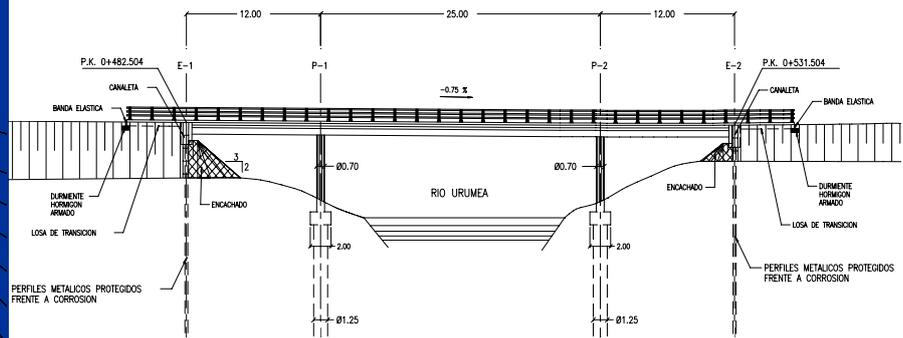


Puentes Integrales

Javier Torrico Liz



RESUMEN

Un puente integral es aquel que no dispone de aparatos de apoyo ni juntas de dilatación tanto en pilas como en estribos, si en éstos últimos se disponen apoyos se conoce como puente semi-integral.

La evolución en los últimos 100 años en la concepción de puentes parte del uso generalizado de tableros isostáticos con numerosas juntas y apoyos hacia la progresiva eliminación de las juntas intermedias y reducción en el número de apoyos, los países que más han avanzado en esa tendencia son los Estados Unidos que realizan puentes integrales desde los años 50 y el Reino Unido en los últimos 20 años.

Las grandes ventajas de los puentes integrales consisten en las menores necesidades de mantenimiento al prescindir de juntas de dilatación y aparatos de apoyo que son los elementos que con mayor frecuencia exigen operaciones de mantenimiento y conservación, y mayor funcionalidad al mejorar en la transición entre el terraplén de acceso y la estructura, por lo que resultan puentes más económicos que los puentes convencionales tanto desde el punto de vista de la construcción como del mantenimiento.

En España el interés por los puentes integrales por parte del Ministerio de Fomento se remonta al año 1996 cuando edita la “Guía para la concepción de puentes integrales en carreteras y autopistas”, sin embargo su uso es minoritario y por tanto no hay datos que nos permitan comprobar la bonanza de la solución o detectar los posibles problemas que pudieran producirse.

## Puentes integrales

En la ponencia se describen los rangos de validez y las limitaciones e inconvenientes de esta solución respecto a los puentes convencionales, se analizan los aspectos particulares de diseño de este tipo de proyectos, especialmente en lo relativo al diseño de la cimentación de los estribos y se finaliza con una serie de ejemplos de realizaciones y detalles constructivos.

### 1. INTRODUCCIÓN

Un puente integral es aquel que no dispone de aparatos de apoyo ni juntas de dilatación tanto en pilas como en estribos. El concepto sirve para cualquier tipología de tablero, tanto in situ como prefabricado, de hormigón o mixto. Si se disponen apoyos de neopreno en los estribos sin juntas de dilatación y las pilas están empotradas en el tablero se conoce como puente semi-integral.

El concepto no es nuevo, muy al contrario, hasta el siglo XIX todos los puentes eran integrales, con el desarrollo de los puentes metálicos y de hormigón surge la necesidad de absorber los movimientos del tablero de origen térmico y reológico y con ello se generalizó el uso de juntas de dilatación y apoyos.

El auge de los puentes isostáticos de vigas prefabricadas desde los años 60 conlleva el uso de numerosos apoyos de neopreno bajo los extremos de las vigas y de juntas de dilatación intermedias entre ellas.

En las últimas décadas se desarrollan puentes continuos de hormigón pretensado y mixtos que eliminan las juntas intermedias entre vanos pero requieren de apoyos de neopreno de mayor altura y juntas con mayor recorrido. Lo mismo sucede con los puentes prefabricados en los que se tiende a eliminar parcial o totalmente las juntas intermedias dando continuidad a la losa de compresión y más recientemente se desarrollan soluciones prefabricadas con continuidad posterior mediante pretensado.

Es decir, la evolución en los últimos 100 años en la concepción de puentes parte del uso generalizado de tableros isostáticos con numerosas juntas y apoyos hacia la progresiva eliminación de las juntas intermedias y reducción en el número de apoyos.

## Puentes integrales

## 2. VENTAJAS E INCONVENIENTES

### 2.1. Las grandes ventajas de los puentes integrales: menor mantenimiento y mayor funcionalidad

El desarrollo de grandes infraestructuras de transporte especialmente por carretera ha tenido un gran auge en el siglo XX, especialmente en su segunda mitad, este hecho unido a los importantes avances en el desarrollo de nuevos materiales y tecnologías de construcción ha incrementado exponencialmente el número de puentes existentes en el mundo y sus diversas tipologías.

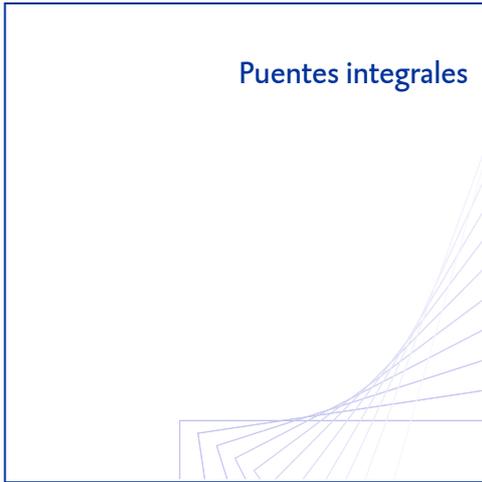
En el diseño de los puentes tradicionalmente solo se pensaba en producir estructuras con un adecuado grado de funcionalidad y resistencia sin tener en cuenta la vida útil de la estructura ni su durabilidad.

Recientemente la preocupación por la durabilidad de los puentes es muy importante en todos los países desarrollados, tanto en la ampliación de su vida útil reparando los defectos existentes como en la preocupación por la mayor durabilidad de las nuevas estructuras a construir.

En los países desarrollados los costes de mantenimiento de los puentes se han desbordado en los últimos años, empezando por Estados Unidos que posee la red más extensa y con mayor cantidad de puentes con una cierta antigüedad, sirva como ejemplo que en el año 2003 en Estados Unidos había 160.570 puentes funcionalmente obsoletos o estructuralmente deficientes (el 27% del total), lo que supone un coste estimado de 9.4 billones de dólares anuales para los próximos 20 años. En Europa los primeros países en tomar medidas para mejorar la durabilidad de los puentes han sido Alemania y el Reino Unido.

En España está sucediendo lo mismo y el interés del Ministerio de Fomento por la conservación de los puentes existentes es mayor cada año.

Paralelamente a la necesidad de conservar el patrimonio existente se puede y se debe desde el punto de vista del proyectista procurar concebir estructuras que reduzcan las necesidades futuras de conservación. En ese sentido la normativa española ha avanzado desde el punto de vista de



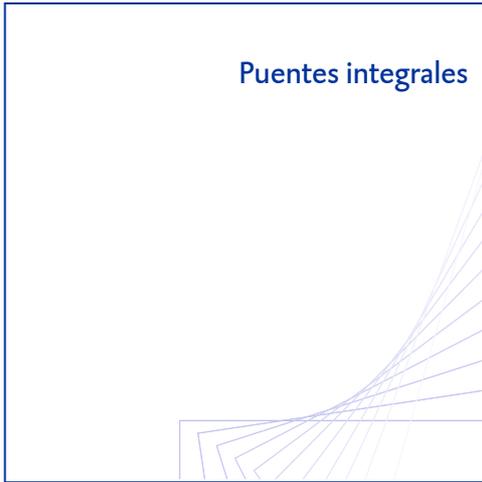
la elección y nivel control de materiales, recubrimientos y exigencias en estado límite de servicio.

La tendencia mostrada por los países que ya se han enfrentado con estos problemas se traduce entre otras medidas en la reducción en el uso, siempre que sea técnicamente posible y aconsejable, de los elementos que con mayor frecuencia exigen operaciones de mantenimiento y conservación y que pueden afectar a la durabilidad de otros elementos estructurales, es decir los apoyos y juntas, que poseen una vida útil muy inferior a la de los puentes y que por tanto requieren de operaciones de inspección, mantenimiento y sustitución periódicas.

Entre las medidas propuestas en Estados Unidos para reducir las necesidades de mantenimiento de los puentes se cita en el reciente Informe realizado por The American Society of Civil Engineers' en 2005 titulado "Report Card for America's Infrastructure" usar la tecnología más reciente y la que mejor experiencia ha producido en el país.

Los puentes integrales se vienen realizando en los Estados Unidos desde los años 50 por algunos estados y con gran profusión por las autoridades de transporte de la mayoría de los estados en la 3 últimas décadas, existiendo numerosas publicaciones, congresos y guías de detalles editados por sus departamentos de transporte y por las universidades norteamericanas.

En el Reino Unido el interés por los puentes integrales se ha producido en los últimos 20 años, con numerosos ejemplos de aplicación y publicaciones especializadas como la SCI-P-163 Integral Steel Bridges – Design guidance o la guía CIRIA C543 publicada en 2001 por el Construction Industry Research and Information Association por encargo de la Quality Services Civil Engineering Division of the Highway Agency, dedicada a divulgar detalles y prácticas constructivas encaminadas a reducir los problemas de durabilidad, que dedica un capítulo a la concepción de puentes integrales. Recientemente se ha publicado en el Reino Unido la normativa de diseño "Design for Durability" BA & BD 57/01 y BA 42/96 "The Design of Integral Bridges". En España el interés por los puentes integrales por parte del Ministerio de Fomento se remonta al año 1996 cuando encarga a la empresa Esteyco la realización de la "Guía para la concepción de puentes integrales en carreteras y autopistas", dicha guía es una excelente publicación que recoge tanto los antecedentes históricos y ejemplos de



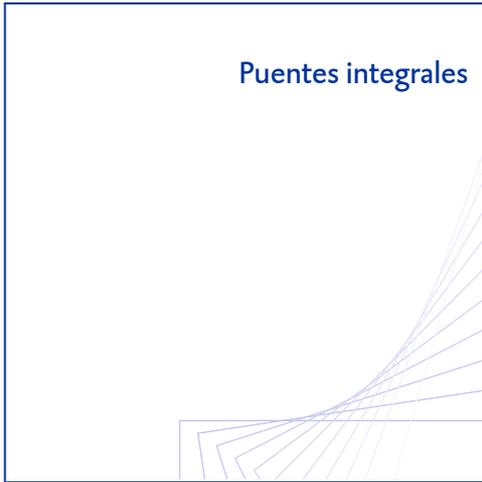
utilización en el mundo hasta la fecha en el ámbito internacional como una completa herramienta para la comprensión del problema estructural y el correcto dimensionamiento de los puentes integrales, así como ejemplos de detalles constructivos y propuestas de trabajos de campo e investigación que permitan mejorar la concepción aprendiendo de la experiencia de las realizaciones.

Sin embargo, por diversos motivos, el uso de puentes integrales no se ha generalizado en España como en otros países, y por tanto no hay datos que nos permitan comprobar la bonanza de la solución o detectar los posibles problemas que pudieran producirse.

Como resumen se puede decir que los puentes integrales son más económicos que los puentes convencionales tanto desde el punto de vista de la construcción como del mantenimiento. Los aparatos de apoyo y juntas son caros de adquirir, instalar, mantener, reparar y sustituir. Los problemas de corrosión más frecuentes se producen por el paso de agua con sales desde la calzada a través de juntas a los extremos de los tableros (resulta especialmente problemático en vigas de hormigón y metálicas), a los apoyos y a la infraestructura. Las juntas se colmatan con suciedad, piedras y basura pudiendo perder sus funciones.

En Estados Unidos los mayores costes de mantenimiento en puentes son debidos a problemas originados por juntas en mal estado. Las juntas están sometidas al paso continuo de tráfico y al fuerte impacto de cargas cíclicas así como a los movimientos de expansión y contracción causados por los cambios de temperatura, retracción, fluencia y movimientos diferidos causados por posibles asientos diferenciales y movimientos de los estribos debidos al empuje del terreno (Un estudio de 1985 de la FHWA norteamericana en 580 estribos detectó que el 75% de ellos había experimentado movimientos horizontales y mayormente verticales).

La otra gran ventaja de los puentes integrales se refiere a la mejora en la transición entre el terraplén de acceso y la estructura, que debido a los asientos de los terraplenes y a las difíciles compactaciones tras los estribos pueden producir escalones, que no solamente provocan incomodidad a los conductores sino que se pueden producir accidentes a grandes velocidades y efectos dinámicos importantes, especialmente en puentes de

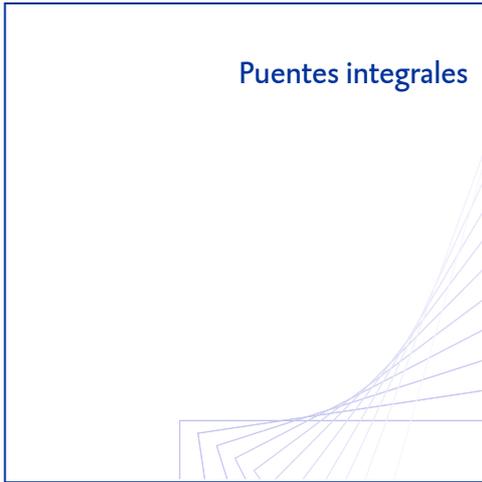


ferrocarril y puentes situados en zonas sísmicas. Reparar dichos escalones es costoso y requiere cortes de tráfico.

La solución tradicional a este problema en España consiste en la realización de losas de transición, recogidas en la “Nota de servicio sobre losas de transición en obras de paso” publicada por la dirección General de Carreteras en 1992, inspirada en una publicación del SETRA francés de 1984.

La experiencia desde entonces no ha sido todo lo favorable que se esperaba por lo que en el Pliego de Prescripciones Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3) de 2002 y en la Guía de Cimentaciones de Puentes de carreteras de 2003 se introducen las cuñas de transición en trasdoses de estribos, donde se recomienda limpiar y sanear bien la base donde ha de apoyarse el relleno de trasdós en la zona próxima al estribo y realizarlo con material granular, está inspirada también en un documento del SETRA francés. En los puentes integrales se optimiza esta transición por las siguientes razones:

- La losa al tener continuidad con el tablero se configura como un elemento de transición entre el firme de la calzada y el pavimento del puente, evitando que se pueda producir un escalón y favoreciendo la seguridad y comodidad del tráfico.
- No es necesaria la realización de cuña de transición ya que al no tener un estribo convencional la compactación del terraplén se realiza en dos fases, una primera hasta el plano de apoyo del estribo integral, posteriormente se realizan los pilotes del estribo, se ejecuta éste y se termina de rellenar y compactar manualmente en una altura pequeña, el posible asiento de éste modo será menor y no se percibirá gracias a la losa de transición, que al no disponer de junta evita la filtración de agua al terraplén y evita que se deteriore su comportamiento. La compactación manual es menor en este tipo de estribos que en los convencionales.
- Otra posibilidad que brindan los puentes integrales se produce en la sustitución de estructuras, ya que los estribos integrales pueden ser construidos alrededor de las cimentaciones existentes sin requerir su demolición completa.



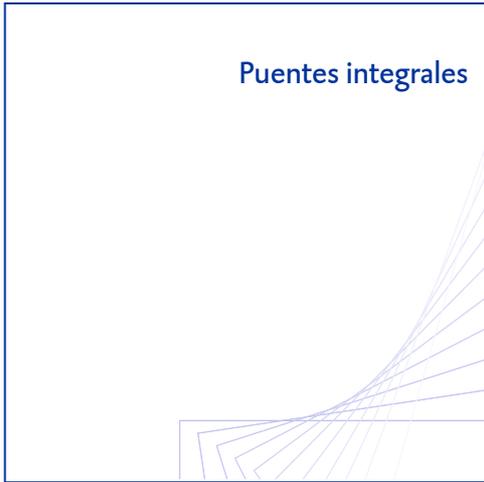
Estructuralmente los puentes integrales son más seguros en casos de catástrofe, debido a su elevado hiperestatismo. Las juntas constituyen un potencial mecanismo de colapso en la estructura. Los estribos integrales eliminan la causa de daño más frecuente en caso de sismo, falta de apoyo del tablero (especialmente en puentes de vigas). En Estados Unidos se ha comprobado que en caso de sismo los puentes integrales han funcionado mejor que aquellos que tenían juntas y apoyos, que han sufrido daños en estos elementos que han debido ser reparados. La administración federal de autopistas de Washington (FHWA), por ejemplo, recomienda el uso de puentes integrales en zonas de alto grado sísmico.

Otro problema que se minimiza con los puentes integrales es el de las tolerancias que se requieren en puentes con apoyos y juntas.

## 2.2. Limitaciones e inconvenientes

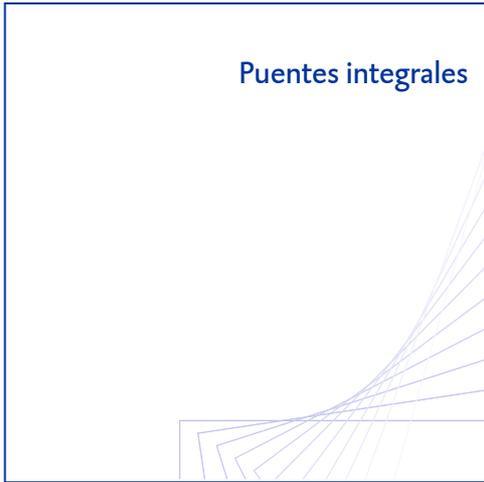
Las principales limitaciones para el uso de puentes integrales y sus principales inconvenientes son los siguientes:

- Limitación de longitud: Tradicionalmente se ha considerado como luces máximas admisibles para la realización de puentes integrales entre 80 y 100 m dependiendo de los países y estados de Estados Unidos donde se construyen. En España la “Guía para la concepción de puentes integrales en carreteras y autopistas” limita los desplazamientos horizontales máximos previsibles en los estribos a 30 mm, lo que conduce a las mismas longitudes máximas. La mayoría de los puentes que se construyen en el mundo (aproximadamente el 80%) tienen longitudes inferiores a 100 m y por tanto serían susceptibles de adoptar esta tipología. En Estados Unidos se realizan puentes integrales de hormigón (generalmente de vigas prefabricadas) hasta 240 m y metálicos hasta 120 m, aunque en casos excepcionales se han realizado puentes integrales de mayor longitud.
- Limitación de esviaje: en España se limita a 30° (medidos desde una línea perpendicular al eje del puente), recomendación habitual en la mayoría de los estados de estados Unidos, donde sin embargo se han llegado a hacer puentes integrales con esviajes de hasta 70°. El



problema del esviaje es debido a la fuerza necesaria para estabilizar la rotación del estribo, según el estudio “Integral abutments for steel bridges” encargado por el departamento de transportes de Tennessee para un esviaje de  $30^\circ$  se necesita movilizar el 50% del empuje pasivo del trasdós del estribo y para un esviaje de  $45^\circ$  el 70%, estos valores exceden la resistencia por rozamiento del relleno contra el estribo o la resistencia al corte del relleno, por lo que en casos de gran esviaje sería necesario realizar tacones pasivos o utilizar la solución semi-integral con apoyos de neopreno en los estribos.

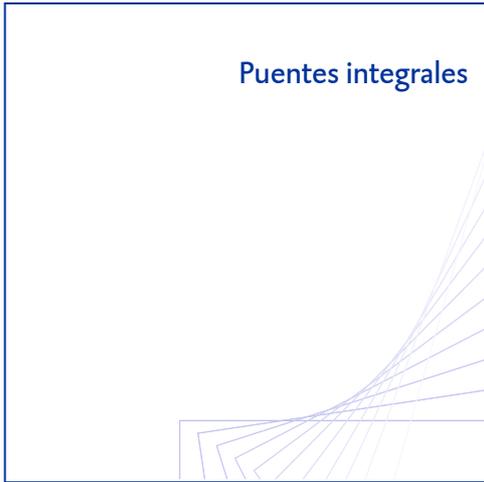
- Limitación de radio de curvatura en puentes curvos: el radio se suele limitar a 10 veces la anchura del tablero y el ángulo de apertura a  $40^\circ$ .
- En terrenos rocosos o muy deformables no resulta adecuada la solución de puente integral, siendo más recomendable la tipología de puente semi-integral.
- Limitación de asientos máximos admisibles: La distorsión angular se limita en España a 0,4% en vías principales y 0,8% en vías secundarias y no se recomiendan en terraplenes muy elevados y en obras asentadas sobre terrenos muy deformables.
- El mayor problema del dimensionamiento de los puentes integrales consiste en las incertidumbres que se plantean tanto en la determinación de los desplazamientos horizontales a los que va a estar sometido el estribo como en la interacción del terreno de asiento del estribo-estructura y asiento de la calzada de acceso. Esta incertidumbre sólo podrá reducirse con la experiencia obtenida de los puentes ejecutados y de los trabajos de investigación que se realicen, igual que se está haciendo en las distintas administraciones estatales de los Estados Unidos y de Inglaterra y Escocia, donde además de la instrumentación de puentes se está trabajando en las universidades en la creación de modelos numéricos más reales que simulan la interacción terreno-estructura, como la tesis doctoral de Cheng Yi Pik, del departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Ciencia y Tecnología de Hong Kong, que investiga especialmente los efectos de la densificación del terreno y el rozamiento estribo-terreno



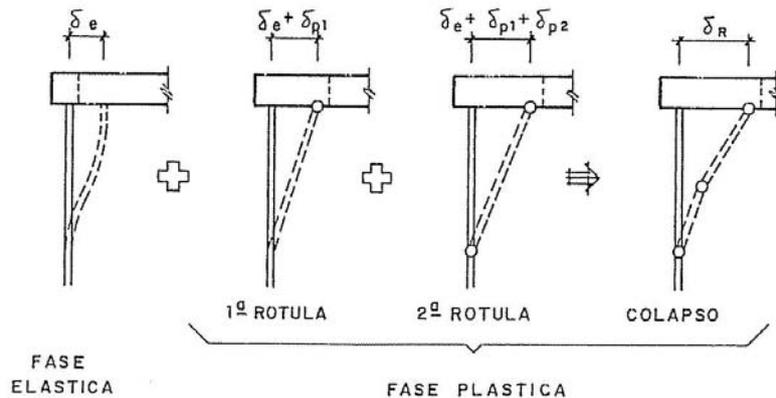
### 3. ASPECTOS DE PROYECTO

Entre los principales aspectos a considerar en el proyecto de un puente integral destacan los siguientes:

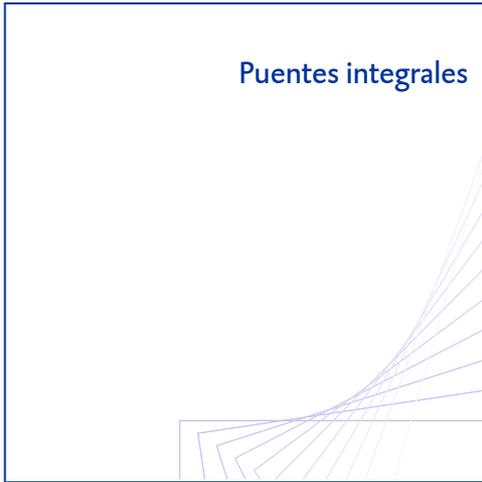
- **Idoneidad de la solución:** Los puentes integrales no son aplicables en todas las estructuras, como ya se ha indicado en el apartado anterior, el planteamiento de esta solución dependerá inicialmente de la longitud total de la estructura, de la tipología del tablero y los movimientos horizontales esperables, del esviaje necesario y de la altura de pilas.
- **Tipo de cimentación de los estribos:** la solución más habitual consiste en realizar una hilera de pilotes metálicos hincados muy flexibles, compatibles con los desplazamientos horizontales del tablero y que transmiten las cargas verticales al terreno. Los perfiles más utilizados son los HEB y los de sección tubular. También se pueden realizar pilotes de hormigón tanto in-situ como prefabricados, siempre que trabajen en rango elástico, y soluciones mixtas con perfiles embebidos en hormigón cuando los terrenos presentan una baja capacidad portante o una baja deformabilidad, utilizando el perfil sin hormigón en la parte superior para conseguir la flexibilidad necesaria y mixto o de hormigón en la inferior para tener mayor superficie y por tanto resistencia por fuste. También es posible realizar la cimentación del estribo con una zapata convencional con apoyos de neopreno cuando la deformabilidad horizontal del terreno es baja, la deformabilidad vertical es alta o no es posible realizar la hincada de los perfiles al tratarse de terrenos rocosos o muy compactos. La longitud de los vanos extremos de la estructura viene condicionada por tanto por la solución que se adopte para los estribos, con pilotes hincados o perforados o con zapatas, en el caso de puentes situados con la vía inferior en desmonte y la superior en terraplén se puede realizar una estructura más económica reduciendo la longitud de los vanos extremos utilizando soluciones semi-integrales con estribos cerrados con apoyos de neopreno.
- Los pilotes HEB se hincan con las alas paralelas al eje del puente para que sean más flexibles, tanto éstos como los tubulares presentan una gran capacidad de rotación plástica y no se ven prácticamente afectados por los movimientos cíclicos que generan las variaciones de



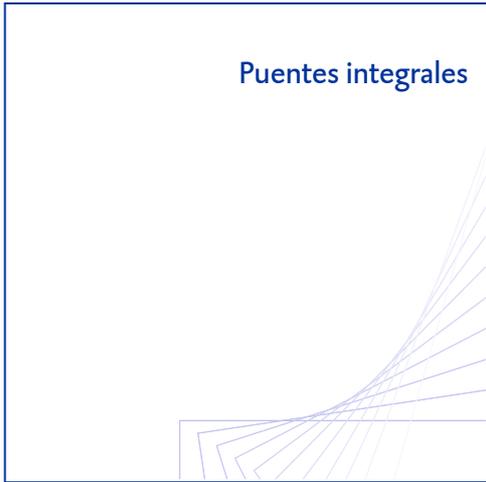
temperatura. El comportamiento de los pilotes se compone de una fase elástica y otra plástica, en la que progresivamente se producirá una primera rótula plástica en el empotramiento en el tablero, una segunda a una profundidad que depende de la coacción del terreno y una tercera y última, entre las dos anteriores, que llevará al colapso a la estructura. Los valores de las deformaciones elásticas son pequeñas comparadas con las plásticas, por lo que se producirán plastificaciones en los pilotes



- Para dimensionar los perfiles metálicos es necesario tener en cuenta los desplazamientos que se producen en el estribo y los axiles que transmite el tablero, así como la coacción que el terreno ejerce sobre los pilotes y que se modelizan en función del módulo de balasto. La coacción del terreno, así como su distribución a lo largo del terreno es muy incierta, así como su evolución en el tiempo a consecuencia de los ciclos alternativos de movimientos originados por las acciones térmicas y de los efectos producidos en el terreno de densificación durante la hincada de los pilotes y de las posibles plastificaciones locales que se pueden producir en los pilotes. Para poder aceptar la incertidumbre en estos valores los criterios de dimensionamiento utilizados son conservadores, trabajando los pilotes lejos de situaciones límites, con valores de rotaciones inferiores al 1.5%.
- El uso de pilotes metálicos suscita la cuestión sobre su durabilidad y comportamiento frente a la corrosión, numerosos estudios confirman que la corrosión de los pilotes metálicos hincados en suelos inalterados es prácticamente despreciable por lo que no requieren habitualmente ninguna forma de protección o pintura.



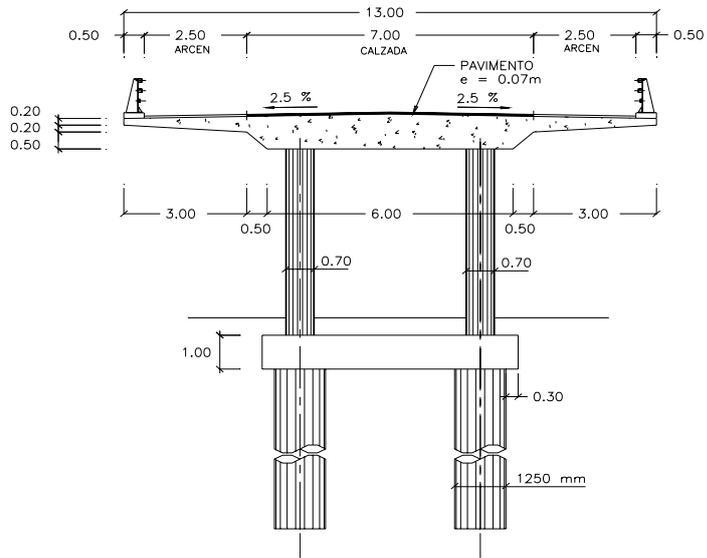
- La unión del tablero con los pilotes y la losa de transición es el elemento al que se debe prestar mayor atención, adaptando su diseño, especialmente su descuelgue, a la tipología de tablero y al número y separación de los pilotes. Los pilotes deben penetrar la longitud necesaria para asegurar la transmisión de las cargas verticales a los pilotes, sin que interfiera con el resto de los elementos, las armaduras de la losa de transición deben anclarse en el tablero sin interferir con los anclajes de los cables de pretensado en losas postesadas o con las vigas metálicas o de hormigón. En puentes prefabricados o mixtos es necesario diseñar la unión del tablero a los pilotes mediante riostras de hormigón in-situ o metálicas.
- En los puentes integrales y semi-integrales la losa de transición se suele empotrar en un extremo en el tablero, disponiendo en el otro extremo una junta con el pavimento de la calzada que permite absorber los movimientos horizontales. Bajo dicho encuentro se suele disponer un durmiente de hormigón armado que impide el desplazamiento vertical en el extremo de la losa pero permite el desplazamiento horizontal al disponer entre ambas una banda asfáltica. La junta se realiza con material elástico sellada.
- El terreno del trasdós del estribo debe ser granular para acomodarse a los movimientos de contracción y expansión. El trasdós de estribo y aletas deben impermeabilizarse y colocar un geotextil drenante así como un tubo dren que conduzcan el agua evitando que se produzca empuje hidrostático y arrastre de finos. Algunos puentes en Estados Unidos y el Reino Unido han tenido problemas debido a los ciclos de expansión y contracción que modificaban la interacción terreno-estribo, que se han solucionado utilizando geotextiles realizados con material compresible que se adapta a los movimientos del estribo.



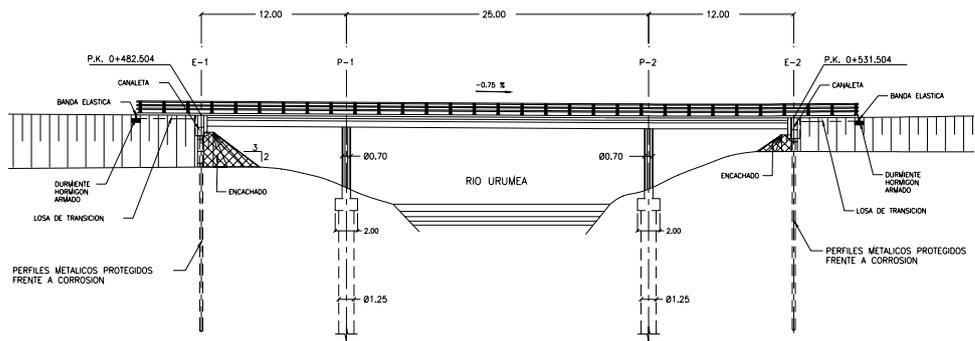
#### 4. EJEMPLOS DE PUENTES INTEGRALES

##### 4.1. Puente sobre El Rio Urumea (Variante de la Gi-131 entre Donostia-San Sebastian Y Hernani. Tramo Martutene-Hernani). 1998

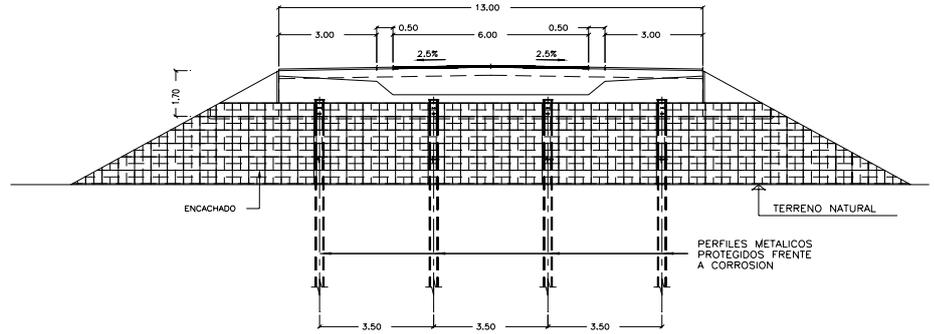
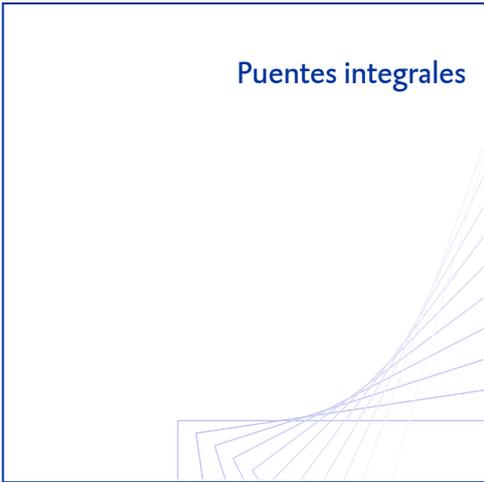
Se trata de un puente integral de 3 vanos con luces 12.0 + 25.0 + 12.0 y 13.0 m de ancho. El tablero es una losa postesada de 0.90 m de canto.



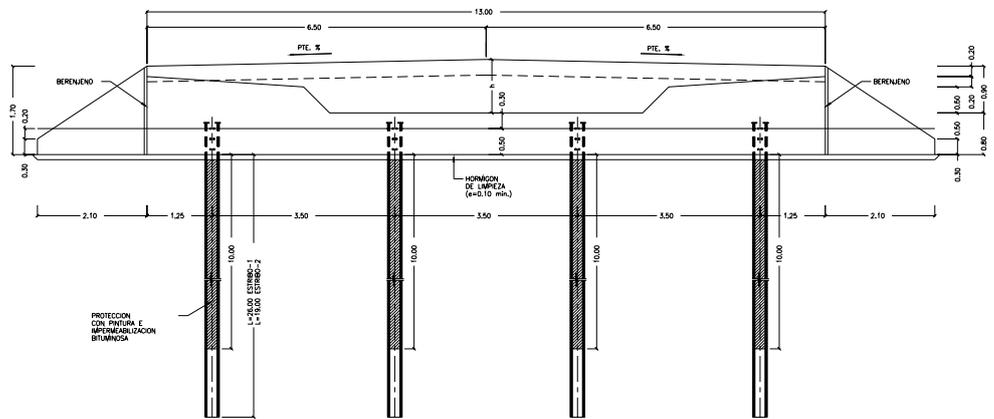
Sección transversal



Alzado



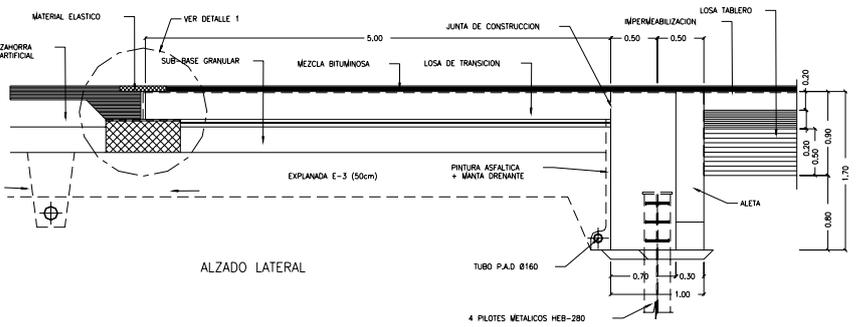
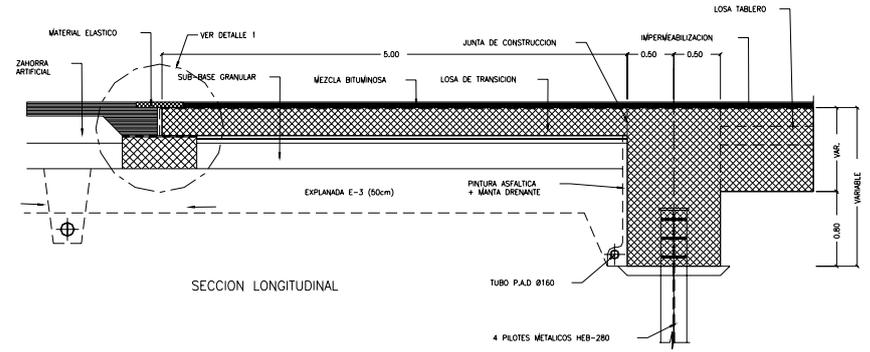
Alzado frontal por estribo integral



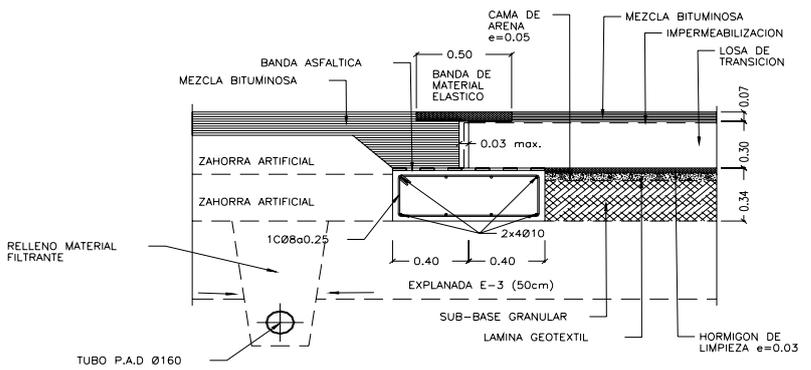
Definición geométrica del estribo integral

Los estribos corresponden a la solución clásica en puentes integrales, realizándose con perfiles metálicos hincados, orientados con el eje más débil perpendicular al eje del tablero, de forma que en la dirección en la que se producen los movimientos horizontales el pilote resulta más flexible. Para evitar problemas de corrosión los perfiles se protegen con pintura e impermeabilización bituminosa.

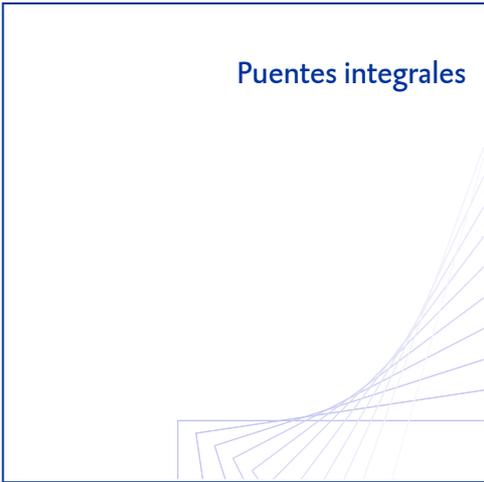
Puentes integrales



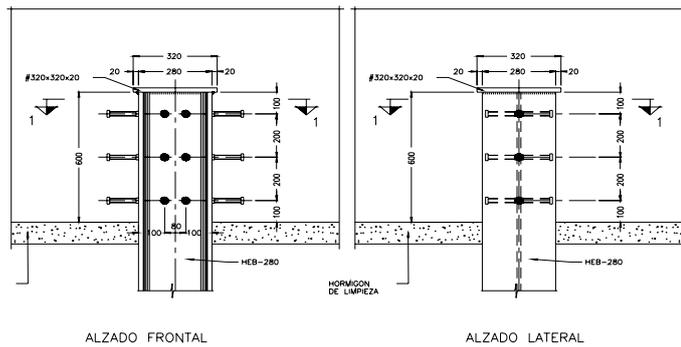
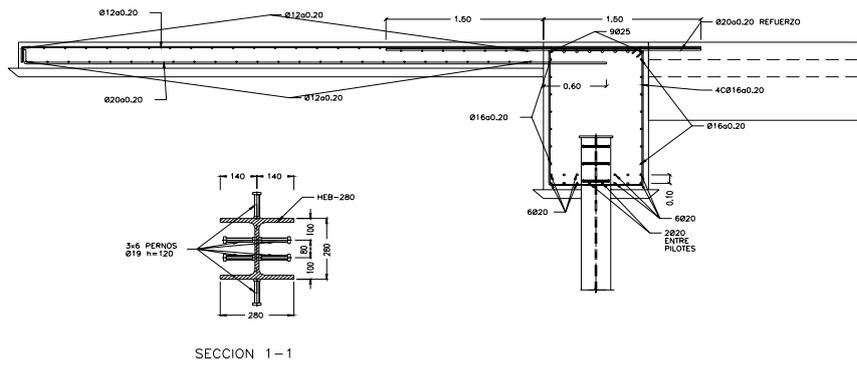
Detalles unión tablero-estribo integral con losa de transición



Detalle junta entre pavimento sobre terraplén y losa de transición



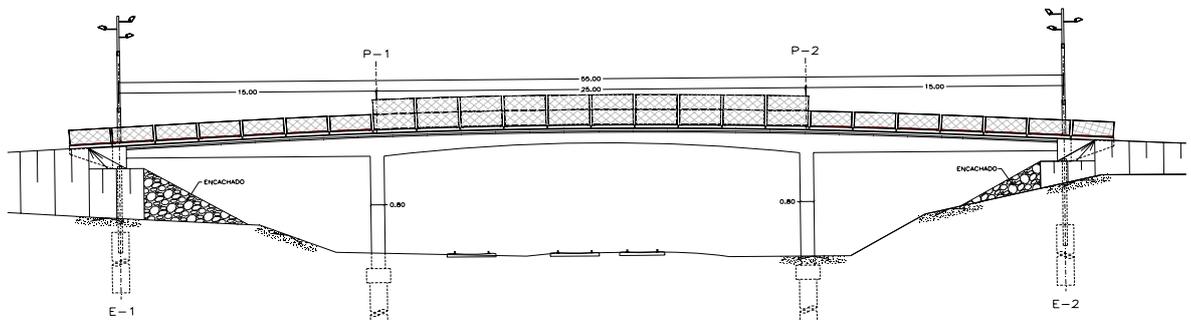
Puentes integrales



Detalle conexión pilotes metálicos HEB en estribo-tablero

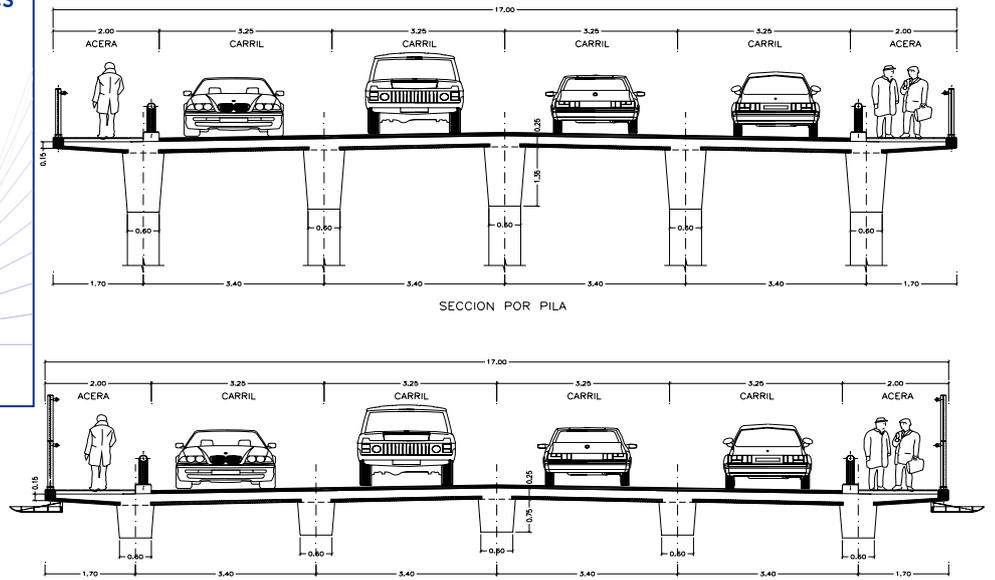
4.2. Puente sobre El Ferrocarril En la Ronda Norte del Padre Pio (Sevilla). 2002

Se trata de un puente integral de 3 vanos con luces 15.0 + 25.0 + 15.0 y 17.0 m de ancho. El tablero está formado por 5 vigas prefabricadas postensadas in-situ de canto variable entre 0.75 m en centro de vano y 1.35 m sobre pilas en el vano principal y 0.60 m en la unión con los estribos integrales, mas una losa de 0.25 m de espesor.

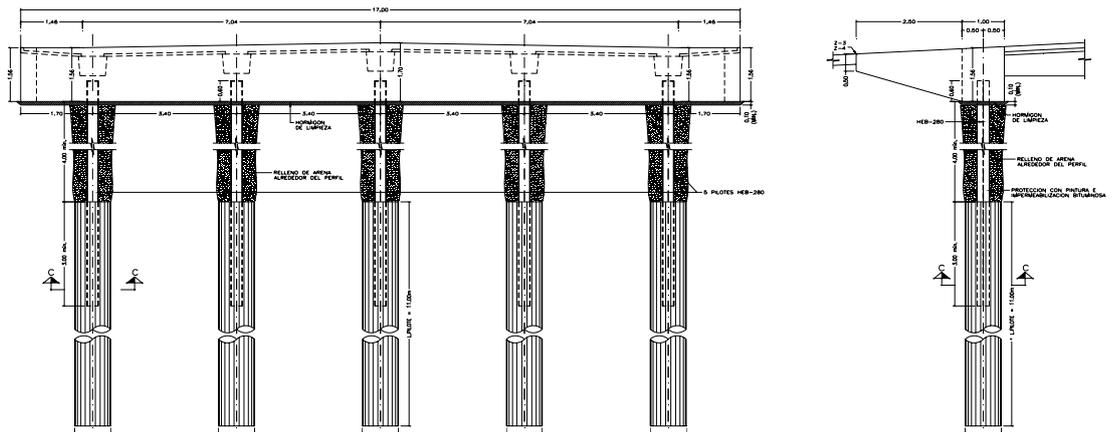


Alzado

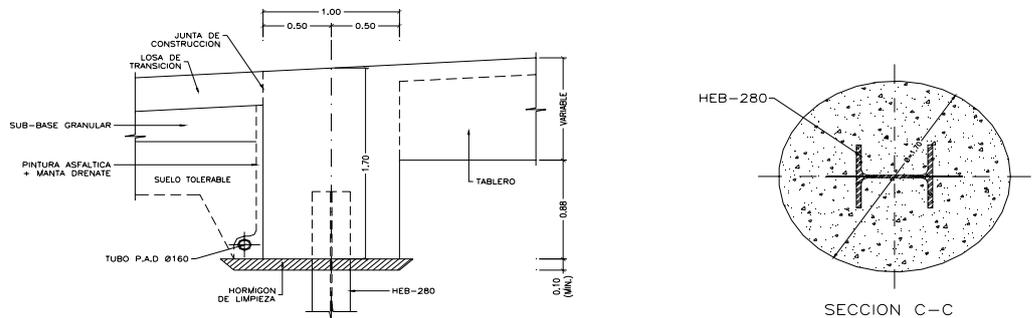
Puentes integrales



Sección transversal tipo por pila y centro de vano principal.



Alzados frontal y lateral del estribo integral.



Detalle conexión pilote metálico HEB a estribo-tablero

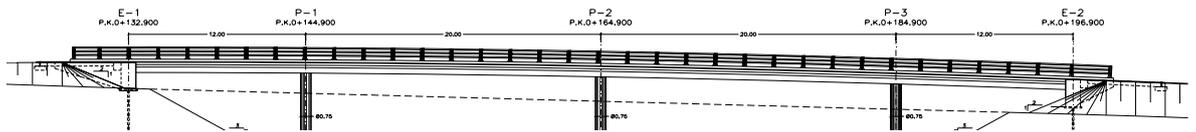
Sección transversal de pilote

Puentes integrales

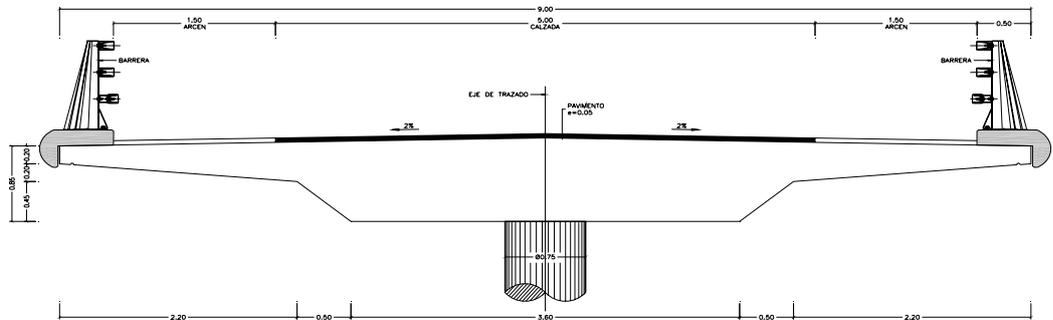
En este caso la solución adoptada para la cimentación de los estribos es la de 5 pilotes de hormigón, de sección circular de 0.85 m de diámetro, ya que la escasa capacidad portante del terreno impedía la utilización de perfiles metálicos hincados directamente en el terreno. Para conseguir la necesaria flexibilidad de los pilotes se introducen perfiles metálicos orientados según el eje más débil dentro de los pilotes de hormigón, dejando sin hormigonar los 4 m superiores de la perforación que se rellena con arena.

4.3. Autovía Avila – Salamanca. Tramo Peñalba de Avila – San Pedro del Arroyo. Paso Superior Tipo. 2003

Se trata de un puente integral de 4 vanos con luces 12.0 + 20.0 + 20.0 + 12.0 y 9.0 m de ancho. El tablero es una losa postesada de 0.85 m de canto.



Alzado

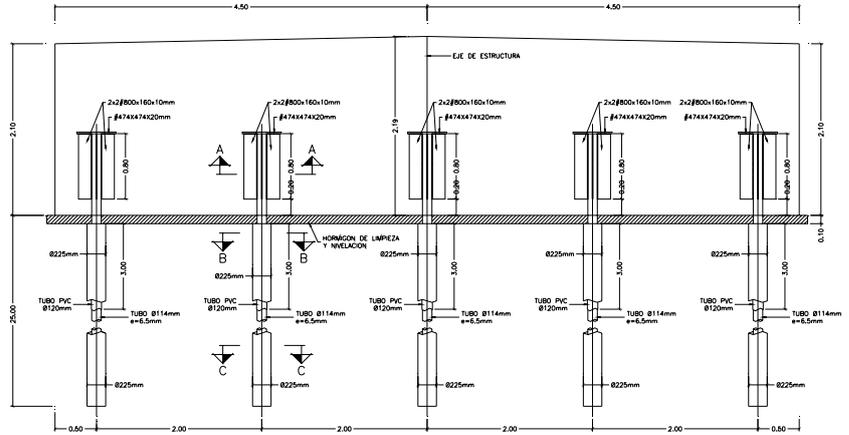


Sección transversal

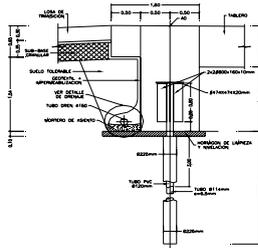
En este caso como el terreno de cimentación resultaba demasiado duro para hincar los perfiles metálicos se opta por la realización de 5 micropilotes de 225 mm de diámetro con tubería de acero de 114 mm de diámetro y 6.5 mm de espesor. Debido al reducido diámetro del micropilote no es factible la solución de dejar sin hormigonar los 3 m superiores del pilote y rellenarlos de arena, por lo que se opta por introducir un tubo de PVC engrasado en los 3 m

Puentes integrales

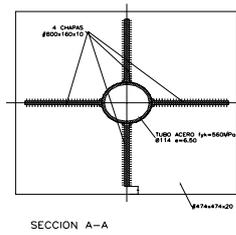
superiores, exteriormente a la tubería, de forma que en esa longitud no se produzca adherencia entre el acero y el hormigón.



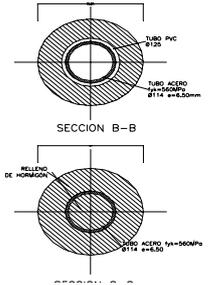
Alzado del estribo



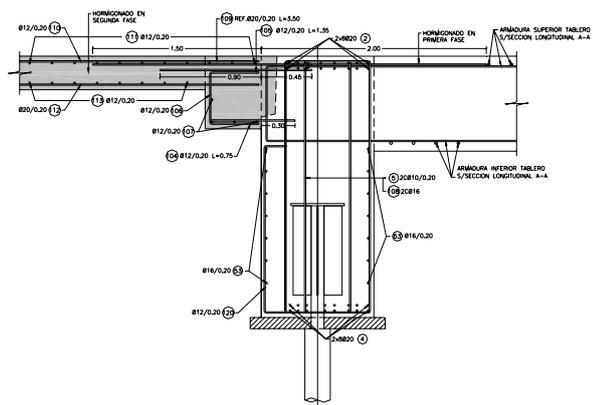
Sección del estribo



SECCION A-A



Secciones de los micropilotes

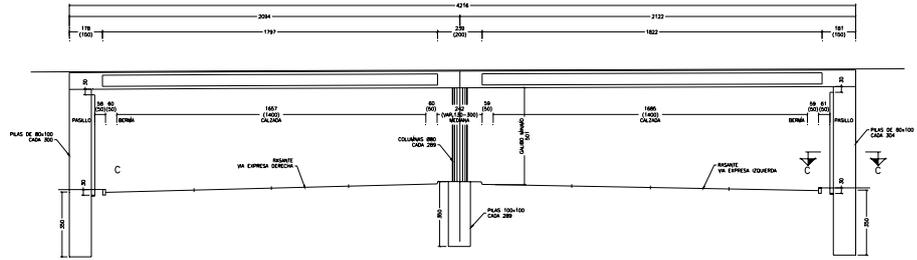


Detalle conexión losa de transición – estribo

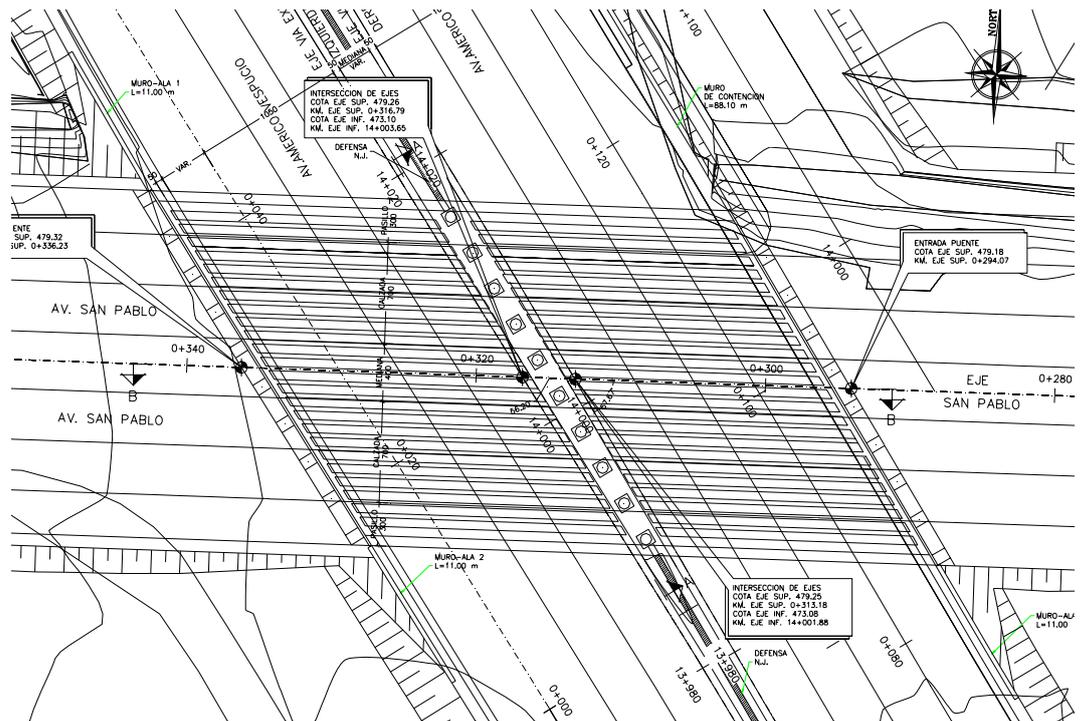
Puentes integrales

4.4. Concesión Internacional Sistema Americo Vespucio Nor-Poniente. Avenida El Salto – Ruta 78. (Santiago De Chile). Paso Inferior San Pablo. 2002

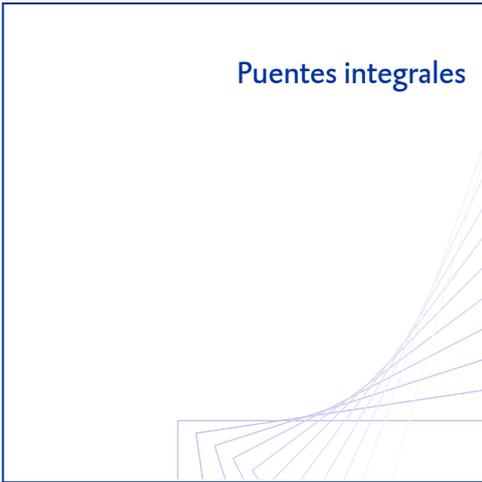
Se trata de un puente de 2 vanos con luces 21.0 + 21.0 y 24.0 m de ancho. El tablero es una losa postesada aligerada de 0.90 m de canto.



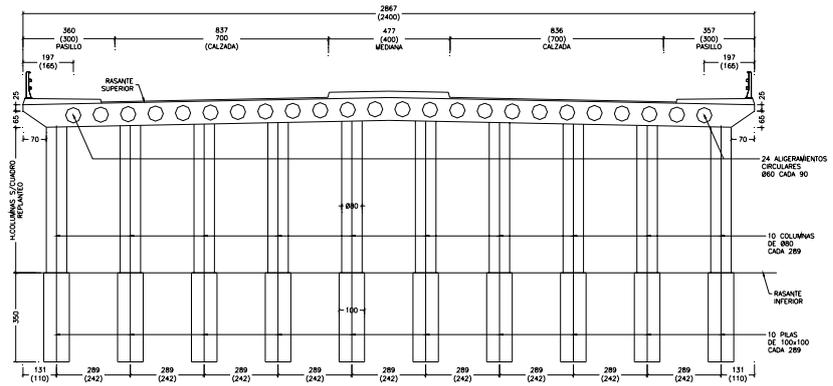
Alzado



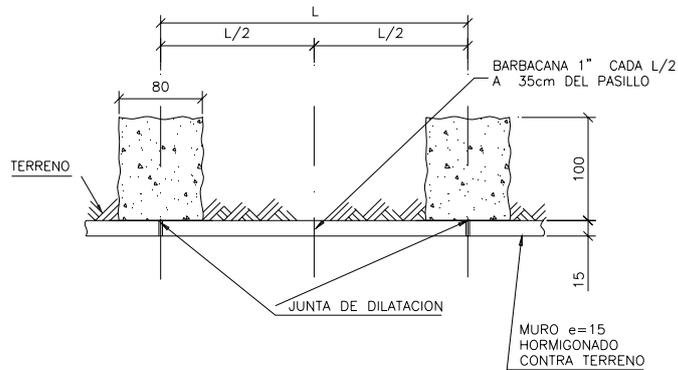
Planta



Puentes integrales



Sección por pila

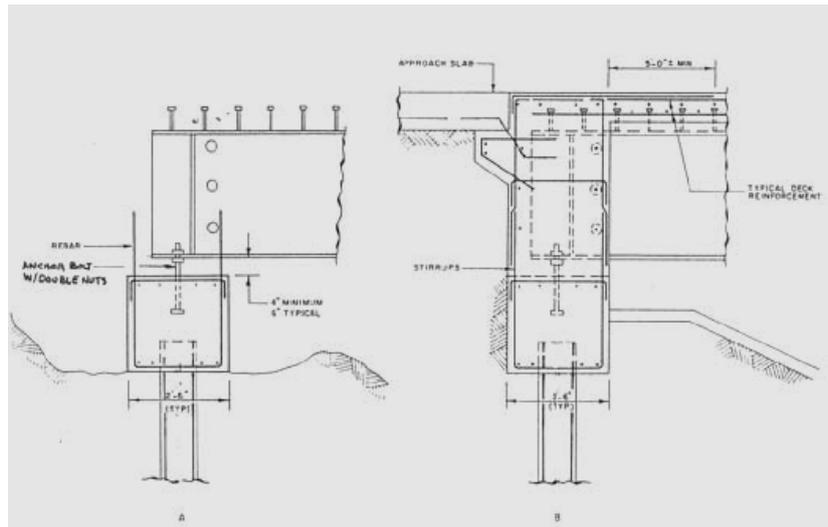
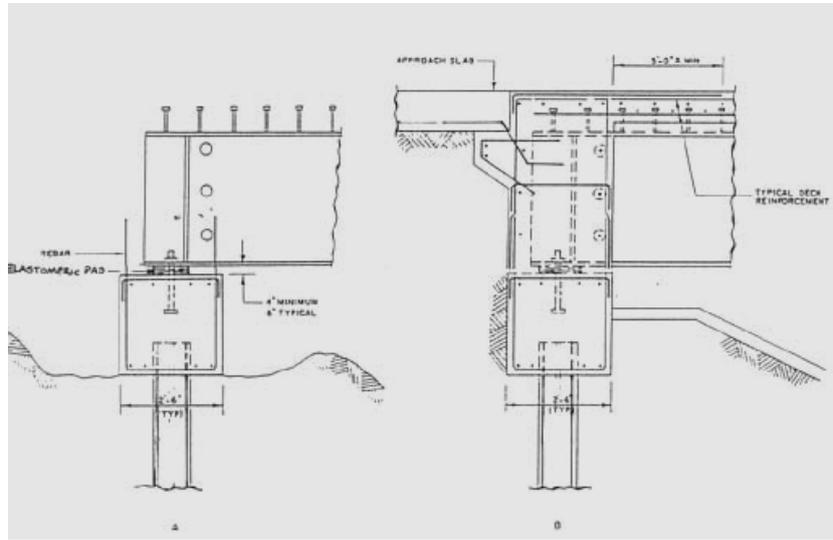


Sección por pilotes de estribos

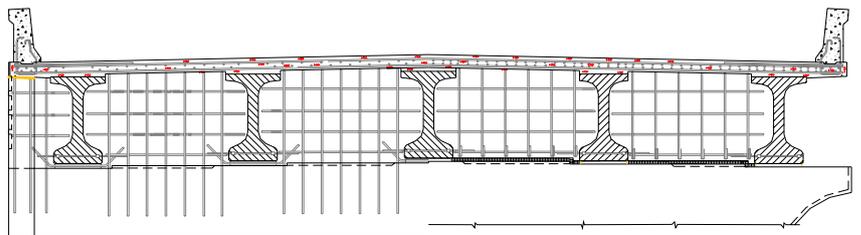
Se trata de una estructura sin juntas ni apoyos aunque no se corresponde al esquema clásico de puente integral, ya que al tratarse de una estructura enterrada los pilotes del estribo necesitan una mayor rigidez. Los pilares están empotrados en el tablero y no existen estribos, el tablero se apoya directamente sobre pilotes rectangulares, la armadura de los pilotes penetra en el tablero coaccionado el movimiento horizontal de la cabeza de los pilotes pero permitiendo el giro. Entre los pilotes se ejecuta un muro forro que impide los desprendimientos de tierra.

Puentes integrales

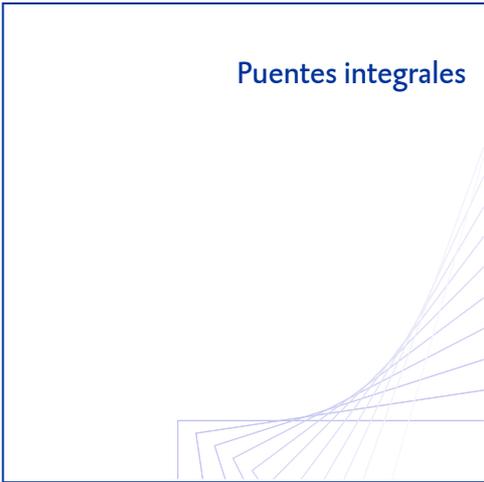
4.5. Detalles de Estribos Integrales en Puentes con Vigas Metalicas (Tennessee Department of Transportation). 1996



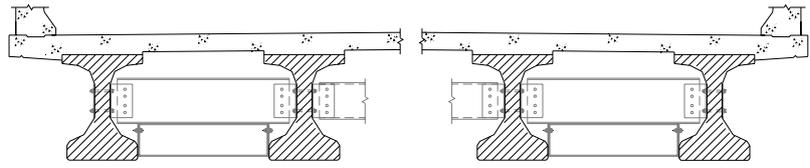
4.6. Detalles de Riostras en Estribos Integrales de Puentes con Vigas Doble T de Hormigón (Iowa Department of Transportation).



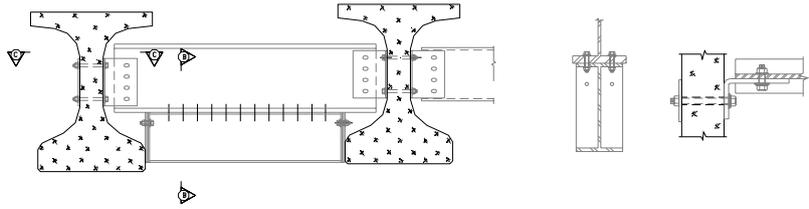
Riostra de hormigón in situ



Puentes integrales



Riostra metálica



Detalles riostra metálica ección B-B

Sección C-C

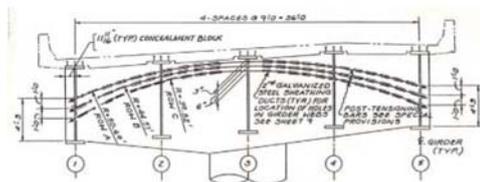
#### 4.7. Detalles de Riostras en Puentes de Vigas Metalicas. EUU



Riostra metálica. Puente en construcción



Riostra metálica. Puente terminado



Riostra de hormigón pretensado. Alzado de pretensado



Riostra de hormigón pretensado. Puente terminado

## 5. CONCLUSIONES

## Puentes integrales

Los puentes integrales constituyen una buena alternativa a los puentes convencionales para cualquier material y sistema constructivo, para rangos de luces inferiores a 100 m en estructuras con pequeño esviaje, presentando un menor coste tanto de construcción como de mantenimiento al eliminar los apoyos y las juntas de dilatación.

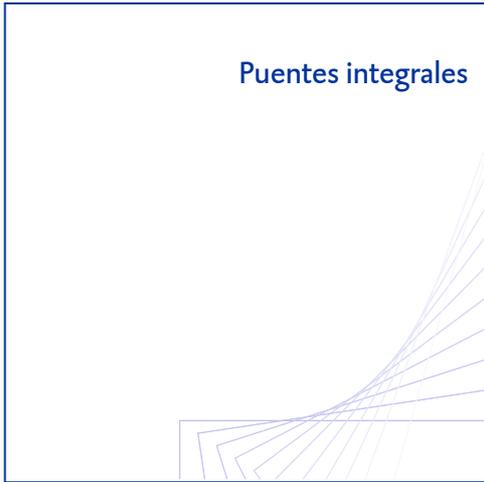
Aporta además mayor funcionalidad, seguridad y confort a los conductores al mejorar la transición entre el terraplén de acceso y la estructura.

Los puentes integrales se utilizan en muchos países, especialmente en Estados Unidos y el Reino Unido, mientras que en España su uso es muy limitado, en parte debido al rechazo que supone utilizar soluciones novedosas en puentes de luces modestas.

Desde el punto de vista de proyecto los requerimientos son similares a cualquier otra tipología, debiendo prestar mayor atención al dimensionamiento de estribos al considerar la interacción suelo-estructura, y pilas donde para longitudes de tablero mayores de 50 m puede ser necesario para dimensionar las pilas empotradas al tablero realizar cálculos no-lineales considerando la pérdida de rigidez de las pilas debida a la fisuración y recurriendo a pilas esbeltas que resulten más dúctiles.

Estos procedimientos de cálculo, sin embargo, son habituales en estructuras de grandes luces y pilas esbeltas como puentes construidos por voladizos sucesivos y arcos, donde las pilas están empotradas al tablero, y que se pueden considerar como puentes semi-integrales al disponer de juntas de dilatación, que podrían incluso ser sustituidas por juntas de calzada como en los integrales. También resulta habitual realizar estructuras integrales en los pasos inferiores urbanos, sin que se plantee explícitamente.

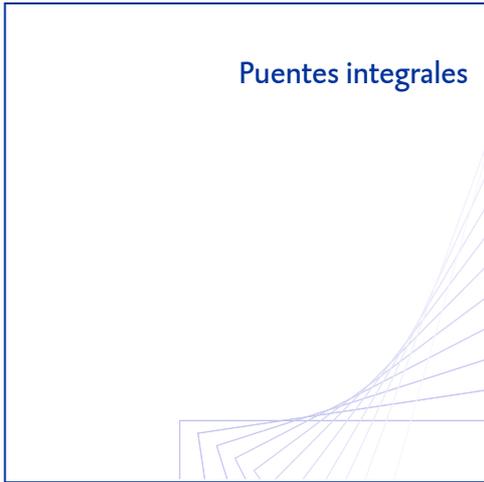
Para poder valorar las ventajas e inconvenientes de esta tipología y optimizar sus detalles y reglas de buena práctica constructiva es necesario estudiar las realizaciones que se efectúen en España y diseñar un plan instrumentación de puentes realizados en diferentes terrenos para medir los desplazamientos impuestos a los que están sometidos las estructuras y comprobar el comportamiento real de la



interacción suelo-estructura, como se está realizando en tanto en Estados Unidos como en Inglaterra y Escocia.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS. SUBDIRECCIÓN GENERAL DE TECNOLOGÍA Y PROYECTOS: “Guía para la concepción de puentes integrales en carreteras y autopistas”. Ministerio de Fomento. Madrid, 1997
2. DIRECCIÓN GRAL DE CARRETERAS TECNOLOGÍA: “Nota de servicio sobre losas de transición en obras de paso”. Ministerio de Obras Públicas. Madrid, 1992
3. DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS.: “Guía de cimentaciones en obras de carretera”. Ministerio de Fomento. Madrid, 2003
4. SISMAN, BEKIR Y FU, CHUNG C.: “Use of Integral Piers to Enhance Aesthetic Appeal of Grade Separation Structures”. Department of civil & environmental engineering. University of Maryland.
5. MISTRY, VASANT C.: “Integral abutment and jointless bridges”. Federal Highway Administration. Washington DC
6. WASSERMAN, EDWARD P. Y WALKER, J. HOUSTON: “Integral Abutments for Steel Bridges”. Tennessee Department of Construction, American Iron and Steel Institute & National Steel Bridge Alliance. 1996
7. PIK, CHENG YI: “Soil-structure Interaction of Spread-base Integral Bridge Abutments”. Department of Civil Engineering. The Hong Kong University of Science and Technology. 1999
8. ROMAN, EUGENIA Y KHODAIR, YASSER Y HASSIOTIS, SOPHIA: “Design details of integral bridges”. Department of civil, Environmental and Ocean Engineering. Stevens Institute of Technology. Hoboken. New Jersey. 2001
9. THE AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS: “Report Card for America’s Infrastructure”. 2005-04-06



10. CORUS CONSTRUCTION CENTRE: “SCI-P-163 Integral Steel Bridges- Design Guidance” . Corus. 1997
11. CONSTRUCTION INDUSTRY RESEARCH: “CIRIA C543” . Quality Services Civil Engineering Division of the Highway Agency.
12. VOLUME 1 HIGHWAY STRUCTURES: APPROVAL PROCEDURES AND GENERAL DESIGN SECTION 3 GENERAL DESIGN PART 8 BA 57/01: “Design for durability” . 2001
13. VOLUME 1 HIGHWAY STRUCTURES: APPROVAL PROCEDURES AND GENERAL DESIGN SECTION 3 GENERAL DESIGN PART 7 BD 57/01: “Design for durability” . 2001
14. VOLUME 1 HIGHWAY STRUCTURES: APPROVAL PROCEDURES AND GENERAL DESIGN SECTION 3 GENERAL DESIGN PART 12 BA 42/96: “The Design of Integral Bridges” . 2003
15. PRECAST CONCRETE ASSOCIATION OF NEW YORK: “New report, Srecast/Srestressed ‘State of the Art’ Integral Bridges. Monthly Newsletter May 2003