tipo C35/45 (de resistencia característica 35 MPa) de consistencia blanda, tamaño máximo del árido 20 mm y ambiente XC2. Incluso: extendido, vibrado y curado.	104,00	94,67	<b>9845,68</b>
SB08	<b>ELEMENTOS DE DRENAJE Y RELLENO LOCALIZADO</b> Ud. de tubo de drenaje de PVC φ180 corrugado y ranurado, lámina drenante, impermeabilización con emulsión bituminosa modificada y mechnal de desagüe de PVC φ40. Incluye: suministro, colocación, relleno localizado de material filtrante y compactación del relleno.	2	5956,98	<b>11913,96</b>
<b>PRECIO TOTAL CAPÍTULO 3</b>				<b>57231,62</b>

#### CAPÍTULO 4: APARATOS DE APOYO Y JUNTAS DE DILATACIÓN

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO €
AP01	<b>COLOCACIÓN DE APOYOS. NEOPRENOS</b> Apoyos elastoméricos de neopreno zunchado de 700x800x220mm en estribos. Incluye: suministro, formación de base para apoyos con mortero nivelante de alta resistencia y colocación.	4,00	485,50	<b>1942</b>
AP02	<b>JUNTA DE DILATACIÓN</b> Junta de dilatación COMPOSAN JNA-70 con 70mm recorrido o similar completamente instalada. Incluso: suministro.	37,20	245,00	<b>9114</b>
<b>PRECIO TOTAL CAPÍTULO 4</b>				<b>11056</b>

#### CAPÍTULO 5: ESTRUCTURA DEL PUENTE

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO €
ES01	<b>ACERO ESTRUCTURAL</b> Acero laminado estructural S355 para la construcción de los elementos estructurales metálicos. Incluye: fabricación en taller, transporte, ensamblado en obra, colocación y uniones, con medios mecánicos y maquinaria auxiliar. Incluso apeos, imprimación, pintura y remates.	253.470,00	4,27	<b>1082316,9</b>
ES02	<b>HORMIGON LOSA</b> Hormigón para armar fabricado y suministrado desde central para losa de hormigón del tablero tipo C35/45 tamaño máximo del árido 20 mm y ambiente XC3. Incluye: extendido, vibrado y curado con parte proporcional de ejecución de juntas.	164,50	103,88	<b>17088,26</b>
ES03	<b>ARMADO LOSA</b> Acero corrugado en redondos, tipo B-500SD para la losa de hormigón del tablero. Incluye: suministro, acopio, ferrallado, colocación, y parte proporcional de separadores, despuntes y solapes.	40.239,00	1,30	<b>52310,7</b>
ES04	<b>CHAPA GRECADA</b> Perfil de forjado colaborante HAIRCOL 59 FC o similar de 1,20mm de espesor y de 2.5 m de longitud y de ancho variable, situada encima de las vigas transversales del puente haciendo de encofrado perdido. Incluye: Suministro a obra, transporte, colocación, fijación al tablero y parte proporcional de conectores y medios de unión.	646,00	17,20	<b>11111,2</b>

ES05	IMPOSTA Imposta de hormigón prefabricada de 2 m de longitud. Incluye: Suministro, transporte, colocación y parte proporcional de esperas para unión con losa de hormigón.	44	140,35	6175,4
------	--	----	--------	--------

**PRECIO TOTAL CAPÍTULO 5 1169002,46**

**CAPÍTULO 6: PAVIMENTACIÓN Y DEFENSAS**

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO €
P01	PAVIMENTACIÓN ACCESOS Pavimentación en los accesos. Incluye: Riego de imprimación, riego de adherencia y mezcla bituminosa en caliente. Fabricación, transporte, extensión, regado y compactado.	55,00	42,29	2325,95
P02	PAVIMENTACIÓN DE ESTRUCTURA pavimentación de la estructura. Incluye: Capa imprimación, aplicación de la impermeabilización de 2,2cm de mástique bituminoso y capa de rodadura de mezcla bituminosa tipo densa D o semidensa S de 7 cm de espesor. Fabricación, transporte, extensión, regado y compactado.	484,00	56,34	27268,56
P03	INSTALACIÓN DE DEFENSAS Defensas del arco situadas en su unión con la calzada formadas por perfiles tubulares metálicos homologados para resistir el impacto de vehículos. Incluye suministro, transporte e instalación. Parte proporcional de medios de unión mediante atornillado.	43,00	23,23	998,89
P04	INSTALACIÓN DE SUMIDEROS sumideros de reja de fundición dúctil instalados cada 7 m en la calzada. Incluye: fabricación, transporte, montaje y parte proporcional de mortero de unión.	6	15,20	91,2

P05	PAVIMENTACIÓN DE ACERAS Pavimento en aceras del tipo Loaseta Gls 20x20x4 sin bisel o similar, del catálogo Gls. Incluye: Suministro y colocación. Base de mortero para regularizar.	118,80	26,33	3128,004
-----	--	--------	-------	----------

**PRECIO TOTAL CAPÍTULO 6 33812,604**

**CAPÍTULO 7: BARANDILLAS, ILUMINARIA Y MARCAS VIALES**

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO €
B01	BARANDILLAS Barandilla con montantes de acero inoxidable S275 de diseño personalizado con soportes cada 2 m situada en el extremo externo de la acera 7 carril bici, pasamanos de acero inoxidable S275 de 100mm. Incluye: fabricación, transporte e instalación completa, con medios mecánicos y maquinaria auxiliar	88,00	18,52	1629,76
B02	PANEL DE CRISTAL Panel de cristal templado sujeta por perfiles metálicos de acero inoxidable sin pasamanos de 1,2x1. Incluye: fabricación, transporte e instalación completa	76	26,60	2021,6
B03	INSTALACIONES Conducciones de PVC para gas, luz y agua en acera de hormigón. Incluye: instalación de las tuberías y limpieza.	50,00	6,55	327,5
B04	SEÑALIZACIÓN Señales verticales de tráfico en accesos, entrada y salida del puente, así como líneas continuas de tráfico. Incluye suministro y colocación de señales y pintado de marcas viales.	1	320,44	320,44



B05	PINTADO CARRIL BICI Pintura carril bici en color granate oscuro a lo largo de los accesos y la estructura. Incluye extensión y parte proporcional de marcas viales para ciclistas.	187,50	8,55	1603,125
-----	---	--------	------	----------

**PRECIO TOTAL CAPÍTULO 7 5902,425**

#### CAPÍTULO 8: PRUEBA DE CARGA

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO €
PC01	PRUEBA DE CARGA Partida alzada de abono íntegro para la prestación de medios auxiliares durante la realización de prueba de carga en un puente de carretera, isostático de 1 vano consistente en el suministro del tren de cargas formado por 4 camiones basculantes de 26 t. Incluye ejecución de la prueba de carga y parte proporcional de aparatos de medición y control.	1	6500,00	6500

**PRECIO TOTAL CAPÍTULO 8 6500**

#### CAPÍTULO 9: LIMPIEZA FINAL Y CIERRE DE LA OBRA

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO €
LF01	LIMPIEZA FINAL Y CIERRE DE LA OBRA Operaciones de limpieza recogida de escombros, caseta de obra e instalaciones auxiliares. Reposición de servicios instalaciones de electricidad, gas, agua, residuos y líneas varias.	1	4350,00	4350

**PRECIO TOTAL CAPÍTULO 9 4350**

#### CAPÍTULO 10: CONTROL DE CALIDAD

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO €
CC01	CONTROL DE CALIDAD Medidas para asegurar la calidad de la obra en cuanto a materiales, ejecución y acabados.	1	20000,00	20000

**PRECIO TOTAL CAPÍTULO 10 20000**

#### CAPÍTULO 11: SEGURIDAD Y SALUD

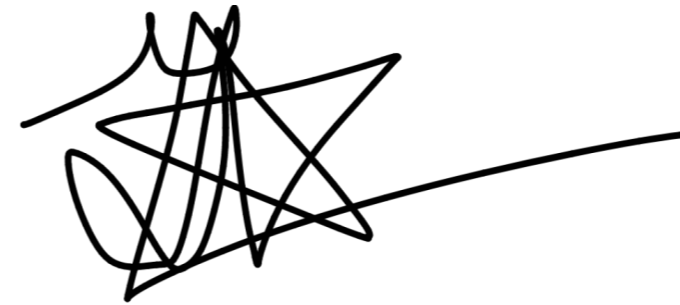
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO €
CC01	SEGURIDAD Y SALUD Conjunto de sistemas de protección colectiva, necesarios para el cumplimiento de la normativa vigente en materia de Seguridad y Salud en el Trabajo. Incluso mantenimiento en condiciones seguras durante todo el periodo de tiempo que se requiera, reparación o reposición y transporte hasta el lugar de almacenaje o retirada a contenedor.	1	40000,00	40000

**PRECIO TOTAL CAPÍTULO 11 40000**

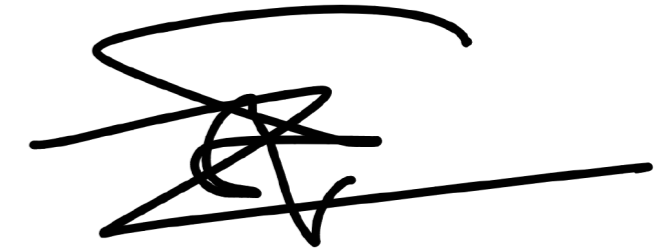
6. RESUMEN DE PRESUPUESTO

RESUMEN DEL PRESUPUESTO			
Nº CAPÍTULO		EUROS	%
CAPÍTULO 1 TRABAJOS PREVIOS		28.352,31 €	2,05
CAPÍTULO 2 MOVIMIENTO DE TIERRAS		8.905,82 €	0,64
CAPÍTULO 3 SUBESTRUCTURAS		57.231,62 €	4,13
CAPÍTULO 4 APARATOS DE APOYO Y JUNTAS DE DILATACIÓN		11.056,00 €	0,80
CAPÍTULO 5 ESTRUCTURA DEL PUENTE		1.169.002,46 €	84,40
CAPÍTULO 6 PAVIMENTACIÓN Y DEFENSAS		33.812,60 €	2,44
CAPÍTULO 7 BARANDILLAS, ILUMINARIA Y MARCAS VIALES		5.902,43 €	0,43
CAPÍTULO 8 PRUEBA DE CARGA		6.500,00 €	0,47
CAPÍTULO 9 LIMPIEZA FINAL Y CIERRE DE LA OBRA		4.350,00 €	0,31
CAPÍTULO 10 CONTROL DE CALIDAD		20.000,00 €	1,44
CAPÍTULO 11 SEGURIDAD Y SALUD		40.000,00 €	2,89
<b>TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL</b>		<b>1.385.113,24 €</b>	<b>100</b>
	13% Gastos generales	180.064,72 €	
	6% Beneficio industrial	83.106,79 €	
<i>Suma de gastos generales y b. industrial</i>		263.171,52 €	
<b>TOTAL PRESUPUESTO SIN IVA</b>		<b>1.648.284,76 €</b>	
	IVA (21%)	346.139,80 €	
<b>PRESUPUESTO TOTAL</b>		<b>1.994.424,56 €</b>	
	<i>Superficie del puente</i>	829,56 €	
PRESUPUESTO TOTAL POR m <sup>2</sup>		<b>2.404,20 €</b>	

Valencia a 1 de Septiembre de 2023, firman los autores del proyecto:



Fdo.: López Olivares, Juan Vicente



Fdo.: Palencia Martínez, Marco

Asciende el presupuesto total a la expresada cantidad de **UN MILLÓN NOVECIENTOS NOVENTA Y CUATRO MIL CUATROCIENTOS VEINTICUATRO EUROS CON CINCUENTA Y SEIS CÉNTIMOS.**

# *ANEXO PLAN DE TRABAJO*



Para desarrollar el programa de trabajo, se han establecido ciertos supuestos iniciales:

- Se considera que una semana constará de 5 días hábiles, y se ha asignado una duración de 8 horas a cada jornada laboral.
- Es importante señalar que las estimaciones de duración de las tareas son aproximadas, ya que se basan en la extrapolación de datos de proyectos similares. Por lo tanto, en un proyecto de construcción real, se requerirá un análisis más detallado y específico para una planificación precisa.

		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24	S25	S26	S27	S28	S29	S30	S31	S32	
FASE 1: TRABAJOS PREVIOS	Desbroche, limpieza y señalizaciones	■	■																															
	Acondicionamiento del emplazamiento		■	■	■	■	■	■	■	■	■																							
FASE 2: EXCAVACIONES	Excavación de zapatas y cimentaciones								■	■	■																							
	Transporte de materiales sobrantes								■	■	■																							
FASE 3: ESTRIBOS Y CIMENTACIONES	Ejecución zapatas									■	■	■	■																					
	Ejecución muros											■	■	■	■	■																		
FASE 4: PUENTE	Montaje del arco (en taller)									■	■	■	■	■	■	■	■																	
	Ejecución de apeos																■	■																
	Colocación y soldadura de las vigas																	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Colocación del arco y unión a las vigas																							■	■	■								
	Colocación imposta																								■	■								
	Colocación chapa grecada y hormigonado																									■	■	■	■	■	■	■	■	■
FASE 5: PAVIMENTACIÓN	Ejecución calzada																																	
	Ejecución de la acera																																	
FASE 6: VARIOS	Disposición de elementos de seguridad																																	
	Disposición equipos de iluminación																																	