



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE VALENCIA

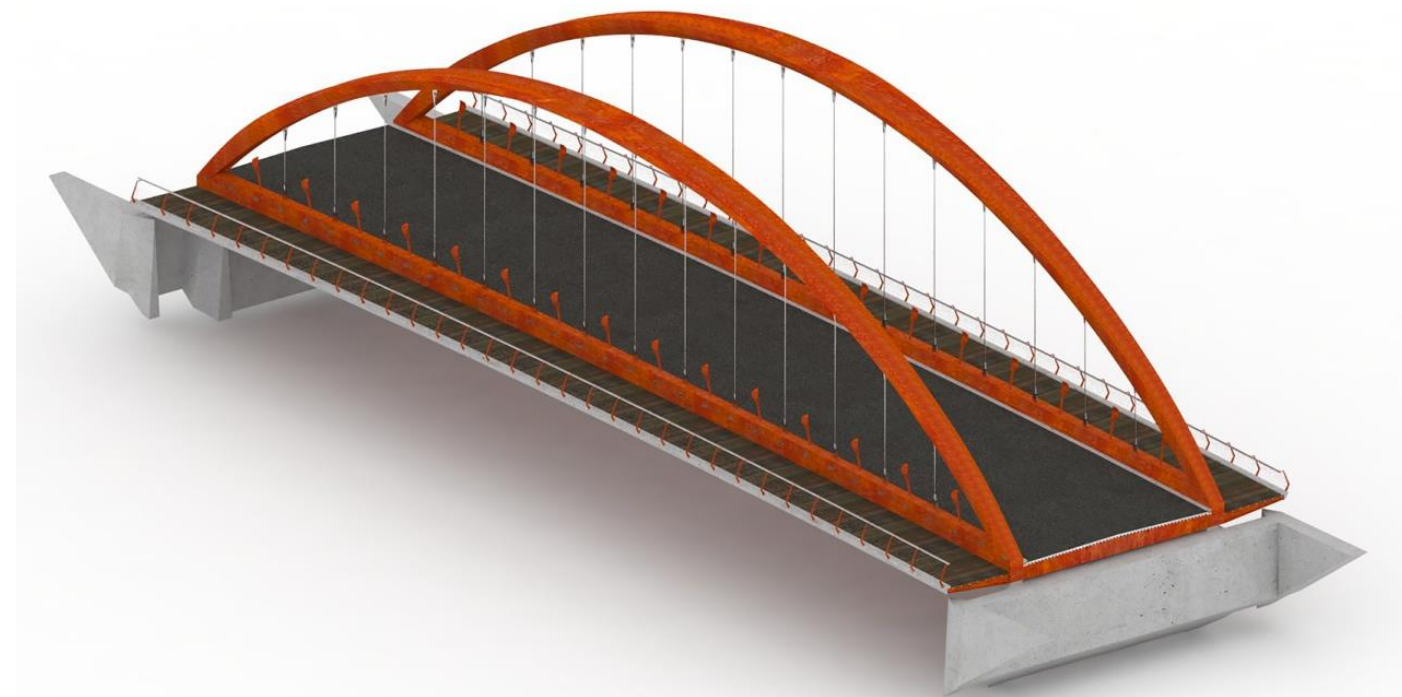
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS



PROYECTO BÁSICO PARA EL “CONCURSO DE PUENTE DEL ACCESO SUR AL PARQUE DE TEMPELHOF, BERLÍN”. DISEÑO Y COMPROBACIÓN DE ESTRUCTURAS. SOLUCIÓN C

GRADO EN INGENIERÍA CIVIL. CURSO ACADÉMICO 2014/2015

TRABAJO FINAL DE GRADO



AUTOR:

FERRI MATEU, SANTIAGO

TUTOR:

LÁZARO FERNÁNDEZ, CARLOS MANUEL

COTUTOR:

CASTRO BUGALLO, MARÍA CARMEN

VALENCIA, JUNIO DE 2015



ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE

1. DOCUMENTO Nº1: MEMORIA

1.1. Memoria

1.2. Anejos a la memoria

1.2.1. Anejo nº1: Estudio de soluciones

1.2.2. Anejo nº2: Informe geotécnico

1.2.3. Anejo nº3: Diseño y comprobación de la subestructura

1.2.4. Anejo nº4: Diseño y comprobación de la estructura

1.2.5. Anejo nº 5: Diseño de equipamientos

1.2.6. Anejo nº6: Proceso constructivo y plan de obra

1.2.7. Anejo nº7: Fotografía e infografía

2. DOCUMENTO Nº2: PLANOS

3. DOCUMENTO Nº3: PRESUPUESTO



MEMORIA

Redactor:

Santiago Ferri Mateu



MEMORIA

ÍNDICE

1. OBJETO Y ANTECEDENTES DEL DOCUMENTO
2. ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO
3. OBJETO DEL PROYECTO BÁSICO
 - 3.1. Situación
 - 3.2. Emplazamiento
4. ANTECEDENTES, LIMITACIONES Y CONDICIONANTES
5. NORMATIVA APLICADA
6. GEOLOGÍA Y GEOTECNIA
7. CONSIDERACIONES MEDIOAMBIENTALES
8. ESTUDIO DE SOLUCIONES
9. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA
10. PROCESO CONSTRUCTIVO
11. PLAZO DE EJECUCIÓN
12. RESUMEN DEL PRESUPUESTO
13. DOCUMENTOS DEL PROYECTO
14. CONCLUSIÓN



1. OBJETO Y ANTECEDENTES DEL DOCUMENTO

El objeto del trabajo planteado por el Taller de Diseño Estructural (modalidad de trabajo en grupo) consiste en desarrollar, en el marco técnico-administrativo de los concursos de ideas a nivel de Proyecto Básico, una propuesta para el puente para el concurso de ideas del "Puente de acceso sur al parque de Tempelhof, Berlín".

Este proyecto servirá como Ejercicio Final de Grado de los alumnos David Cisneros Lorente (tutelado por el profesor Don Salvador Monleón Cremades y el cotutor Don Carlos Manuel Lázaro Fernández), Antonio Davia Cerro (tutelado por el profesor Don José Casanova Colón y el cotutor Don Francisco Izquierdo Silvestre), Santiago Ferri Mateu (tutelado por el profesor Don Carlos Manuel Lázaro Fernández y el cotutor Doña María Carmen Castro Bugallo) y el alumno Adrián Zornoza Arnao (tutelado por el profesor Don Alberto Domingo Cabo y el cotutor Don Salvador Monleón Cremades), con el fin de obtener el título de Graduado en Ingeniería Civil.

En la documentación presentada para la propuesta de concierto directo figuraban las siguientes limitaciones en cuanto al alcance del proyecto que se va a llevar a cabo:

- Por la naturaleza del trabajo, quedaban excluidos del mismo los siguientes documentos: anejo de justificación de precios, pliego de condiciones técnicas particulares y cuadros de precios Nº1 y Nº2.
- Además, el alcance de las comprobaciones de seguridad se limitará a la comprobación de las secciones y elementos críticos para la seguridad de la construcción, así como los principales ELS relacionados con la funcionalidad y la durabilidad. Queda específicamente excluido del TFG cualquier tipo de cálculo dinámico, incluso el relacionado con el sismo, puesto que los alumnos de GIC no han recibido la formación necesaria para abordarlo. Por el mismo motivo, quedan excluidas las comprobaciones de fatiga.
- Los profesores tutores nos instaron a usar la norma española para el desarrollo del mismo.
- Del mismo modo, el proyecto se debe ajustar al pliego de la administración (facilitado para este taller) en todos aquellos aspectos que no hayan sido modificados por los profesores tutores.

2. ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO

La redacción de este documento así como de los anejos que le siguen ha sido llevada a cabo en su totalidad por los cuatro integrantes del equipo que defiende Proyecto Básico para el concurso del "Puente del acceso sur al parque de Tempelhof, Berlín". Solución C. Sin embargo, los figurantes como autores de los siguientes documentos han coordinado los diferentes trabajos directamente relacionados con su título, tendentes a la elaboración y desarrollo de los mismos. A continuación se muestran los diferentes documentos tratados en este proyecto:

Documento Nº1

- **Memoria:** David Cisneros Lorente
Antonio Davia Cerro
Santiago Ferri Mateu
Adrián Zornoza Arnao
- **Anejo Nº1. Estudio de soluciones:** David Cisneros Lorente
- **Anejo Nº2. Informe geotécnico:** Facilitado por los tutores del taller.
- **Anejo Nº3. Diseño y comprobación de la cimentación:** Antonio Davia Cerro
- **Anejo Nº4. Diseño y comprobación de la estructura:** Santiago Ferri Mateu
- **Anejo Nº5. Diseño de equipamientos:** Adrián Zornoza Arnao
- **Anejo Nº6. Proceso constructivo y plan de obra:** Adrián Zornoza Arnao
- **Anejo Nº7. Fotografía e infografía:** David Cisneros Lorente
Antonio Davia Cerro
Santiago Ferri Mateu
Adrián Zornoza Arnao

Las fotografías han sido facilitadas por los tutores del taller.

Documento Nº2: Planos

David Cisneros Lorente
Antonio Davia Cerro
Santiago Ferri Mateu
Adrián Zornoza Arnao

Documento Nº3: Presupuesto

Adrián Zornoza Arnao

Todos los componentes del equipo quieren hacer hincapié en que el trabajo se ha realizado de forma conjunta y que no se trata de la unión de cuatro ejercicios individuales.



3. OBJETO DEL PROYECTO BÁSICO

El objeto de este proyecto básico es la definición de un puente de acceso sur al parque de Tempelhof cumpliendo con el pliego de cláusulas jurídicas, económico-administrativas y técnicas que regirían en el concurso de diseño, con la finalidad de asegurar la interconexión de la calle Oberland y el parque de Tempelhof, dando continuidad a las rutas ciclistas y peatonales ya existentes o de nueva construcción.

La nueva construcción supondrá una mejora de las infraestructuras de uso lúdico y deportivo, dada la nueva utilidad que se otorgará al antiguo aeropuerto. La infraestructura conllevará la apertura de nuevos espacios para el uso y disfrute de los vecinos de la futura zona urbana y visitantes, tales como una zona de paseo o una zona ajardinada.

3.1. Situación

La ciudad de Berlín está situada al noreste de Alemania, a escasos 70 km de la frontera con Polonia, en el Estado Federado de Berlín. Berlín se encuentra en una región formada durante la época glacial en el Urstromtal (antiguo cauce) de Varsovia-Berlín, entre los altiplanos de Barnim y Teltow.

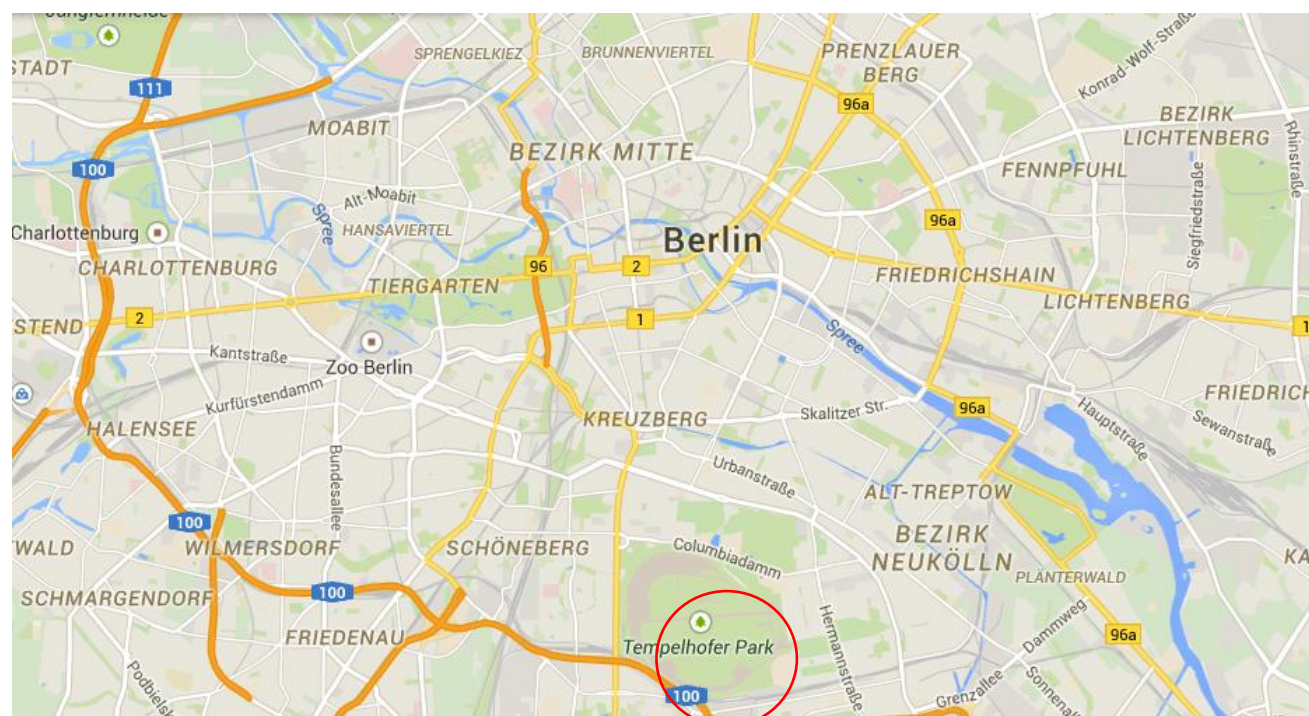


Figura I. IMAGEN DE LA CIUDAD DE BERLÍN Y SITUACIÓN DEL PARQUE

3.2. Emplazamiento

Las obras se emplazan al sur de la ciudad, concretamente al sur del parque de Tempelhof, sobre los terrenos pertenecientes al parque de Tempelhof y la calle Oberlandstrasse.

La zona en la que se sitúan las obras presenta una organización urbanística parcialmente definida; en el lado de la calle Oberland encontramos un uso marcadamente industrial donde podemos encontrar fábricas, un estudio de cine, concesionarios, mientras que en el lado del parque su uso será urbano en un futuro tras la urbanización y de uso lúdico en la zona del antiguo aeropuerto.

El área de actuación queda definida por parte del parque de Tempelhof existente, una parcela que servirá de acceso y por la necesidad de salvar las vías sin interferir en las mismas.

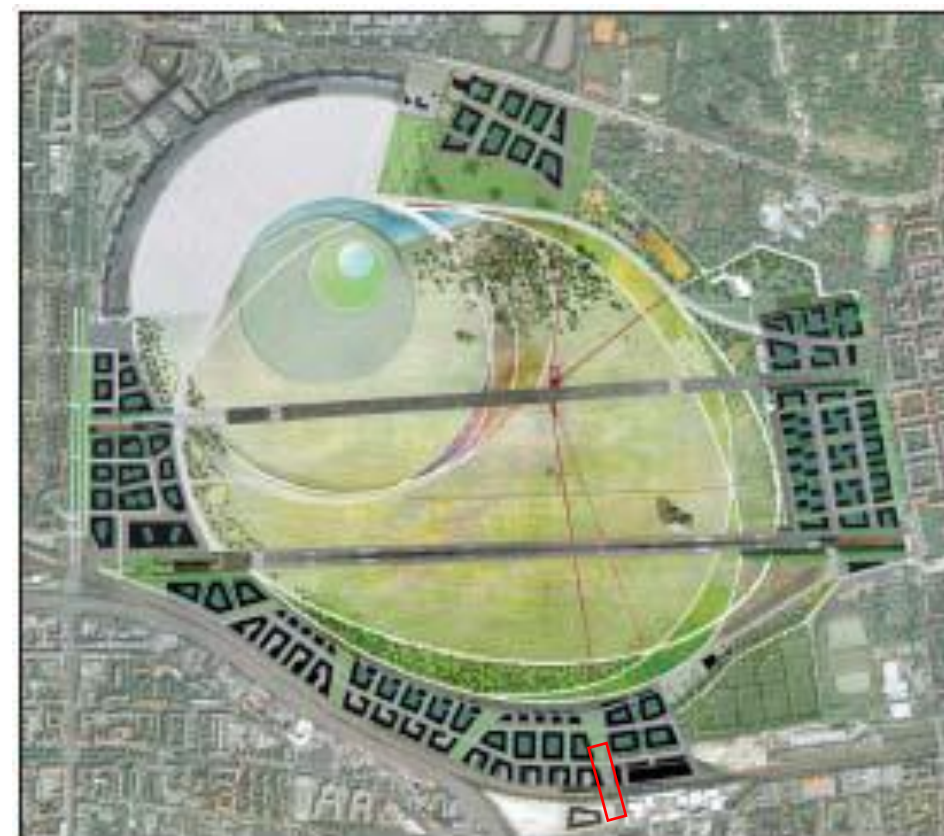


Figura II. EMPLAZAMIENTO DEL PUENTE CON RESPECTO AL PARQUE

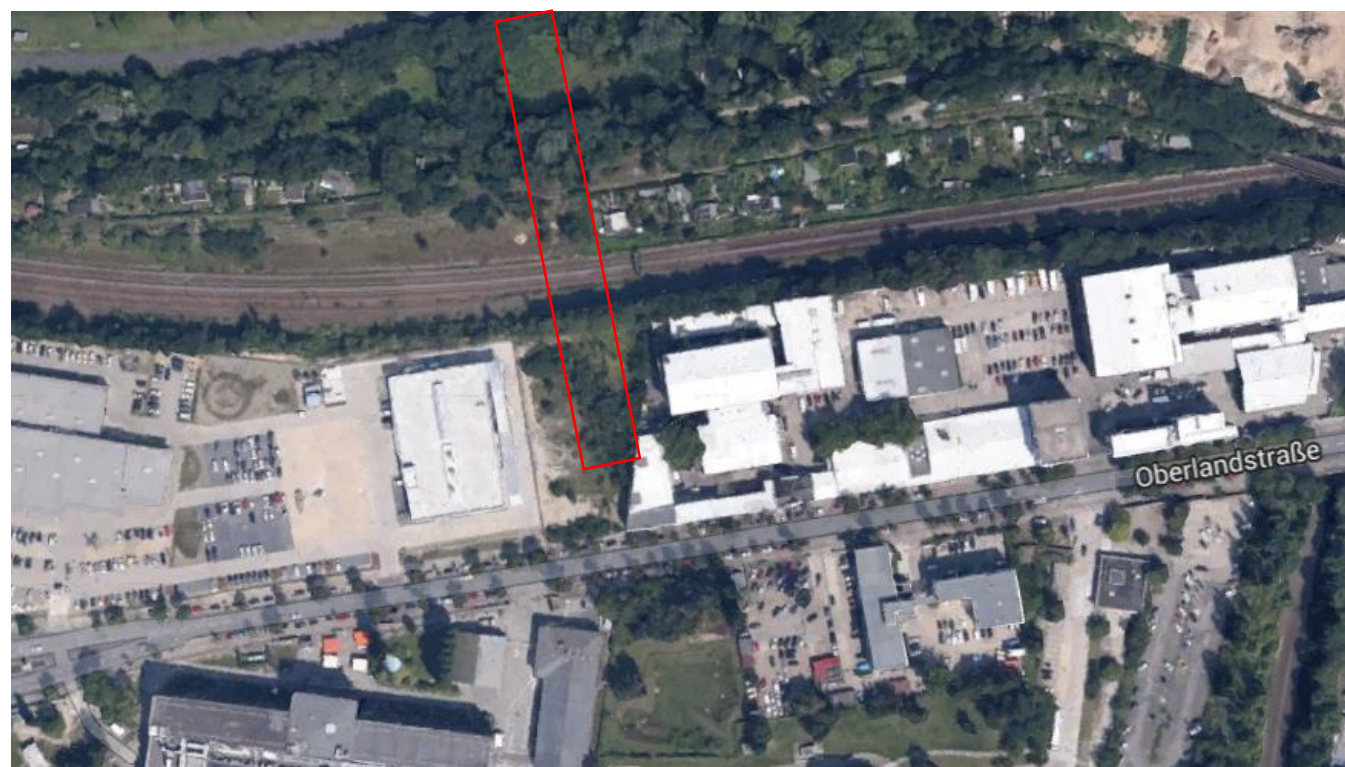


Figura III. EMPLAZAMIENTO DE LAS OBRAS PROYECTADAS



Figura IV. ZONA DE ACTUACIÓN DESDE EL LADO OBERLAND (IZQUIERDA) Y CALLE OBERLANDSTRASSE (DERECHA)

4. ANTECEDENTES, LIMITACIONES Y CONDICIONANTES

El concurso publicado por la administración competente, que sirve de base para la redacción de la presente propuesta técnica, determina las características técnico-administrativas que deben satisfacer

las propuestas. Estas van a suponer un condicionante determinante en la concepción de la solución presentada en este documento.

A continuación se exponen los requisitos a cumplir:

Emplazamiento

Las obras se situarán en el término de Berlín al sur de la ciudad, más concretamente al sur del Parque de Tempelhof.

Características del trazado

Trazado en planta: el puente debe resolver la conexión entre la parte sur del antiguo aeropuerto de Tempelhof y la calle Oberlandstrasse.

Trazado en alzado: queda esencialmente sujeto a la cota de rasante facilitada por la Administración, la cual posee dos puntos de entrada y salida a los accesos de la estructura y dos pendientes del 3,5% y del 3% desde la calle Oberland y desde el aeropuerto respectivamente.

Características funcionales

Ancho útil: el ancho útil mínimo exigido es de 18,0 m, repartidos en 11,0 m para la calzada (2 carriles de 3,50 m y carril bici-arcén de 2,0 m en cada sentido) y 2x3,5 m para las aceras, reservadas para peatones.

Gálibos: los gálibos vienen impuestos por el ente operador del ferrocarril. Estos gálibos corresponden con una luz libre mayor de 32,422 m y un resguardo mínimo de 1,3675 m entre el tablero y los ferrocarriles.

Pendiente transversal máxima: 2,5 % correspondiente al bombeo.

Materiales estructurales

La selección de los materiales estructurales es libre, pero siempre prestando especial atención a la durabilidad y mantenimiento futuros.

Tipologías

La tipología está únicamente sujeta a no disponer apoyos dentro de la zona de influencia del ferrocarril.



Una vez expuestas las exigencias administrativas, se tratan de definir el resto de condicionantes y limitaciones a los que está sometido el planteamiento de alternativas para el puente. Estos condicionantes llevarán aparejadas una serie de medidas a adoptar para conseguir que el diseño final se adecue correctamente a ellos.

Condicionantes naturales

- Geotecnia

Consecuencias: Terreno competente para cimentar a partir de la cota de +42 m. sobre el nivel del mar.

Condicionantes estéticos

- Estética+seguridad, durabilidad y funcionalidad

Consecuencias: Se dará especial preferencia a las soluciones englobadas en la seguridad y durabilidad sin despreciar el factor estético y sin descuidar el carácter creativo.

- Núcleos urbanos próximos, zona muy visible

Consecuencias: Diseño estético cuidado del conjunto. Atención especial a la forma de los equipamientos.

Condicionantes debidos a la construcción

- Economía

Consecuencias: Tener en cuenta el coste total a largo plazo incluyendo construcción, mantenimiento, etc.

Como se puede observar todos los condicionantes exigen al diseño ciertas características que es necesario reflejar en las diferentes soluciones. Estas consecuencias se pueden resumir en una serie de puntos a cumplir por las distintas alternativas:

- Puente sin apoyos intermedios en la zona de influencia del ferrocarril.
- Procedimiento de actuación con la mínima afección al entorno posible.
- Diseño estético del conjunto adecuado.
- Cumplimiento de gálibos.
- Economía.

5. NORMATIVA APLICADA

La normativa aplicada para la realización de este proyecto, teniendo en cuenta el alcance de este taller, ha sido principalmente la siguiente:

- *Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera (IAP-11).* Con el apoyo en ciertos aspectos (por ejemplo valores dependientes de la ubicación) del anejo nacional correspondiente a Alemania del Eurocódigo 0 para las acciones térmicas y del viento.
- *Eurocódigo 2: Proyecto de estructuras de hormigón (UNE EN 1992-1-1:2004)* con el apoyo de la *Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08)* por ejemplo para el cálculo de armaduras en zonas de apoyo.
- *Instrucción de acero estructural (EAE-11).*
- *Guía de cimentaciones en obras de carretera.*
- *Instrucción 5.2-IC. Drenaje superficial.*
- *Máximas lluvias diarias en la España Peninsular.*
- *Recomendaciones para la iluminación de carreteras y túneles.*

6. GEOLOGÍA Y GEOTECNIA

En el *Anejo nº2: Informe geotécnico* y en el *Anejo nº3: Diseño y comprobación de la cimentación* se proporcionan los datos geológicos y geotécnicos suficientes para la caracterización geomecánica del terreno de cimentación en la zona de ubicación del puente.

De la evaluación de los resultados obtenidos para los valores de tensión y deformación admisibles del terreno, se plantea la ejecución de una cimentación superficial mediante estribos con zapata.

Ésta se situará a una cota de +42,00 m en el estribo norte y de +41,84 m en el estribo sur apoyándose ambos sobre un estrato de arenas medias, siendo éste lo suficientemente competente para soportar las cargas transmitidas por la cimentación. Se ha optimizado su diseño de manera que cumpla con las comprobaciones geotécnicas a hundimiento, vuelco, deslizamiento y asiento, obteniéndose así unas dimensiones mínimas en planta de 7 metros de anchura y un canto de 1,00 metros.



7. CONSIDERACIONES MEDIOAMBIENTALES

Como antecedentes, la obra se caracteriza por estar inmersa en un entorno eminentemente urbano. Como se ha descrito anteriormente, se trata de un puente de pequeña luz destinado a cruzar las vías de dos líneas de ferrocarril (S-Bahn y U-Bahn). Dicho puente es sólo una parte de un Masterplan que pretende mejorar la calidad urbanística de Berlín de una zona periférica de la ciudad marcada en la actualidad por el uso industrial 'ligero' y el comercio (talleres de chapa y pintura, concesionarios, estudios cinematográficos, etc.) y residencial de baja altura (unifamiliares, adosados, edificios de menos de cinco plantas, etc.).



Figura V. ENTORNO. CONCESIONARIO VOLKSWAGEN



Figura VI. ENTORNO. ESTUDIOS CINEMATOGRAFICOS

El plan de desarrollo contempla potenciar el uso residencial de la zona y unirlo con la adecuación del antiguo aeropuerto en desuso de Tempelhof. La finalidad es crear una zona verde y de ocio en los dominios del aeropuerto para el uso recreativo de los habitantes, así como la celebración de eventos, festivales, exposiciones y demás. (Ver figura II de este documento).

La naturaleza urbana de la obra sobre un área ya construida y edificada y que cuenta además con una obra de gran afección ambiental como una vía de ferrocarril indica, a priori, que desde el punto de vista medioambiental no se va a afectar negativamente. Es más, adecuando el diseño del puente al entorno y creando zonas ajardinadas en sus proximidades (por ejemplo, en taludes) seguramente se consiga mejorar el impacto global de la zona.

Dicho esto, parece razonable que se enfoque la afección de la obra desde un punto de vista de mejorar la convivencia del proceso constructivo con las actividades ya existentes (evitar emisiones de ruido, polvo, afección al tránsito normal de vehículos son algunos ejemplos).

La actividad más conflictiva desde este punto de vista va a ser, sin duda, el movimiento de tierras. Es por ello, además de por motivos económicos, que se tratará, en la medida de lo posible, de reutilizar los materiales existentes en la zona.

En el informe geotécnico proporcionado por la empresa GBA se citan dos depósitos de escombros potencialmente contaminantes (clasificados por la Oficina de Medio Ambiente en el Registro de Suelos Contaminados como 2443 y 9567) detectados en la ejecución de los sondeos BS1/12 y BS2/12 (lado Norte) y en el relleno de una antigua zanja al Sur de la intervención.

Desde el punto de vista de la reutilización de materiales, resulta desaconsejable el uso de estos materiales como relleno de nuevos terraplenes. Será necesario proceder a la descontaminación y traslado a vertedero de los mismos.

Para resolver la emisión de polvo y de suciedad a la vía pública y a las parcelas colindantes se puede proceder a la humidificación de los viales de acceso en función del viento y la temperatura diarios.

Se deberá controlar el nivel de ruidos emitidos y realizar el adecuado mantenimiento de la maquinaria, sobre todo en lo referente a sistemas de escape (con mayor hincapié aún en las máquinas diesel) por la emisión de partículas y ruido. No se realizarán jornadas laborales nocturnas (exceptuando el caso, sólo por necesidad, en el que se deba aprovechar un corte ferroviario)

Se ha informado también de la existencia de nivel freático a la cota +33,60 m aproximadamente, hecho que no afectará ni se verá afectado por la obra en ningún momento dado que la cota mínima de intervención coincide con la cimentación de uno de los estribos y es +41,84 m.



Figura VII. EJEMPLOS DE VEGETACIÓN AFECTADA.

En lo que respecta a afección a la flora y fauna no se ha detectado perjuicio para ninguna especie animal ni especie vegetal protegida. La vegetación (de carácter herbáceo y arbustivo, con algunos ejemplares arbóreos de naturaleza caducifolia como, por ejemplo, castaños o hayas) local se verá afectada en el momento del desbroce y por la ejecución de los terraplenes. Sin embargo, como se ha dicho anteriormente, se prevé la creación de zonas ajardinadas nuevas con especies autóctonas por lo que el impacto final resultará positivo.



Para concluir, decir que a la vista de lo expuesto anteriormente, no cabe esperar afecciones al medio ambiente. En cualquier caso, para un proyecto de construcción será necesario llevar a cabo un estudio específico para descartar posibles efectos adversos y, además, prever las medidas a adoptar en el propio proyecto.

8. ESTUDIO DE SOLUCIONES

La problemática del paso sobre las vías del ferrocarril se ha caracterizado por incluir un gran conjunto de condiciones físicas, socioeconómicas, culturales y de diversa índole que han supuesto una gran tarea en el desarrollo del proyecto presentado. En el *Anejo nº1: Estudio de soluciones* se ha expuesto un resumen de las variables y procesos más importantes llevados a cabo en la primera fase de diseño de las obras objeto del proyecto.

Como conclusión se obtuvieron 3 tipologías estructurales que cumplían claramente las premisas impuestas para la solución: la elección entre un puente atirantado de un único plano de tirantes, un puente viga de hormigón pretensado o un puente arco tipo *bow-string* en acero ha resultado compleja al suponer cada una de ellas una solución perfectamente apta para la problemática que en el presente proyecto se resuelve.

Los motivos fundamentales para rechazar la opción del puente atirantado han sido, por un lado la mayor complejidad estructural de la solución, y por otro, el coste elevado de la estructura en comparación a las otras dos. Las causas de rechazar el puente viga han sido la limitación de canto (para ofrecer mayor resguardo con otra tipología) y el valor estético reducido sobre el nivel del tablero.

La solución finalmente adoptada para el Proyecto Básico para el concurso del "Puente de acceso sur al parque de Tempelhof, Berlín" en base a las ventajas e inconvenientes que presenta, es la correspondiente al puente en arco tipo *bow-string* de dos arcos exentos. La estructura es de vano único, para interferir lo mínimo posible a las vías de ferrocarril y al carril de servicio paralelo, con 65,31 metros de longitud entre apoyos y una flecha aproximada de 13 metros en el punto central, obteniendo una relación flecha/luz de aproximadamente 1/5.

9. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

El puente desarrollado en el presente proyecto se enmarca dentro de las obras de construcción del puente de acceso sur al parque de Tempelhof, en la ciudad de Berlín (Alemania).

Se trata de un puente arco tipo *bow-string* de dos arcos exentos situados entre calzada y aceras. La estructura es de vano único, para interferir lo mínimo posible a las vías de ferrocarril y al carril de servicio paralelo, con 65,31 metros de longitud entre apoyos y una flecha aproximada de 13 metros en el punto central, obteniendo una relación flecha/luz de aproximadamente 1/5.

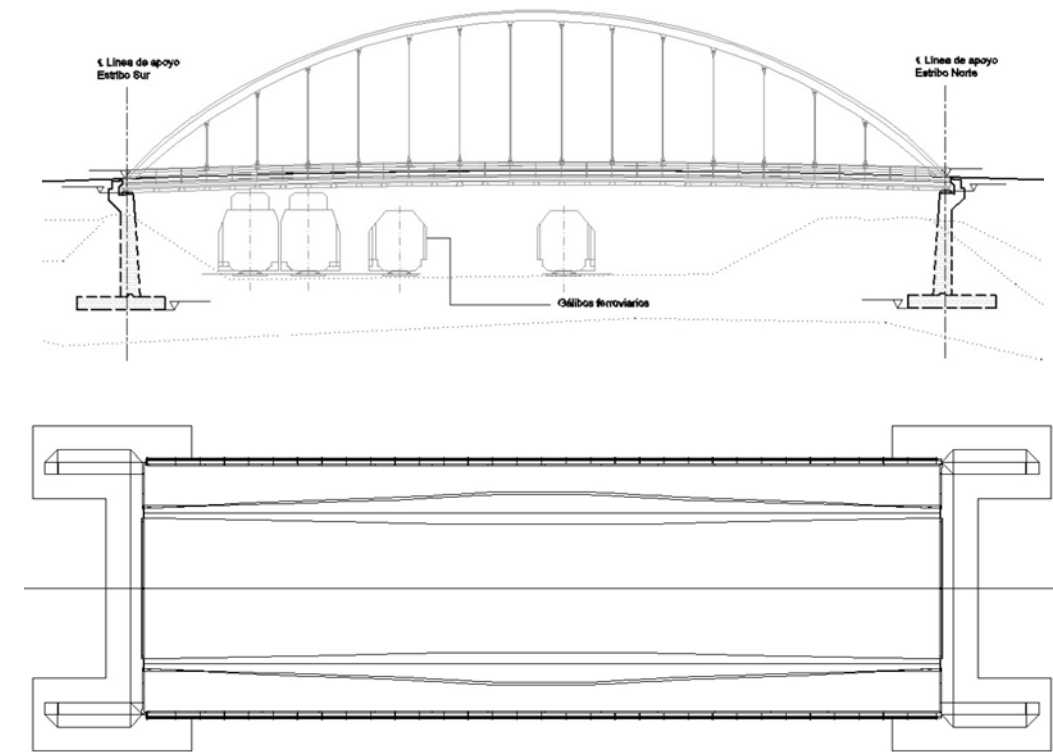


Figura VII: ALZADO Y PLANTA DEL PUENTE

En cuanto al trazado, el puente presenta un desarrollo recto en planta y ligeramente curvo en alzado siguiendo el acuerdo de ambas pendientes de entrada. La pendiente longitudinal es del 3,5 % y 3 % en los arranques del puente y nula en el punto más alto del acuerdo.

Las subestructuras se han decidido resolver mediante estribos. Los estribos están formados por un muro frontal y dos aletas por delante de la cual se realiza derrame de tierras. Su fuste tiene una altura de 8 metros más 1,20 metros más del murete de guarda. Presentan una zapata de hormigón armado de 7x26,8x1 m a una cota de cimentación de +42 metros sobre el nivel del mar. Para más información referente a las subestructuras se pueden consultar los correspondientes planos presentes en el *Documento nº2*.

Por lo que respecta al tablero, la anchura total es de 21,4 metros que se mantiene constante en toda su longitud. Las zonas de paso de los vehículos a motor y el arcén-vía ciclista están separadas por líneas



de armadillos modelo zebra 13 de la casa ZICLA u otro de similares características para dotar de seguridad el paso de los ciclistas. Por lo que respecta a la calzada y las aceras, éstas están separadas por la propia viga longitudinal del sistema resistente primario y un carenado dispuesto sobre la misma. La acera se ha resuelto mediante colocación de un sistema biapoyado con acabado en madera de ipé.

Las anchuras respectivamente son de 3,5 metros para cada carril y de 2,10 metros para cada arcén, además de los 3,60 metros respectivos a cada acera peatonal.

En cuanto al sistema resistente, los dos arcos exentos de 65,31 metros de luz en cuyos arranques se encuentran conectados con la viga longitudinal del tablero. Ambos arcos presentan una simetría respecto a un plano vertical que secciona la clave del arco. La sección varía a lo largo de la longitud del arco tanto en ancho como en canto para ofrecer una apariencia interesante al usuario. La sección de la base presenta un ancho de 0,80 metros y un canto de 0,65 metros, mientras que la sección de la clave tiene un ancho total de 2,7 metros y un canto total de 0,80 metros aproximadamente.

La sección de la viga longitudinal es constante presentando una base de 0,80 m y canto de 1,10 m. La directriz está contenida en un plano vertical desarrollando una curvatura en el mismo con objeto de generar las pendientes de entrada y salida al puente expuestas anteriormente.

La viga longitudinal además de encontrarse unida al arco en los extremos, como ya se ha comentado, se encuentra sustentada del mismo mediante péndolas cada 4 metros. Dichas péndolas son cables de acero con un límite elástico de 460 MPa y sección circular de 6,0 cm de diámetro.

El tablero, de hormigón, está sustentado por perfiles de sección rectangular de ancho 0,50 m y canto variable (0,8393 m en centro-luz y 0,7 en arranques), ofreciéndonos la variación de pendiente transversal, y distanciados en planta 2,00 metros. El tablero presenta anchura y espesor constante a lo largo del puente. El hormigonado se ejecuta sobre una chapa grecada atornillada a los perfiles de acero.

Para todas las piezas del puente se ha utilizado acero S 355 J2 W (acero corten) para satisfacer el criterio de durabilidad y mantenimiento de los materiales utilizados.

El pavimento está formado por 8 centímetros de mezcla bituminosa para la capa resistente de rodadura de tipo AC22 surf S con un ligante hidrocarbonado B60/70 y 25 centímetros de losa de hormigón armado HA-30/B/20/IIa. Por otro lado, para las aceras peatonales, se dispondrá un acabado en listones de madera.

Los sistemas de desagüe en las aceras no serán necesarios ya que el acabado en madera permite que el agua se filtre por los huecos entre piezas de madera. Por otro lado, en la calzada la reja utilizada es

una reja de diseño propio de fundición. Tanto las rigolas utilizadas como los canales de recogida son de hormigón prefabricado. En total se han dispuesto 38 rejillas separadas cada 2 metros.

La iluminación consiste en unas farolas de iluminación de TRILUX Palme 330-FP/1x70HIT G3 IND u otro producto de similares características dispuestas entre péndolas. Además, se dispondrán focos de alumbrado estético en cada péndola que iluminen al arco (TRILUX 8521 RE2R/1800-830 1G1 ET u otro similar) y de iluminación horizontal en las aceras peatonales (TRILUX Pareda R Plan LEDww ET 26 distribuidas cada dos metros u otras de similares características).

Las defensas están compuestas por las barandillas para las aceras peatonales. No se dispondrán barreras que separen ambos sentidos de circulación. La barandilla está compuesta por perfiles laminados de acero inoxidable unidos por 8 cables tensados de 5 milímetros y pasamanos cilíndricos de acero inoxidable.

En lo que se refiere a los aparatos de apoyo y a las juntas de dilatación, ambos elementos se han dispuesto de catálogo. Se empleará la junta de dilatación modelo T-70 de la casa CTT o un producto de similares características para un recorrido de 6 cm.

Como aparatos de apoyo, se dispondrán aparatos de neopreno zunchado rectangular tipo B 600x700x4(15+5) del fabricante CTT, o cualquier otro de similares características, disponiendo uno donde se coarten sus movimientos horizontales y los restantes de manera que se coarten los posibles giros del tablero pero permitiendo el cambio de dimensiones del puente por efecto térmico.

10. PROCESO CONSTRUCTIVO

El esquema resistente de la estructura va cambiando durante las distintas fases del proceso constructivo por lo que el sistema debe resistir tanto las solicitaciones finales como las que se producen durante la ejecución. Ello implica que deben ser tenidas en cuenta todas las fases del método constructivo en el correspondiente anejo.

En el *Anejo nº6: Proceso constructivo y plan de obra* se ha expuesto de forma detallada y gráfica el desarrollo de la construcción. A continuación se realiza un resumen ordenado de las distintas fases del proyecto:

- **TAREAS PREPARATORIAS:** Acondicionamiento del terreno. Señalización, vallado, desbroce y trasplante de árboles de gran planta. Instalación de casetas de obra y servicios de la misma. Desvío de servicios afectados.



- **MOVIMIENTO DE TIERRAS FASE I:** Despeje de suelo vegetal. Sustitución de rellenos contaminados según se indica en Informe geotécnico. Eliminación de mota Norte del ferrocarril. Ejecución de taludes para regularización del terreno. Excavación de zapatas.
- **SUBESTRUCTURAS. CIMENTACIONES Y ESTRIBOS:** Construcción tanto de zapata como de fuste de ambos estribos. Fijación de aparatos de apoyo.
- **MOVIMIENTO DE TIERRAS FASE II:** Ejecución del terraplén de las rampas de acceso. Relleno de los estribos hasta cota de losa de transición. Regularización de la zona Norte entre estribo y FFCC a explanada horizontal para la posterior fabricación del módulo Norte del puente.
- **SUPERESTRUCTURA:** La superestructura se divide en dos partes: estructura metálica y losa de hormigón armado de reparto. En la primera se efectúa el transporte a obra, por medios convencionales de los segmentos de tablero y arco. Ensamblaje en dos módulos del tablero (a ambos lados del ferrocarril) y tres del arco. Disposición de apeos. Elevación, colocación y fijación, primero, de los segmentos Sur mediante grúas telescópicas automotrices. A continuación ídem para los segmentos Norte. Colocación de las péndolas. Retirada de apeos y entrada en carga.
La segunda fase consiste en el armado y hormigonado de la losa de hormigón del tablero sobre encofrado de chapa grecada dispuesto a la vez que los módulos de la fase anterior. Ejecución de los muretes de guarda una vez posicionado el puente.
- **PAVIMENTOS:** Ejecución del paquete de firme y aceras en rampas de acceso. Aplicación de capas impermeabilizantes en tablero y extensión de capa de rodadura sobre él. Disposición de la acera de madera e imposta sobre voladizos exteriores del puente (vigas ménsula) y juntas de dilatación. Operaciones complementarias del pavimento tales como pintura, fijación de separadores, etc.
- **ACABADOS:** Instalación de iluminación, carenados y pluviales. Reposición de servicios.
- **PRUEBA DE CARGA**
- **RECOGIDA Y LIMPIEZA DE LA OBRA.**
- **JARDINERÍA Y REVEGETACIÓN DE LAS ZONAS AFECTADAS**

11. PLAZO DE EJECUCIÓN

El plazo de ejecución de la obra es de aproximadamente de 9 meses y 3 semanas.

En el *Anejo nº6: Proceso constructivo y plan de obra* se ha expuesto un resumen de las tareas y actividades así como de una representación gráfica de la evolución temporal estimada de la obra mediante un diagrama de Gantt donde aparecen las distintas relaciones de precedencia entre actividades.

12. RESUMEN DEL PRESUPUESTO

La valoración del coste total de la obra asciende a **TRES MILLONES NOVECIENTOS CUARENTA MIL OCHENTA Y SIETE EUROS CON OCHENTA Y DOS CÉNTIMOS DE EURO (3.940.087,82 €)**.

En el *Documento nº3: Presupuesto* se presentan los listados de las diferentes unidades de obra, así como el precio que se le aplica a cada una de ellas calculado de acuerdo con las procedencias y teniendo en cuenta los precios de los jornales, materiales y maquinaria que son normales en la zona.

13. DOCUMENTOS DEL PROYECTO

Documento nº1: Memoria

1. Memoria
2. Anejos
 - Anejo nº1. Estudio de soluciones
 - Anejo nº2. Informe geotécnico
 - Anejo nº3. Diseño y comprobación de la cimentación
 - Anejo nº4. Diseño y comprobación de la estructura
 - Anejo nº5. Diseño de equipamientos
 - Anejo nº6. Proceso constructivo y plan de obra
 - Anejo nº7. Fotografía e infografía

Documento nº2: Planos

1. Situación y emplazamiento
2. Planta general
3. Topografía y replanteo
4. Trazado
- 5.1. Definición general. Alzado y planta



- 5.2. Definición general. Sección tipo
- 6. Cimentaciones. Planta y sección longitudinal
- 7.1. Subestructuras. Definición geométrica
- 7.2. Subestructuras. Armado. Despiece
- 8.1. Tablero. Definición geométrica. Planta y sección longitudinal
- 8.2. Tablero. Definición geométrica. Secciones transversales
- 8.3. Tablero. Detalles
- 8.4. Tablero. Armado de la losa
- 9.1. Definición del arco. Secciones.
- 9.2. Definición del arco. Péndolas.
- 10. Equipamientos
- 11. Proceso constructivo

Documento nº3: Presupuesto

- 1. Introducción
- 2. Relación valorada de las unidades de obra
- 3. Mediciones
- 4. Valoración económica

14. CONCLUSIÓN

Con todo lo expuesto en la presente memoria, así como en el resto de documentos de este proyecto básico, se cumple con las condiciones mínimas establecidas por la Administración según las bases del Proyecto Básico para el concurso del "Puente de acceso sur al parque de Tempelhof, Berlín".