

**NOTA SOBRE SOBRE LOS REQUERIMIENTOS, Y CONOCIMIENTOS PARA CUMPLIMENTARLOS,
NECESARIOS PARA EL DISEÑO Y CÁLCULO DE PASARELAS Y PUENTES. IDONEIDAD DE LA
TITULACIÓN DE LOS ICCP.**

19/09/2022

-----000-----

INDICE.

- 1.- Antecedentes y objeto.**
- 2.- Las pasarelas. Características generales.**
- 3.- Criterios a tener en cuenta en el diseño de pasarelas.**
- 4.- Ensayos y estudios necesarios para el proyecto de pasarelas**
- 5.- Cálculos que se deberán desarrollar en el proyecto de pasarelas**
 - 5.1.- Cálculo de la estructura**
 - 5.2.- Normativa**
 - 5.3.- Acciones de cálculo**
 - 5.4.- Estado límites últimos**
 - 5.5.- Estados límite de servicio**
 - 5.6.- Cálculos de cimentaciones, estribos y aletas**
 - 5.7.- Casos particulares. Pasarelas rebasables**
 - 5.8.- Pruebas de carga**
- 6.- Definición del proceso constructivo**
 - 6.1.- Estructuras metálicas**
 - 6.2.- Obra civil**
 - 6.3.- Estructuras de madera**
 - 6.4.- Protección del medio ambiente y gestión de residuos**
 - 6.5.- Mediciones**
 - 6.6.- Construcción en medios naturales protegidos**
- 7.- Materiales**
 - 7.1.- Aceros**
 - 7.2.- Hormigones y armaduras**
 - 7.3.- Maderas**
- 8.- Protecciones**
- 9.- Mantenimiento**
- 11.- La capacidad técnica. Las ordenes CIN y EDU.**
 - 11.1.- Orden CIN/309/2009, de 9 de febrero, por la que se establecen los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de la profesión de Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.**
 - 11.2.- Orden CIN/307/2009, de 9 de febrero, por la que se establecen los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de la profesión de Ingeniero Técnico de Obras Públicas.**
 - 11.3.- Orden EDU/2075/2010, de 29 de julio, por la que se establecen los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de la profesión de Arquitecto.**

11.4.- Orden CIN/311/2009, de 9 de febrero, por la que se establecen los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de la profesión de Ingeniero Industrial.

12.- Análisis de los programas cursados en diferentes centros de enseñanza

13.- Extensión de los análisis realizados al proyecto y cálculo de puentes

14.- Conclusiones

-----000-----

1.- Antecedentes y objeto.

Se trata de establecer el conjunto de análisis y comprobaciones que deben efectuarse en el diseño y cálculo de pasarelas peatonales y/o de otros tipos, y su posterior extensión a puentes en el sentido más general. De demostrará, a partir de lo anterior que la titulación de ICCP y los conocimientos que en ella se adquieren, la hacen idónea para el diseño y sobre todo para el cálculo de este tipo de estructuras, frente a otras titulaciones en las que se echa en falta la adquisición de algunos de los conocimientos necesarios.

Lo anterior se desarrollará, en primer lugar, desde el punto de vista exclusivamente técnico en lo referente a los análisis y cálculos necesarios, para pasar a comprobar, en segundo lugar, que los conocimientos que se precisan se adquieren en su totalidad en los programas de ICCP. Esta comprobación se desarrollará tanto desde el punto de vista de la normativa (órdenes CIN / EDU) como del examen operativo de las asignaturas cursadas (Guías Docentes).

2.- Las pasarelas. Características generales.

Las pasarelas, especialmente las peatonales se utilizan cuando es necesario salvar obstáculos en el trazado de un Camino Natural, como cruces con carreteras, cauces, etc., y no es posible realizar otro tipo de obra de fábrica.

Una característica que distingue a las pasarelas de los puentes en general, es la pequeña magnitud de las cargas a las que se ven sometidas, frente a las que soportan los grandes puentes.

La pequeña magnitud de las cargas hace que, en general, los esfuerzos que producen, puedan ser soportados ampliamente por la resistencia de los materiales con los que se construyen.

Esta amplitud en la resistencia de los materiales puede llevar a diseñadores y proyectistas a emplear tipologías experimentales, muy atrevidas, ya que no les hace falta emplear tipologías que ayuden a soportar los esfuerzos producidos por las cargas como consecuencia de que, al ser las cargas pequeñas en comparación con las de los puentes en general, dichos esfuerzos estarán soportados sobradamente por la propia resistencia del material.

Sin embargo las pasarelas, especialmente las peatonales, se caracterizan entre otras cosas por su ligereza y la esbeltez de sus elementos. De acuerdo con esto, son bastante sensibles,

especialmente desde el punto de vista de la comodidad del usuario, a los efectos dinámicos y su consecuencia que son las vibraciones percibidas por los citados usuarios, en los casos más leves.

En casos más importantes, debido a su poca rigidez, especialmente a torsión, suelen ser bastante sensibles a los efectos de flameo, globalmente, (puente sobre el cañón de Tacoma [https://es.wikipedia.org/wiki/Puente_de_Tacoma_\(1940\)\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Puente_de_Tacoma_(1940))) o en algunos de sus elementos, dando lugar en este último caso a efectos tensionales repetidos que pueden provocar fatiga¹ en el material y, en último extremo, la rotura de algún elemento que derive en un colapso total.

De acuerdo con lo anterior, es importante en las pasarelas, aparentemente sencillas, pero no exentas de responsabilidad, un estudio dinámico profundo para evitar cuestiones como las anteriormente descritas. En las pasarelas sobre cauces estas cuestiones son importantes por estar situadas, en general, en zonas en las que los efectos de acciones pulsatorias del viento, se acentúan.

Se tiene por lo tanto que en el caso del diseño y cálculo de las pasarelas, lo primero que hay que hacer es un análisis dinámico riguroso, además de otros análisis como pueden ser los de las cimentaciones o los de los efectos hidrodinámicos de descalce, en el caso de pasarelas con apoyos sobre cauces fluviales o de otro tipo, como más adelante se expondrá. Todo ello cae de lleno dentro de los conocimientos y capacidades de los ICCP, en detrimento de otros profesionales que carecerán de dichos conocimientos, los del análisis dinámico, por tenerlos, en el mejor de los casos, orientados a otro tipo de estructuras como serían las de edificación en el caso de los Arquitectos o las estructuras industriales en el caso de los Ingenieros Industriales, Aeronáuticos, etc. pero que carecerían de conocimientos suficientes en las áreas de cimentaciones, hidrología fluvial, etc.

3.- Criterios a tener en cuenta en el diseño de pasarelas.

Para todos los proyectos en los que se incluyan pasarelas, será obligatoria la obtención de la preceptiva autorización por parte de la Administración competente de la infraestructura sobre la que se va a ejecutar, así como solicitar los condicionantes mínimos que ésta ha de cumplir para su construcción.

En este sentido, es necesario realizar estos trámites durante la fase de redacción del proyecto constructivo, a fin de poder incluir los condicionantes previos requeridos en el diseño.

En cuanto a los criterios a tener en cuenta para el diseño de pasarelas, tenemos, entre otros, los siguientes:

¹ En ingeniería y, en especial, en ciencia de los materiales, la fatiga de materiales se refiere a un fenómeno por el cual la rotura de los materiales bajo cargas dinámicas cíclicas se produce más fácilmente que con cargas estáticas. Aunque es un fenómeno que, sin definición formal, era reconocido desde la antigüedad, este comportamiento no fue de interés real hasta la revolución industrial, cuando a mediados del siglo XIX se comenzaron a producir las fuerzas necesarias para provocar la rotura de los materiales con cargas dinámicas muy inferiores a las necesarias en el caso estático y a desarrollar métodos de cálculo para el diseño de piezas confiables.

- Estéticos
- Durabilidad
- Constructivos
- Funcionales
- Económicos
- Medioambientales

4.- Ensayos y estudios necesarios para el proyecto de pasarelas

Para redactar los diferentes anejos de cálculo necesarios para definir una pasarela es necesario disponer de datos previos, que se indican a continuación.

Estudio hidrológico, hidráulico y de erosión

En los casos en los que la pasarela se realice sobre un cauce fluvial, las pilas se situarán, siempre que sea posible, fuera del mismo. En este caso, será necesario realizar un estudio hidrológico e hidráulico, donde se recogerán todos los condicionantes que puedan afectar a la superestructura de la pasarela y, especialmente, a su cimentación.

Para ello, se estimarán las precipitaciones máximas y caudales previsibles para un determinado periodo de retorno de acuerdo con la normativa aplicable y las especificaciones de la Administración competente en la materia.

Como norma general, los cálculos se realizarán para un periodo de retorno T de 500 años para pasarelas ubicadas en suelo urbano y de $T=100$ años para las ubicadas en suelo rústico, aunque deberá siempre atenderse a las indicaciones que establezca la Confederación competente, en función del tipo de cauce y la localización de la pasarela. En el informe se describirá la cuenca drenante, se incluirán los hidrogramas, en su caso, y los coeficientes de escorrentía aplicables.

Una vez completado el estudio hidrológico se procederá a realizar el consiguiente análisis hidráulico. Se calcularán los parámetros del flujo a través de los apoyos de la pasarela, es decir, se deducirá la altura de la lámina de agua, velocidad, régimen o número de Froude. El análisis hidráulico implicará la previa realización de una topografía del cauce por secciones transversales cada 25 metros, al menos 100 metros aguas arriba y 100 metros aguas abajo de la pasarela.

Es decir, es obligatorio el análisis con HEC-RAS y la entrega del modelo utilizado.

Se especificará claramente cuál es el resguardo mínimo entre la superestructura y la cota de la lámina de agua calculada para el periodo de retorno anteriormente mencionado.

En cualquier caso, se deberá cumplir lo establecido en el capítulo de Drenaje en cuanto a estudios previos, cálculos, medidas de protección, etc. Si fuese necesario, se añadirá un estudio de erosión general del cauce y local.

Estos estudios serán la base para la obtención de los permisos y autorizaciones preceptivas por parte de la Administración Hidrográfica competente.

Siguiendo las indicaciones de la Confederación, y para evitar, en su caso, la erosión de los estribos o pilas, se incluirán las pertinentes medidas protectoras, que se concretan en un mayor empotramiento de la zapata o encepado o en la colocación de una escollera suelta o embebida en hormigón, gaviones o una losa protectora del cauce. Todas estas medidas serán compatibles con la estética general del cauce y con el medio ambiente.

Para este estudio, será necesario efectuar previamente un levantamiento taquimétrico del terreno, en tal detalle, que permita definir topográficamente el entorno donde se va a situar la pasarela. Será necesario el uso de bases fiables con disponibilidad de coordenadas. Estas bases no quedarán afectadas por el proceso de construcción de la propia pasarela o sus accesos.

El levantamiento topográfico cumplirá las especificaciones establecidas en el capítulo inicial "Topografía", y en especial, lo establecido para pasarelas peatonales, de manera que se obtengan y proporcionen datos fiables para poder representarlas y replantearlas en el terreno, con cotas de referencia perfectamente identificables, en coordenadas UTM y de acuerdo a las bases necesarias de apoyo en concordancia con los vértices geodésicos de apoyo.

Estudio geológico-geotécnico

En todo momento, se considerará lo indicado en el capítulo específico para los estudios geológicos geotécnicos; no obstante, se recogen aquí los puntos básicos a aplicar en los cálculos de las pasarelas. En primer lugar, será necesario llevar a cabo una investigación geológica-geotécnica del área donde se situará la estructura para conocer la calidad del suelo en la zona de estribos y, caso de existir, en las pilas intermedias de la pasarela.

En base a la investigación citada se describirá el encuadre geológico del lugar donde la implantación de la estructura tendrá lugar. La investigación geotécnica deberá cubrir ensayos in situ, ensayos de laboratorio y eventualmente ensayos geofísicos.

Toda la investigación será recogida en un Informe que incluirá como mínimo los trabajos realizados, la caracterización geológica y geotécnica del terreno, el cálculo de tensiones de hundimiento y admisibles en zapatas, la resistencia por fuste, por punta y tope estructural en pilotes, asientos previstos a corto y largo plazo, la caracterización de los diferentes sustratos del terreno investigado, con incorporación de sus parámetros geotécnicos, las recomendaciones de cimentación y todos los anejos con la situación de los ensayos de campo, las columnas litológicas, cortes geológicos, definición geotécnica con secciones transversales entre sondeos, ensayos realizados, etc.

El Informe debe contener unas conclusiones claras y concretas en cuanto a la tipología de cimentación adecuada y reflejar específicamente la ubicación idónea en relación con los sustratos competentes del terreno o con relación al cauce, en su caso, así como los parámetros geotécnicos de cálculo que deben adoptarse.

Deberá existir una correlación explícita entre los datos geotécnicos y los topográficos, de manera que sean perfectamente localizables la situación de los ensayos de campo, y sondeos y las características del terreno, especialmente en las zonas de cimentación donde se colocarán las zapatas, pilares, estribos o pilotes.

5.- Cálculos que se deberán desarrollar en el proyecto de pasarelas.

5.1.- Cálculo de la estructura

El cálculo de la estructura será coherente con el proceso constructivo propuesto, contemplándose todas las etapas y situaciones transitorias que resulten relevantes para las solicitaciones y comportamiento de la estructura o de sus partes.

El cálculo de la estructura comprende el estudio estructural del tablero, con sus componentes, así como de los soportes o pilas que lo sustentan. De acuerdo con la normativa vigente, se debe de recoger la comprobación del cumplimiento de los Estados Límite Últimos (estabilidad y resistencia) y el cumplimiento de los Estados Límites de Servicio (deformaciones y vibraciones).

El cálculo de la pasarela, en el Anejo correspondiente de la Memoria, deberá incluir los siguientes aspectos:

- Descripción de la estructura: definición de los pórticos que la componen (materiales, dimensiones, métodos de unión, existencia de atirantados, arriostramientos, tipología de barandillas, etc.), soportes o pilas intermedias, así como de su cimentación (zapatas, pilotes, dimensiones, uniones y encepados, etc.).
- Normativa de aplicación y referencia.
- Definición de las hipótesis de cálculo:
 - Hipótesis de carga: peso propio de la estructura y sus materiales, sobrecargas de uso, viento, sobrecarga de nieve, acciones térmicas y reológicas y acciones sísmicas.
 - Características de los materiales y durabilidad.
- Explicación de los modelos de cálculo empleado: definición del modelo programa, cálculos que se realizan, cargas introducidas, hipótesis asumidas, simplificaciones realizadas, restricciones impuestas, resultados y datos obtenidos.
- Establecimiento de los coeficientes de ponderación para el cálculo y comprobación de los Estados Límite Últimos (E.L.U.) y de los Estados Límite de Servicio (E.L.S.). Establecimiento de los coeficientes de minoración de la resistencia de materiales.
- Combinación de acciones de cálculo y factores de simultaneidad en la comprobación de E.L.U. y de E.L.S.
- En la comprobación de los Estados Límite Últimos, se deberá incluir la comprobación del agotamiento de las secciones por tensiones y la estabilidad local o global de la estructura. Se incluirá, en su caso, el estudio no lineal en elementos como son las pilas, frente al pandeo a compresión, o las vigas o jácenas, frente al pandeo lateral por flexión.
- Respecto al cumplimiento de los Estados Límite de Servicio, se comprobará si las deformaciones y el estado de vibraciones cumplen las limitaciones correspondientes.
- Los cálculos por ordenador irán acompañados por la correspondiente Memoria, donde se indiquen los modelos de cálculo empleado (2D o 3D, cargas introducidas, resultados obtenidos y su función), los gráficos o modelos explicativos con los elementos claramente identificados, los listados de salida de ordenador con los contenidos mínimos para la correcta identificación de elementos (nudos, barras, pilares, barandillas, secciones, etc.), las hipótesis de carga, las especificaciones de envolventes y valores obtenidos de envolventes, solicitaciones y momentos.
- Estabilidad de la estructura durante el proceso constructivo.

Los conocimientos necesarios para desarrollar todo lo antedicho se corresponden con los adquiridos en un curso avanzado de cálculo de estructuras.

5.2.- Normativa

La normativa vigente aplicable al cálculo de pasarelas se agrupa de la siguiente forma:

Acciones:

- Norma IAP-11, Instrucción sobre las acciones a considerar en el Proyecto de Puentes de Carretera.

En ella se contempla las acciones para pasarelas peatonales, ciclistas, etc.

- Eurocódigo 1. Acciones en estructuras.
- Norma de Construcción Sismorresistente: Puentes (NCSP-07). Para las acciones sísmicas.

Pasarelas metálicas:

- Real Decreto 470/2021, de 29 de junio, por el que se aprueba el Código Estructural
- Eurocódigo 3. Proyecto de estructuras de acero.
- Código técnico de la edificación. CTE. Documento Básico SE-A Seguridad Estructural. Acero.

Pasarelas de hormigón:

- Real Decreto 470/2021, de 29 de junio, por el que se aprueba el Código Estructural
- Eurocódigo 2. Proyecto de estructuras de hormigón.

Pasarelas mixtas:

- Eurocódigo 4. Proyecto de estructuras mixtas.
- Recomendaciones para el proyecto de puentes mixtos para carreteras RPX-95. Para las pasarelas mixtas (acero y hormigón).

Pasarelas de madera:

- Eurocódigo 5. Proyecto de estructuras de madera. Parte 2: Puentes.
- Código técnico de la edificación. CTE. Documento Básico SE-M Seguridad Estructural. Madera.

Cimentaciones (al no existir normativa específica):

- Real Decreto 470/2021, de 29 de junio, por el que se aprueba el Código Estructural
- Guía de Cimentaciones en Obras de Carretera, del Ministerio de Fomento (2003).
- Guía para el proyecto y la ejecución de micropilotes en obras de carretera Ministerio de Fomento (2005).

Los conocimientos necesarios para desarrollar todo lo antedicho se corresponden con los adquiridos en un curso avanzado de cálculo de estructuras.

5.3.- Acciones de cálculo.

Tanto en el cálculo de la superestructura como en el de la cimentación de las pasarelas, las acciones principales que deben de recogerse son las que se enumeran a continuación.

Acciones permanentes

Las acciones permanentes son las acciones que forman parte de los distintos elementos de la pasarela.

Existen dos tipos, el peso propio del elemento resistente y las cargas muertas de los elementos anexos que no constituyen la estructura (como pavimentos, barandillas, desagües, etc.).

La siguiente tabla recoge los pesos más habituales utilizados en la construcción de pasarelas

Material	Densidad aparente kN/m ³
Acero	78,50
Madera de coníferas	3,00 a 5,00
Madera de frondosas	5,30 a 9,00
Hormigón armado y pretensado	25,00
Hormigón ligero	10,00 a 20,00

Sobrecarga de uso

La instrucción IAP-11 prescribe que para la determinación de los efectos estáticos de la sobrecarga de uso debida al tráfico de peatones, se considerará la acción simultánea de las cargas siguientes:

A) Una carga vertical uniformemente distribuida de valor igual a 5 kN/m² en toda la superficie o en parte de ella, según la condición más desfavorable.

B) Una carga horizontal de valor máximo igual al 10% de la carga uniformemente distribuida, actuando en el eje del tablero y a nivel de la superficie del pavimento.

Ambas cargas A) y B) se consideran como una carga única, de valor característico de sobrecarga de uso cuando se combina con otro tipo de cargas.

Por otra parte, el Eurocódigo EN 1991-2-2003 considera las mismas cargas mencionadas anteriormente, pero establece una reducción de la sobrecarga para tramos cargados de longitudes mayores de 10 metros, que deberá aplicarse en proyectos de pasarelas peatonales de Caminos Naturales, salvo en los casos en que se prevean aglomeraciones extraordinarias, donde se deberán mantener los 5 kN/m² de carga vertical uniforme. Dicho Eurocódigo, si no está impedido el tránsito de vehículos, contempla para el cálculo la existencia de un vehículo como carga de tipo accidental compuesto por 2 ejes separados longitudinalmente 3,00 m. El primer eje lleva una carga de 40 kN y el segundo 80 kN verticales.

Las ruedas, dentro de cada eje, están separadas transversalmente 1,30 m. Éstas se consideran cuadradas de 0,20 m de lado. Con esta carga se asocia una fuerza de frenado igual al 60% de la carga vertical.

No obstante, en los Proyectos de Caminos Naturales donde se incluyan Pasarelas Peadonales, se tomarán las medidas necesarias para impedir, en general, el acceso de vehículos. Por ello, el vehículo accidental contemplado en el Eurocódigo se considerará únicamente, en el caso de necesidad obligada de paso de vehículos, lo que requerirá la existencia de elementos móviles o extraíbles para el control del paso de vehículos.

Cuando por causa justificada se prevea que la pasarela ha de compatibilizar el uso peatonal con el de vehículos de servicio se caracterizará éste especificando sus dimensiones, las de sus ejes, sus cargas y condiciones de paso, adoptándose, en caso de ser más restrictivo, el modelo de vehículo descrito en el párrafo anterior.

Acciones en las barandillas

En los casos en que no sea previsible la formación de aglomeraciones de personas, se considerará para la comprobación de la barandilla una fuerza horizontal sobre el borde superior del elemento de 0,8 kN/m. En caso contrario el valor de esta acción será de 1,6 kN/m.

Acciones térmicas

En el proyecto se justificará la necesidad o no de considerar estas acciones para la comprobación de la estructura, cimentación y apoyos.

El efecto de la acción térmica se evaluará según el artículo 4.3 de la IAP-11.

En las pasarelas de madera no se considerará el efecto de la temperatura sobre la estructura.

Acciones de viento

En relación a las acciones del viento, se deberá consultar el contenido de la Norma IAP-11 al respecto.

El efecto del viento se asimila a una carga estática.

Para las pasarelas donde los vanos suelen ser menores de 40 m de luz, y de menos de 20 m en altura de pilas intermedias, bajo unas condiciones determinadas, podrá aplicarse el cálculo simplificado del empuje de viento en tablero y pilas, considerando únicamente los efectos del viento transversal.

Este método simplificado calcula dichos empujes en función de la altura de las pilas, si existen, el tipo de entorno y la velocidad básica fundamental del viento del lugar.

Los análisis dinámicos y vibratorios incluyen la determinación de los modos de vibración, frecuencia natural, riesgo de resonancia, deformaciones y esfuerzos periódicos. Los valores obtenidos deben estar en consonancia con las normas aplicables.

En función del lugar donde se ubica la pasarela, se determina la velocidad básica fundamental del viento de referencia y obtener el empuje sobre la estructura (ver figura adjunta recogida en el IAP-11, coincidente con el Mapa del Código Técnico de la Edificación).



Acciones de nieve

En aquellos casos en los que las pasarelas se sitúen por encima de los 2.200 m de altitud, es necesario un estudio específico que determine la carga de nieve sobre la pasarela.

Para altitudes inferiores, la Norma IAP-11 suministra unos valores característicos de sobrecarga de nieve en un terreno horizontal para siete zonas climáticas en que se divide el Estado.

La sobrecarga sobre el tablero de la pasarela viene dado por la expresión:

$$Q_k = 0,80 s_k$$

Donde s_k es el valor característico de la sobrecarga de nieve sobre un terreno horizontal.

Acciones sísmicas

Al igual que el Eurocódigo 8, la Norma NCSP-07 no incluye dentro de su ámbito de aplicación los puentes y las pasarelas de madera; estas normas están pensadas para puentes de acero o

de hormigón. No obstante, es una referencia que puede considerarse en el estudio de acciones sísmicas en pasarelas de madera.

De acuerdo con la NSCP-07 no es necesario aplicar el análisis sísmico para lugares con una aceleración sísmica básica horizontal que sea menor del 4% de la aceleración de la gravedad.

5.4.- Estados Límite Últimos (E.L.U.)

Se deben considerar los siguientes estados:

- E.L.U. de rotura, por deformación plástica excesiva o inestabilidad local por abollamiento, donde se deberán tener en cuenta las uniones.
- E.L.U. de pérdida de equilibrio por falta de estabilidad de una parte o de la totalidad de la pasarela.

De acuerdo con la normativa aplicable, en las situaciones de cálculo estudiadas se deberá tener en cuenta, la probabilidad de que cada una de ellas actúe con su valor más desfavorable. Para ello se definirán las combinaciones de acciones, los coeficientes parciales de seguridad y los coeficientes de simultaneidad, en las situaciones de cálculo siguientes:

- Situación permanente.
- Situación transitoria, si es relevante o controla el diseño.
- Situación accidental.
-

Las combinaciones de acciones posibles son:

- En situaciones de cálculo con cargas persistentes y transitorias:

$$\Sigma \gamma_G \times G + \gamma_Q \times Q_1 + \Sigma \gamma_Q \times \psi_0 \times Q$$

- En situaciones de cálculo accidentales:

$$\Sigma \gamma_G \times G + \gamma_A \times A + \gamma_Q \times \psi_1 \times Q_1 + \Sigma \gamma_Q \times \psi_2 \times Q$$

Siendo:

G: valor característico de las acciones permanentes.

Q1: valor característico de la acción variable dominante en la situación de cálculo considerada.

Q: valor característico del resto de las acciones variables.

A: valor característico de la acción accidental.

ψ_0, ψ_1, ψ_2 : Coeficientes de simultaneidad.

$\gamma_G, \gamma_Q, \gamma_A$: Coeficientes parciales de seguridad.

De acuerdo con la Normativa IAP-11, los valores representativos de las acciones variables vienen afectados por los coeficientes de simultaneidad ψ , según la comprobación que se considere:

Valor de combinación persistente o transitoria ψ_0 Q: valor de la acción variable concomitante con otra dominante en comprobación en Estados Límite Últimos, en situaciones persistentes o transitorias.

- Valor de combinación frecuente ψ_1 Q: valor frecuente de la principal acción variable concomitante con otra del tipo accidental.
- Valor de combinación casi-permanente ψ_2 Q: valor casi-permanente del resto de las acciones variables concomitante con la principal acción variable y con otra del tipo accidental.

Para las pasarelas se pueden resumir los coeficientes de simultaneidad en el siguiente cuadro:

Acción	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
Sobrecarga de Uso	0,40	0,40	0
Viento	0,30	0,20	0
Acción Térmica	0,60	0,60	0,50
Nieve	0,80	0	0
Acción del Agua	1,00	1,00	1,00
Sobrecarga de Construcción	1,00	0	0

Aparte de la verificación del estado tensional de los elementos de la estructura, adquiere particular importancia, por su exposición, la comprobación estructural de las uniones y de cómo puede variar su comportamiento con el paso del tiempo.

5.5.- Estados límite de servicio

Independiente del material constitutivo de la pasarela, sea de madera, metálica o mixta, se deben de fijar una serie de limitaciones de servicio a cumplir.

- Limitaciones de deformaciones (flechas y curvatura).
- Limitaciones a las frecuencias propias de vibración, para evitar las vibraciones inadmisibles.
- Limitaciones en anchura de fisura, en el caso de elementos de hormigón

Pasarelas de madera

En relación con las deformaciones de la estructura, es necesario conocer algunos parámetros específicos de la madera como estructura:

- Factor de fluencia k_{def} :

El desplazamiento final de un elemento estructural se calculará según la expresión:

$$W_{fin} = W_{ini} + W_{creep} = W_{ini} (1 + \Psi K_{def})$$

Dónde:

w_{ini} : desplazamiento elástico instantáneo.

w_{creep} : deformación diferida.

Ψ : coeficiente de simultaneidad:

- Para las cargas permanentes es 1,00.
- Para las cargas variables o transitorias es:
 - Para acción variable valor de combinación = 0,70.
 - Para acción variable de valor frecuente = 0,50.
 - Para acción variable de valor casi-permanente = 0,30.
- k_{def} : factor de desplazamiento diferido.

En la siguiente tabla se recogen los valores para K_{def} en función de la clase de servicio del elemento estructural para cargas de duración permanente (exclusivamente). Para el caso de las pasarelas se deberá aplicar la Clase de Servicio 3, pues son estructuras expuestas a la intemperie.

Material	Clase de servicio 1	Clase de servicio 2	Clase de servicio 3
Madera maciza	0,60	0,80	2,00
Madera laminada encolada	0,60	0,80	2,00
Madera microlaminada	0,60	0,80	2,00
Tablero contrachapado	0,80	1,00	2,50

Tomado de “Puentes de madera” , de Kart Schwaner y otros. 2004.

Limitación de la deformación:

La norma prEN 1995-2 especifica un rango de valores límite de deformación en elementos estructurales principales para carga uniforme de tráfico peatonal y de vehículo de servicio ligero, en función de la luz, L, del elemento (viga, placa o celosía).

La flecha máxima que contempla la citada norma se encuentra entre los valores L/200 y L/400.

Vibraciones:

Las pasarelas suelen ser estructuras esbeltas y flexibles que propician la aparición de problemas de vibraciones.

En general, la frecuencia natural de las vibraciones de la estructura o del elemento que se analiza deberá ser mayor que los valores que dependen de la fuente de vibración.

En la mayoría de los casos, la cadencia de paso de los peatones tiene una frecuencia de alrededor de 2 Hz, con una desviación típica de 0,175 Hz. En el caso de peatones corriendo la cadencia de paso puede alcanzar los 3,50 Hz.

El factor de amortiguamiento, ζ , se encuentra entre 0,010 y 0,015 y se utiliza para el cálculo de las aceleraciones verticales, según

$$a_v = 200 / M \zeta \quad \text{para } f_{\text{vert}} \leq 2,50 \text{ Hz.}$$

$$a_v = 100 / M \zeta \quad \text{para } 2,50 \text{ Hz.} < f_{\text{vert}} \leq 5,00 \text{ Hz.}$$

Dónde:

a_v : aceleración vertical.

M : masa total de la pasarela (peso propio).

ζ : factor de amortiguamiento.

f_{vert} : frecuencia natural fundamental en vibración vertical de la pasarela.

El detalle del cálculo puede consultarse en la norma EN 1995-2.

Pasarelas metálicas y mixtas

Deformaciones

Se recomienda dotar de contra flecha para la carga permanente.

La flecha correspondiente a la parte de sobrecarga de combinación frecuente será igual o menor que $L/1200$ en pasarelas peatonales y puentes urbanos con aceras accesibles.

Vibraciones

Las pasarelas metálicas y mixtas suelen ser estructuras flexibles propensas a la aparición de vibraciones.

Las frecuencias de las acciones por peatón varían aproximadamente entre 2 y 3,5 Hz, como se ha mencionado anteriormente. El objetivo principal es evitar que estas frecuencias coincidan con la frecuencia natural de la estructura. En una primera aproximación, la frecuencia natural de una pasarela puede aproximarse a los siguientes valores:

$$f_n = 35. L^{-0,73} \text{ para pasarelas en estructura de acero.}$$

$$f_n = 42. L^{-0,84} \text{ para pasarelas en estructura mixta.}$$

Dónde:

f_n : frecuencia natural, en Hz.

L : luz en metros.

Los datos anteriores se han extraído del documento "Problemas de Vibraciones en Estructuras. Recomendaciones y manuales técnicos estructurales y edificación E-8). Varios autores". Ed. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos y Ache, 1991.

De las expresiones anteriores se deduce que los problemas de vibración, muy probablemente, empiezan a partir de los 30 a 40 m de vano.

Las modernas pasarelas metálicas y mixtas tienen muy poco amortiguamiento, siendo los valores de amortiguamiento para pasarelas metálicas de aproximadamente $\zeta = 0,004$ y para las pasarelas mixtas de $\zeta = 0,006$. Ello implica que las vibraciones de la estructura tardan mucho tiempo en amortiguarse y lo que puede suponer un inconveniente para los usuarios.

5.6.- Cálculos de cimentaciones, estribos y aletas

El tipo de cimentación de una pasarela depende de la calidad del suelo, de acuerdo a los datos de estudios previos obtenidos, y de las cargas transmitidas a éste. Las cimentaciones suelen ser superficiales, de hormigón armado, con zapatas aisladas, salvo en suelos de mala calidad, donde se emplearán pilotes, micropilotes o pozos para cimentaciones profundas o semiprofundas.

Los estribos, con sus aletas correspondientes, siempre en hormigón armado, desempeñan una doble función, por un lado transmiten la carga del tablero al terreno, en sus extremos, y por otro, como estructura de contención, controlan los derrames de tierras del terraplén de acceso a la pasarela.

En el diseño de las cimentaciones y estribos, se deberá tener en cuenta lo establecido en el Informe geotécnico y los datos de la pasarela en cuanto a definición geométrica y acciones. De esta forma se decidirá la tipología de la cimentación adoptada, que en general suele ser:

- Cimentación del tipo superficial. Con soluciones del tipo: zapatas aisladas o combinadas, losas o pozos de cimentación (cimentación semiprofunda).
- Cimentación profunda: pilotes y micropilotes.
- Cimentación especial: inyecciones, pantallas, etc.

La tipología de los estribos y aletas viene influenciada por la disposición geométrica de la pasarela respecto a los accesos y respecto a la vaguada, paso inferior o arroyo que cruza. Normalmente suelen ser del tipo:

- Estribos cerrados o abiertos, en función de la altura de estos.
- Aletas de vuelta o abiertas. Igualmente influenciado por la altura y tipo de paso inferior.
- Otros especiales. Constituidos por elementos prefabricados o taludes casi-verticales reforzados con geomallas, gaviones, etc.

Una vez fijada la tipología de la cimentación se efectuarán las comprobaciones siguientes:

- Comprobación a hundimiento. Que será función de la capacidad portante del terreno y de las cargas actuantes.
- Movimientos o asientos a corto o a largo plazo. Lo que se intenta obtener es conocer la influencia que pueden tener en la superestructura.
- Comprobación de la estabilidad. Se deben comprobar los coeficientes de seguridad al vuelco y al deslizamiento. Es importante, que en esta comprobación sea posible determinar claramente cuando es posible ayudarse de la cohesión del terreno y en qué caso de los empujes desarrollados por el mismo (activos, pasivos o al reposo), especialmente en el diseño de elementos de contención, como son los estribos y aletas. En el caso de zapatas sobre lecho fluvial los empujes asumidos pueden variar con el tiempo ante, por ejemplo, posibles erosiones del terreno.
- Comprobación del fallo global. Este cálculo será especialmente relevante en el caso de cimentaciones a medias laderas. También deberá tenerse en cuenta la posibilidad de descalces por obras futuras próximas a la pasarela.
- Comprobación de descalces por la erosión o socavación de las cimentaciones, normalmente motivado por las acciones fluviales o drenajes de terceros próximos.
- Diseño estructural de los elementos. Consiste en el correcto armado de las zapatas, pilotes, estribos y aletas, tras las comprobaciones anteriores.

Acciones a considerar

Aparte de las procedentes de la superestructura, específicamente en obras de cimentación, aletas y estribos, se considerarán las siguientes acciones.

- Pesos propios.
- Acciones sísmicas en estribos, zapatas, etc.
- Empujes de tierras.
- Empujes hidrostáticos.
- Empujes hidrodinámicos.
- Subpresión.
- Asientos diferenciales.

Los detalles de obtención de estas cargas, así como los coeficientes de seguridad al hundimiento y los relacionados con la estabilidad a vuelco y a deslizamiento, están descritos en la Guía de Cimentaciones en Obras de Carretera, del Ministerio de Fomento (2003).

En este mismo documento se describen los métodos de cálculo más frecuentes utilizados en el diseño de cimentaciones y que son aplicables a las pasarelas.

En cuanto a las acciones por empuje de tierras, empuje hidrodinámico y asientos, se revisará el contenido de la Norma IAP-11 Instrucción sobre las acciones a considerar en el Proyecto de Puentes de Carretera.

En la Guía para el proyecto y la ejecución de micropilotes en obras de carretera (Ministerio de Fomento, 2005) se detalla la manera de ejecutar estas cimentaciones profundas.

5.7.- Casos particulares. Pasarelas rebasables

Como caso particular hay que tener en cuenta que en determinadas circunstancias se debe diseñar un tipo de pasarelas rebasables que soporten el paso de avenidas pequeñas pero recurrentes.

Las pasarelas rebasables se caracterizan por estar situadas en cursos de agua con caudales previsible, durante su vida útil, superiores a la capacidad de su sección de paso.

Podrá adoptarse esta solución cuando se cumplan las siguientes condiciones:

- Exista una desproporción notable entre la magnitud de la obra necesaria para resolver el problema y el servicio que se da.
- Deberá quedar patente en el proyecto que la interrupción del servicio durante el tiempo y frecuencia estimada no interfiere gravemente con el aprovechamiento del Camino Natural.
- Se tomarán las medidas precisas para que no se ponga en peligro la seguridad del usuario.
- La solución propuesta debe ser aprobada por el organismo de cuenca competente.

En el diseño de la estructura se deberán tener en cuenta los siguientes aspectos:

- La sección de paso será suficiente para evitar el riesgo de obstrucciones con retenciones importantes que, al provocar el colapso de la estructura, pudieran ser causa de daños aguas abajo.
- Se considerará como situación de cálculo en estado límite último la acción de la corriente de agua sobre la pasarela según la IAP11, para la avenida prevista para un periodo de retorno de 100 años.
- Esta acción no se considerará concomitante con ninguna de las restantes acciones variables.

- Se dispondrá la estructura de forma que la rotura se realice de forma progresiva, desde barandillas, que deberán ser “fusibles” por la posible carga de agua antes de que se produzca el colapso de la estructura, elementos secundarios del tablero, estructura de tablero, pilas y estribos. En lo posible, se procurará la conservación de estos últimos elementos tras superarse el límite resistente de los primeros.
- Deberán considerarse, en su caso, la socavación y el impacto contra la estructura de los elementos arrastrados por la corriente.

El proyecto del Camino Natural debe tener prevista la eventual situación de falta de servicio de la pasarela con sistemas de alerta, limitación de uso, itinerarios alternativos u otras medidas que se consideren adecuadas y eficaces para evitar el uso de la infraestructura en situaciones de riesgo para el usuario que produzcan el aislamiento de éste.

5.8.- Pruebas de carga

La documentación del proyecto incluirá un anejo que definirá la prueba de carga que se deberá realizar sobre la estructura antes de su puesta en servicio.

La prueba será definida en función de las características de la pasarela, pudiendo ser estática o dinámica. En el anejo se determinarán las cargas de prueba, estados de carga, escalonamiento, puntos de medición, valores esperados y criterios de aceptación o rechazo.

6.- Definición del proceso constructivo

En los Proyectos Constructivos que incluyan una pasarela, la parte de la documentación necesaria deberá estar incluida en cada uno de los documentos correspondientes.

En los Anejos, se definirán aquellos puntos o estudios que son importantes dentro de la particularidad de cada pasarela. Entre otros y en caso de ubicaciones difíciles, se procederá a la definición de accesos, ejecución de obras temporales necesarias en su caso, restituciones del entorno cuando la obra esté acabada, etc.

Cuando la complejidad de la estructura así lo requiera, se suministrarán planos con detalle suficiente para su posterior ejecución en taller, según se refleje en el Pliego de Prescripciones. Es necesario también incluir en el mismo el proceso constructivo correspondiente, de tal forma que quede definido en el proyecto las posibles incidencias que se puedan presentar en el momento de ejecución de la obra.

En el Anejo de la Memoria se desarrollará un plan de ejecución de los trabajos. Es frecuente su sustitución por otro más detallado, elaborado por el Contratista, antes del comienzo de la obra y tras su adjudicación. En dicho documento se reflejan todos los capítulos importantes y su orden de ejecución, para conocimiento de la Dirección de Obra.

6.1.- Estructuras metálicas

Preparación de materiales

En todos los perfiles y chapas que se utilicen en la construcción de las estructuras, se eliminarán las rebabas de laminación y se suprimirán las marcas de ese proceso, especialmente en las zonas de encuentro entre perfiles o en uniones.

Las deformaciones locales no excederán, como norma general, en ningún punto del 2,5 % de la dimensión inicial. Se prohíbe el uso del soplete en las operaciones de conformado y enderezado.

Corte del material

Se realizará mediante cizalla, sierra u oxicorte, eliminando las rebabas, estrías o cualquier tipo de irregularidades.

Los bordes cortados se mecanizarán con piedra esmeril, fresa o buril, en las proximidades de uniones.

Marcado de piezas

Las piezas de cada conjunto se marcarán con las siglas correspondientes para su posterior identificación y armado. En ningún caso se producirán hendiduras en el material consecuencia del citado marcado.

Las soldaduras serán ejecutadas por soldadores cualificados por cualquiera de las entidades oficialmente reconocidas.

Elección y manejo de electrodos

Todos los materiales consumibles se regirán por lo establecido en las Normas UNE que les sean de aplicación.

Respecto al manejo de los electrodos, se cumplirán los siguientes requisitos:

- Deberán ser almacenados bajo ambiente seco y temperatura adecuada.
- Los soldadores tendrán al alcance estufas portátiles, para la consumición de los electrodos.

Secuencia de armado y soldeo

Antes de la fabricación, el Contratista estudiará la secuencia de armado y soldeo, siendo el único responsable de las deformaciones, tensiones residuales u otros defectos de soldadura que por esta causa puedan originarse.

Fabricación soldada

No se realizarán soldaduras en campo cuando la temperatura ambiente sea inferior a -5° C.

Los cantos y caras de las chapas a soldar se limpiarán cuidadosamente eliminando restos de óxido, pintura, grasa o cualquier sustancia extraña.

En campo se realizarán primero los cordones transversales y luego los longitudinales. Se prohibirá el enfriamiento de los cordones por medios artificiales.

Fabricación atornillada

Los taladros para los tornillos se perforarán con taladradora, nunca se empleará la rectificación de agujeros por medio de soplete oxicorte. En aquellos casos en los que la rectificación es inevitable, se empleará el escariador mecánico.

Para la colocación de tornillos de alta resistencia se comprobará previamente que las superficies están planas, exentas de pintura y limpias.

Montaje

El contratista someterá al Director de Obra la modalidad de transporte elegido, en lo referente a piezas o conjuntos donde sea preciso guardar alguna precaución.

La descarga será responsabilidad del contratista, siendo éste quien correrá con los gastos de estos trabajos.

Las manipulaciones para la carga, transporte, descarga y almacenamiento a pie de obra se realizarán de forma que no provoquen solicitaciones excesivas en ningún elemento de la estructura y no dañen las partes ya pintadas.

Durante su montaje la estructura se asegurará provisionalmente con un medio auxiliar adecuado, quedando así garantizada la estabilidad.

En el momento del montaje se prestará la debida atención al ensamblaje de las distintas piezas, con objeto de que la estructura se adapte a la forma prevista del Proyecto, comprobándose cuantas veces sea necesario, la colocación relativa de sus diversas partes.

6.2.- Obra civil

Con respecto a la ejecución de la obra civil, en cuanto a recepción y preparación de materiales, preparación y ejecución de hormigones, armaduras, encofrados y cimbras, se aplicarán medidas similares a las aplicadas en la construcción de pasos inferiores.

6.3.- Estructuras de madera

Materiales

Antes de su transporte a obra, la madera deberá de haberse secado correctamente hasta alcanzar su equilibrio higroscópico. Se evitará el contacto directo con el terreno en el acopio del tajo.

Para cada partida se podrá identificar el tipo de elemento estructural con su clase resistente y marcado según la UNE EN 386.

El incumplimiento de las especificaciones de un producto, especialmente en lo referente a su resistencia mecánica y durabilidad, será condición para la no aceptación del producto o de la partida.

Adhesivos

Los documentos de uso de adhesivos e incompatibilidades estarán disponibles para su inspección. Se comprobará la adecuación de estos materiales al uso estructural y la clase de servicio de la estructura.

Se ajustarán a las Normas UNE EN 301 y UNE EN 12436 2002.

Uniones

Las uniones se ejecutarán con elementos mecánicos de fijación a base pernos, tornillos y placas de asiento o de testa en acero. Éstos quedarán protegidos con pintura anticorrosión similar en material, en su caso, a las placas y vigas de acero.

Se especificará en el proyecto las resistencias a tracción del acero y la correcta geometría de las piezas de unión para su fabricación.

6.4.- Protección del medio ambiente y gestión de residuos

En todos los trabajos de ejecución de pasarelas se tendrá muy presente la gestión de los residuos.

Todos los productos resultantes procedentes de demoliciones, restos de elementos metálicos, electrodos, pletinas, casquillos o restos de medios auxiliares tendrán un destino final de entrega a gestor autorizado por el organismo ambiental de la Comunidad Autónoma correspondiente.

Durante las obras se protegerá adecuadamente el resto de elementos adyacentes con lonas protectoras, mallas de seguridad, balizamientos, etc. Estos elementos se anclarán convenientemente de forma que no tengan libre movimiento, especialmente ante el viento. El destino final de los restos de estos elementos que no sean aprovechables será el mismo que el destino de los residuos de la obra (gestor autorizado).

En ningún caso se permitirá el vertido al cauce, o a la vía inferior, de productos resultantes del proceso de ejecución. Para ello será necesaria la colocación de plataformas auxiliares o

andamios que posean la estanqueidad suficiente para evitar la caída de restos, incluso de forma accidental, y faciliten su recogida para entrega a gestor autorizado.

6.5.- Mediciones

Existirá un control de las cantidades o mediciones de las diferentes operaciones que se ejecuten. Las unidades de obra dentro del Proyecto estarán claramente definidas en su descripción, en su unidad de medición y en las cantidades valoradas en Presupuesto. Si fuese necesario, en aquellas partidas donde sea difícil la cuantificación de los materiales a emplear, se efectuarán estimaciones valoradas a falta de un cómputo de lo realmente ejecutado.

6.6.- Construcción en medios naturales protegidos

En los trabajos de ejecución de pasarelas en medios naturales protegidos es necesario ser especialmente cuidadoso con el medio que rodea a la obra. Es preciso definir las medidas a tomar antes de la ejecución de las diferentes partidas para su conocimiento y autorización previa en el proyecto.

En estos casos la cuidadosa gestión de los residuos es muy importante. Se someterá un plan de ejecución para la aprobación y permiso de trabajo. En este plan se detallará la unidad de obra, como será llevada a cabo, que medidas de control en cuanto a generación de residuos se tomarán, que caminos de acceso deberán utilizarse y su impacto sobre el entorno.

Todo ello quedará convenientemente reflejado, en su caso, en los anejos correspondientes, gestión de residuos o afecciones ambientales.

7.- Materiales

7.1.- Aceros

En las pasarelas metálicas se utilizan los siguientes tipos de acero:

- Acero laminado en caliente. Son aceros normalmente soldables, no aleados, no resistentes a la corrosión y con una microestructura normal. Estos aceros cumplirán las características y propiedades mecánicas recogidas en la Norma UNE-EN-10025-2.
- Aceros autopatinables, con resistencia mejorada a la corrosión atmosférica. En este caso los aceros cumplirán las características y propiedades mecánicas recogidas en la Norma UNE-EN-10025- 6:2007+A1.
- La nomenclatura actual de los aceros empleados es:
 - S-275, límite elástico: $f_y = 275 \text{ N/mm}^2$, tensión de rotura: $f_u = 430-580 \text{ N/mm}^2$. De utilización preferente y hasta espesores nominales $t \leq 40 \text{ mm}$.
 - S-355, límite elástico: $f_y = 355 \text{ N/mm}^2$, tensión de rotura: $f_u = 490-680 \text{ N/mm}^2$. Se utiliza únicamente para pasarelas especiales y hasta espesores nominales $t \leq 40 \text{ mm}$.
- En tornillería se utilizan las siguientes tipologías, según la antigua EAE-11:
 - Tornillos ordinarios tipo 4.6, de límite elástico $f_{yb} = 240 \text{ N/mm}^2$.
 - Tornillos de alta resistencia tipo 8.8, de límite elástico $f_{yb} = 640 \text{ N/mm}^2$.
 - Tornillos de alta resistencia tipo 10.9, de límite elástico $f_{yb} = 900 \text{ N/mm}^2$.

Actualmente se debe tener en cuenta el código estructural vigente.

7.2.- Hormigones y armaduras

El acero empleado es el definido anteriormente. En cuanto al hormigón armado o pretensado, sus características son las siguientes:

- Tableros armados: Hormigón tipos HA-25 / HA-30.
- Tableros pretensados: hormigón tipos HP-35 / HP-50.

- Aceros para armaduras: pasivas, B-500-S.
- Acero para armaduras activas: Y-1860-S7.
- Acero para conectores: límite elástico $f_{yb} = \geq 355 \text{ N/mm}^2$.

Para la subestructura de todo tipo de pasarela se utilizarán los siguientes materiales:

Cimentaciones: normalmente hormigón tipos HA-25 / HA-30, aunque dependiendo de la agresividad del ambiente podrán utilizarse otros hormigones especiales (cemento sulforresistente, etc.). Estribos, aletas: mismos hormigones.

Estas denominaciones se basan en la antigua normativa del hormigón. En este momento hay que seguir la que indica el código estructural en sus capítulos del 7 al 16 y, en especial los artículos siguientes:

- Artículo 43. Estrategia de durabilidad de los elementos de hormigón
- Artículo 44. Consideraciones adicionales específicas en función de la clase de exposición.

Resulta de utilidad consultar la siguiente publicación

Avance de la Guía de aplicación del Código Estructural a la edificación.

Comparativa entre el Código Estructural (CE) y la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE08) (Versión de julio 2022).

Disponible en:

<https://www.codigotecnico.org/Guias/AvanceGuiaCE.html>

7.3.- Maderas

La madera tiene características propias como son la higroscopicidad y la anisotropía. Estas cualidades deben tenerse presentes en las fases de proyecto, fabricación y mantenimiento de las pasarelas.

En particular, es necesario definir la resistencia y durabilidad en función de las características naturales de cada especie. Las especies de uso más común son las coníferas, y dentro de éstas, las especies de uso más frecuente y con mejores características resistentes son el pino laricio (*Pinus nigra*), pino rodeno o marítimo (*Pinus pinaster*) y el pino albar o valseaín (*Pinus sylvestris*).

Cuando la pasarela no esté protegida se utilizará madera con bajo riesgo de rajado por contracción (secadas lentamente y/o en condiciones controladas de temperatura y humedad) o en casos excepcionales, maderas tropicales.

Para la mejor conservación y duración de la madera laminada encolada se impregnarán las piezas con productos protectores antes de la unión.

Los elementos metálicos a utilizar en la pasarela de madera deberán poseer protección adecuada frente a la corrosión.

La norma CTE SE-M, Seguridad Estructural de la Madera, contempla cuatro tipos de madera para uso estructural:

- Madera maciza (madera aserrada y madera en rollizos).
- Madera laminada encolada.
- Madera microlaminada.
- Tablero estructural.

Las clases resistentes para madera maciza son:

- Para coníferas: C14, C16, C18, C20, C22, C24, C27, C30, C35, C40, C45 y C50.
- Para frondosas: D18, D24, D30, D35, D40, D50, D60 y D70.

- Para las pasarelas de Caminos Naturales se utilizará madera de coníferas de clase resistente de C18 a C24, donde la numeración expresa la resistencia a flexión en N/mm².

Las clases resistentes para madera laminada son:

- Madera laminada encolada homogénea: GL24h, GL28h, GL32h y GL36h.
- Madera laminada encolada combinada: GL24c, GL28c, GL32c y GL36c.

La madera laminada que se utilizará en los cálculos será, principalmente, del tipo GL24 o GL28. Al igual que en el caso de la madera maciza, la numeración expresa la resistencia a flexión en N/mm².

El contenido de humedad de la madera influye significativamente en las propiedades mecánicas y debe de tenerse en cuenta dentro del cálculo. A mayor porcentaje de humedad disminuyen las características mecánicas. Las recomendaciones establecen que para uso estructural la madera se instale en obra con un contenido de humedad no superior al 20%.

Los ensayos mecánicos se efectúan en unas condiciones ambientales determinadas de 20±2 °C y 65±5 % de humedad relativa del aire. Para gran parte de las especies coníferas esto implica un contenido de humedad de equilibrio de la madera de alrededor del 12 %.

Cuando la estructura en servicio tenga unas condiciones de humedad diferentes, será necesario efectuar una corrección en sus propiedades mecánicas, pues como se ha mencionado, a mayor humedad disminuyen las características mecánicas.

Igualmente, la duración de las cargas también incide en la resistencia de la madera. A mayor duración, la resistencia tiende a bajar.

De acuerdo con el contenido de humedad previsible, a las estructuras de madera se les asigna unas clases de servicio, lo que permite la asignación de valores resistentes y el cálculo de las deformaciones bajo unas condiciones ambientales determinadas. Para pasarelas peatonales de Caminos Naturales será:

- Clase de servicio 3: Expuestas a la intemperie y en contacto con el agua o con el suelo (pasarelas sin cubrir, pérgolas, embarcaderos). El grado de humedad del material suele superar con frecuencia el 20%.

De acuerdo con el C.T.E., Documento Básico Estructural de la Madera DB-SE-M, para un determinado tipo de madera, en función de la duración de la carga y de la clase de servicio a que está expuesta, existen unos coeficientes modificadores de la capacidad mecánica, llamados k_{mod} y la capacidad de carga viene dada por:

$$R_d = k_{mod} (R_k / m)$$

Donde:

R_d : Capacidad de carga de cálculo.

R_k : Valor característico de la capacidad de carga.

m : Coeficiente parcial de seguridad.

k_{mod} : factor de modificación (normalmente con valores comprendidos entre 0,50 y 0,90, aunque para cargas instantáneas puede sobrepasar la unidad).

8.- Protecciones

El cambio de humedad en la madera tiene como consecuencia la aparición de hinchazones o contracciones con abertura de grietas, que produce la correspondiente disminución de su resistencia. La protección química disminuye este riesgo y consigue reducir la velocidad de

absorción de agua mediante la impregnación de sales especiales. Disminuyendo el contenido de humedad por debajo del 20 % se previene el ataque de hongos y, en consecuencia, las pudriciones.

Todas las maderas empleadas deberán recibir tratamientos químicos protectores frente a hongos e insectos xilófagos, que se aplicarán en autoclave.

Los productos protectores utilizados deberán estar inscritos en el Registro Oficial Central de Productos y Material Fitosanitario del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Además, estos productos serán no tóxicos, no corrosivos y aptos para proporcionar tratamientos en profundidad a maderas sometidas a la clase de riesgo 4, según define la Norma UNE EN 335-2:1992 "Durabilidad de la madera y sus productos derivados. Definición de las clases de riesgo de ataque biológico".

La penetración mínima del producto será la definida por P4, según indica la norma UNE EN 351-1 1996 "Durabilidad de la madera y los productos derivados de la madera. Madera maciza tratada con productos protectores. Clasificación de las penetraciones y retenciones de los productos protectores."; es decir, de al menos 6 mm en las caras laterales en la albura.

El diseño suele ser el factor determinante en la durabilidad de la pasarela de madera, aunque también es importante en el resto de tipos de pasarelas. De forma general, se intenta reducir la exposición de los elementos a la intemperie, especialmente a la radiación solar y la humedad, que son los factores más dañinos.

Una solución que se puede aplicar, aunque no es de uso frecuente en los proyectos de Caminos Naturales, es la cubrición de la pasarela. Como inconveniente de esa incorporación, hay que considerar las cargas adicionales de viento, uso y nieve en la cubierta añadida, que incrementan el peso y el coste.

Cuando no existe la posibilidad de cubrir la pasarela totalmente, a veces se incorpora un revestimiento parcial en la cara superior de los elementos principales, con el objetivo de evitar la presencia de humedad de forma permanente.

Las medidas de protección que se suelen utilizar son varias:

- Utilizar madera más resistente para los elementos estructurales principales.
- Proyectar las uniones de forma que no exista retención de humedad (aireación).
- Proteger las testas de las piezas.
- Colocar los elementos metálicos de unión en el lado protegido siempre que sea posible.
- Dejar voladizos en la plataforma de forma que la estructura quede protegida.
- Los elementos secundarios, como son la barandilla y la madera del pavimento, no suelen protegerse por diseño. Estos elementos son los que sufren un mayor desgaste y es aconsejable proyectar la rápida evacuación del agua sin retenciones. En todo caso, se usarán las maderas más duraderas y protegidas químicamente.

La corrosión es el daño más frecuente en las estructuras metálicas. Al encontrarse las pasarelas a la intemperie el riesgo de corrosión aumenta, por lo que debe compensarse con un programa de mantenimiento adecuado.

La protección contra la corrosión empieza en el proyecto, donde se fija la correcta protección y evacuación del agua.

El efecto conjunto de la falta de limpieza y la humedad ambiental acelera la corrosión en zonas angostas, como son las uniones y los apoyos; este factor hace que, con el paso del tiempo, los apoyos deslizantes dejen de funcionar, produciéndose como consecuencia una soldadura por corrosión de los elementos que debían de deslizarse de forma independiente uno sobre el otro. Con el paso del tiempo, los tipos de pintura que se utilizan para la protección de las estructuras metálicas han sufrido cambios importantes. Actualmente, para elementos de acero nuevos, es recomendable aplicar tratamientos de chorreo (lanzamiento a presión de virutas o bolitas metálicas normalmente) hasta alcanzar protecciones de grado Sa 2 1/2 (tratamiento en taller), y acompañado de una imprimación a base de resinas epoxi, con adiciones de cinc (tratamiento en taller), y la realización de retoques con el mismo material y capa final de pintura de poliuretano alifático (tratamiento en campo), con espesores totales de alrededor de 200 µm (película seca).

En los elementos de hormigón es recomendable cuidar los detalles de evacuación de las aguas superficiales y las subterráneas; también es conveniente impermeabilizar el trasdós de los muros de estribos y de aletas al menos con pintura bituminosa, incluso en el caso de ausencia de nivel freático.

En la superestructura se añaden pinturas especiales anti carbonatación o pinturas plásticas que puentean fisuras. Ambos tipos son favorables desde el punto de vista de la durabilidad de la estructura.

9.- Mantenimiento

Aunque no se puede evitar la aparición de daños a lo largo de la vida de una pasarela, es recomendable llevar a cabo un mantenimiento básico para detectar esos daños en un estado inicial, en el que sea más fácil realizar una reparación.

El proyecto deberá incluir un plan de mantenimiento de estas estructuras, que deberá constar de un calendario de revisiones, con su periodicidad, alcance y controles a realizar, así como de una valoración de su coste.

Durante estas revisiones se buscarán delaminaciones en la madera laminada encolada, hinchazones o agrietamientos en piezas simples o compuestas y se analizarán posibles ataques de hongos o de insectos; asimismo, se revisará el correcto funcionamiento de los elementos de desagüe.

En las pasarelas metálicas y mixtas, se determinará el estado de la pintura protectora y la existencia de inicios de corrosión. Por otro lado, en el hormigón se buscarán desconches, hinchazones y fisuras por corrosión de armaduras.

11.- La capacidad técnica. Las ordenes CIN y EDU

11.1.- Orden CIN/309/2009, de 9 de febrero, por la que se establecen los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de la profesión de Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

Entendemos que la capacidad técnica del Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos queda acreditada mediante la siguiente normativa:

Orden CIN/309/2009, de 9 de febrero, por la que se establecen los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de la profesión de Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

En dicha orden se definen las materias que deben incluir los planes de estudios así como las competencias que deben adquirirse:

Módulo	N.º de créditos europeos	Competencias que deben adquirirse
De ampliación de formación científica.	18	Capacidad para abordar y resolver problemas matemáticos avanzados de ingeniería, desde el planteamiento del problema hasta el desarrollo de la formulación y su implementación en un programa de ordenador. En particular, capacidad para formular, programar y aplicar modelos analíticos y numéricos avanzados de cálculo, proyecto, planificación y gestión, así como capacidad para la interpretación de los resultados obtenidos, en el contexto de la ingeniería civil. Comprensión y dominio de las leyes de la termomecánica de los medios continuos y capacidad para su aplicación en ámbitos propios de la ingeniería como son la mecánica de fluidos, la mecánica de materiales, la teoría de estructuras, etc.
De tecnología específica.	42	Aplicación de los conocimientos de la mecánica de suelos y de las rocas para el desarrollo del estudio, proyecto, construcción y explotación de cimentaciones, desmontes, terraplenes, túneles y demás construcciones realizadas sobre o a través del terreno, cualquiera que sea la naturaleza y el estado de éste, y cualquiera que sea la finalidad de la obra de que se trate. Conocimiento y capacidad para el análisis estructural mediante la aplicación de los métodos y programas de diseño y cálculo avanzado de estructuras, a partir del conocimiento y comprensión de las solicitaciones y su aplicación a las tipologías estructurales de la ingeniería civil. Capacidad para realizar evaluaciones de integridad estructural. Conocimiento de todo tipo de estructuras y sus materiales, y capacidad para diseñar, proyectar, ejecutar y mantener las estructuras y edificaciones de obra civil. Capacidad para proyectar, dimensionar, construir y mantener obras hidráulicas. Capacidad para realizar el cálculo, la evaluación, la planificación y la regulación de los recursos hídricos, tanto de superficie como subterráneos. Capacidad para proyectar y dimensionar sistemas de depuración y tratamiento de aguas, así como de residuos. Conocimientos y capacidades que permiten comprender los fenómenos dinámicos del medio océano-atmósfera-costa y ser capaz de dar respuestas a los problemas que plantean el litoral, los puertos y las costas, incluyendo el impacto de las actuaciones sobre el litoral. Capacidad de realización de estudios y proyectos de obras marítimas. Conocimientos de la ingeniería y planificación del transporte, funciones y modos de transporte, el transporte urbano, la gestión de los servicios públicos de transporte, la demanda, los costes, la logística y la financiación de las infraestructuras y servicios de transporte. Capacidad para analizar y diagnosticar los condicionantes sociales, culturales, ambientales y económicos de un territorio, así como para realizar proyectos de ordenación territorial y planeamiento urbanístico desde la perspectiva de un desarrollo sostenible. Capacidad de planificación, gestión y explotación de infraestructuras relacionadas con la ingeniería civil.

Módulo	N.º de créditos europeos	Competencias que deben adquirirse
Trabajo fin de master.		Realización, presentación y defensa, una vez obtenidos todos los créditos del plan de estudios, de un ejercicio original realizado individualmente ante un tribunal universitario, consistente en un proyecto integral de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos de naturaleza profesional en el que se sinteticen las competencias adquiridas en las enseñanzas.

11.2.- Orden CIN/307/2009, de 9 de febrero, por la que se establecen los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de la profesión de Ingeniero Técnico de Obras Públicas.

Entendemos que la capacidad técnica del Ingeniero Técnico de Obras Públicas, actualmente graduado en Ingeniería Civil queda acreditada mediante la siguiente normativa:

Orden CIN/307/2009, de 9 de febrero, por la que se establecen los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de la profesión de Ingeniero Técnico de Obras Públicas

En dicha orden se definen las materias que deben incluir los planes de estudios así como las competencias que deben adquirirse:

Módulo	N.º de créditos europeos	Competencias que deben adquirirse
De formación básica	60	Capacidad para la resolución de los problemas matemáticos que puedan plantearse en la ingeniería. Aptitud para aplicar los conocimientos sobre: álgebra lineal; geometría; geometría diferencial; cálculo diferencial e integral; ecuaciones diferenciales y en derivadas parciales; métodos numéricos; algorítmica numérica; estadística y optimización. Capacidad de visión espacial y conocimiento de las técnicas de representación gráfica, tanto por métodos tradicionales de geometría métrica y geometría descriptiva, como mediante las aplicaciones de diseño asistido por ordenador. Conocimientos básicos sobre el uso y programación de los ordenadores, sistemas operativos, bases de datos y programas informáticos con aplicación en ingeniería. Comprensión y dominio de los conceptos básicos sobre las leyes generales de la mecánica, termodinámica, campos y ondas y electromagnetismo y su aplicación para la resolución de problemas propios de la ingeniería. Conocimientos básicos de geología y morfología del terreno y su aplicación en problemas relacionados con la ingeniería. Climatología. Conocimiento adecuado del concepto de empresa, marco institucional y jurídico de la empresa. Organización y gestión de empresas.
Común a la rama Civil	60	Conocimiento de las técnicas topográficas imprescindibles para obtener mediciones, formar planos, establecer trazados, llevar al terreno geometrías definidas o controlar movimientos de estructuras u obras de tierra. Conocimiento teórico y práctico de las propiedades químicas, físicas, mecánicas y tecnológicas de los materiales más utilizados en construcción. Capacidad para aplicar los conocimientos de materiales de construcción en sistemas estructurales. Conocimiento de la relación entre la estructura de los materiales y las propiedades mecánicas que de ella se derivan. Capacidad para analizar y comprender cómo las características de las estructuras influyen en su comportamiento. Capacidad para aplicar los conocimientos sobre el funcionamiento resistente de las estructuras para dimensionarlas siguiendo las normativas existentes y utilizando métodos de cálculo analíticos y numéricos. Conocimientos de geotecnia y mecánica de suelos y de rocas así como su aplicación en el desarrollo de estudios, proyectos, construcciones y explotaciones donde sea necesario efectuar movimientos de tierras, cimentaciones y estructuras de contención. Conocimiento de los fundamentos del comportamiento de las estructuras de hormigón armado y estructuras metálicas y capacidad para concebir, proyectar, construir y mantener este tipo de estructuras. Conocimiento de los conceptos y los aspectos técnicos vinculados a los sistemas de conducciones, tanto en presión como en lámina libre.

Módulo	N.º de créditos europeos	Competencias que deben adquirirse
		Conocimiento de los conceptos básicos de hidrología superficial y subterránea. Capacidad de análisis de la problemática de la seguridad y salud en las obras de construcción. Conocimientos fundamentales sobre el sistema eléctrico de potencia: generación de energía, red de transporte, reparto y distribución, así como sobre tipos de líneas y conductores. Conocimiento de la normativa sobre baja y alta tensión. Capacidad para aplicar metodologías de estudios y evaluaciones de impacto ambiental. Conocimiento de los procedimientos constructivos, la maquinaria de construcción y las técnicas de organización, medición y valoración de obras.
De tecnología Específica	48	
Construcciones civiles		Conocimiento de la tipología y las bases de cálculo de los elementos prefabricados y su aplicación en los procesos de fabricación. Conocimiento sobre el proyecto, cálculo, construcción y mantenimiento de las obras de edificación en cuanto a la estructura, los acabados, las instalaciones y los equipos propios. Capacidad para construcción y conservación de obras marítimas. Capacidad para la construcción y conservación de carreteras, así como para el dimensionamiento, el proyecto y los elementos que componen las dotaciones viarias básicas. Capacidad para la construcción y conservación de las líneas de ferrocarriles con conocimiento para aplicar la normativa técnica específica y diferenciando las características del material móvil. Capacidad de aplicación de los procedimientos constructivos, la maquinaria de construcción y las técnicas de planificación de obras. Capacidad para la construcción de obras geotécnicas. Conocimiento y comprensión de los sistemas de abastecimiento y saneamiento, así como de su dimensionamiento, construcción y conservación.
Hidrología		Conocimiento y capacidad para proyectar y dimensionar obras e instalaciones hidráulicas, sistemas energéticos, aprovechamientos hidroeléctricos y planificación y gestión de recursos hidráulicos superficiales y subterráneos. Conocimiento y comprensión del funcionamiento de los ecosistemas y los factores ambientales. Conocimiento de los proyectos de servicios urbanos relacionados con la distribución de agua y el saneamiento. Conocimiento y comprensión de los sistemas de abastecimiento y saneamiento, así como de su dimensionamiento, construcción y conservación.
Transportes y servicios urbanos		Capacidad para la construcción y conservación de carreteras, así como para el dimensionamiento, el proyecto y los elementos que componen las dotaciones viarias básicas. Capacidad para la construcción y conservación de las líneas de ferrocarriles con conocimiento para aplicar la normativa técnica específica y diferenciando las características del material móvil. Conocimiento del marco de regulación de la gestión urbanística. Conocimiento de la influencia de las infraestructuras en la ordenación del territorio y para participar en la urbanización del espacio público urbano, tales como distribución de agua, saneamiento, gestión de residuos, sistema de transporte, tráfico, iluminación, etc. Conocimiento del diseño y funcionamiento de las infraestructuras para el intercambio modal, tales como puertos, aeropuertos, estaciones ferroviarias y centros logísticos de transporte.

Módulo	N.º de créditos europeos	Competencias que deben adquirirse
Trabajo fin de grado	12	Ejercicio original a realizar individualmente y presentar y defender ante un tribunal universitario, consistente en un proyecto en el ámbito de las tecnologías específicas de la Ingeniería Civil de naturaleza profesional en el que se sintetizan e integran las competencias adquiridas en las enseñanzas.

11.3.- Orden EDU/2075/2010, de 29 de julio, por la que se establecen los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de la profesión de Arquitecto.

Entendemos que la capacidad técnica del Arquitecto, queda acreditada mediante la siguiente normativa:

Orden EDU/2075/2010, de 29 de julio, por la que se establecen los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de la profesión de Arquitecto.

En dicha orden se definen las materias que deben incluir los planes de estudios así como las competencias que deben adquirirse:

Módulo	N.º de créditos europeos	Competencias que deben adquirirse. Enseñanzas de taller: indicadas con T
<i>Grado</i>		
Propedéutico: Ciencias básicas y dibujo.	60	Aptitud para: Aplicar los procedimientos gráficos a la representación de espacios y objetos (T); Concebir y representar los atributos visuales de los objetos y dominar la proporción y las técnicas del dibujo, incluidas las informáticas (T). Conocimiento adecuado y aplicado a la arquitectura y al urbanismo de: Los sistemas de representación espacial; El análisis y teoría de la forma y las leyes de la percepción visual; La geometría métrica y proyectiva; Las técnicas de levantamiento gráfico en todas sus fases, desde el dibujo de apuntes a la restitución científica; Los principios de la mecánica general, la estática, la geometría de masas y los campos vectoriales y tensoriales; Los principios de termodinámica, acústica y óptica; Los principios de mecánica de fluidos, hidráulica, electricidad y electromagnetismo; Las bases de topografía, hipsometría y cartografía y las técnicas de modificación del terreno. Conocimiento aplicado de: El cálculo numérico, la geometría analítica y diferencial y los métodos algebraicos.
Técnico: Construcción, estructuras e instalaciones.	60	Aptitud para concebir, calcular, diseñar e integrar en edificios y conjuntos urbanos y ejecutar: soluciones de cimentación (T) Aptitud para: Aplicar las normas técnicas y constructivas; Conservar la estructura de edificación, la cimentación y obra civil; Conservar la obra acabada; Valorar las obras. Capacidad para concebir, calcular, diseñar, integrar en edificios y conjuntos urbanos y ejecutar: Estructuras de edificación (T); Sistemas de división interior, carpintería, escaleras y demás obra acabada (T); Sistemas de cerramiento, cubierta y demás obra gruesa (T); Instalaciones de suministro, tratamiento y evacuación de aguas, de calefacción y de climatización (T) Capacidad para: Conservar la obra gruesa; Proyectar instalaciones edificatorias y urbanas de transformación y suministro eléctricos, de comunicación audiovisual, de acondicionamiento acústico y de iluminación artificial; Conservar instalaciones. Conocimiento adecuado de: La mecánica de sólidos, de medios continuos y del suelo, así como de las cualidades plásticas, elásticas y de resistencia de los materiales de obra pesada; Los sistemas constructivos convencionales y su patología; Las características físicas y químicas, los procedimientos de producción, la patología y el uso de los materiales de construcción; Los sistemas constructivos industrializados. Conocimiento de: La deontología, la organización colegial, la estructura profesional y la responsabilidad civil; Los procedimientos administrativos y de gestión y tramitación profesional; La organización de oficinas profesionales; Los métodos de medición, valoración y peritaje; El proyecto de seguridad e higiene en obra; La dirección y gestión inmobiliarias.

Módulo	N.º de créditos europeos	Competencias que deben adquirirse. Enseñanzas de taller: indicadas con T
Proyectual: Composición, proyectos y urbanismo.	100	Aptitud para: Suprimir barreras arquitectónicas (T); Resolver el acondicionamiento ambiental pasivo, incluyendo el aislamiento térmico y acústico, el control climático, el rendimiento energético y la iluminación natural (T); Catalogar el patrimonio edificado y urbano y planificar su protección (T). Capacidad para la concepción la práctica y el desarrollo de: Proyectos básicos y de ejecución, croquis y anteproyectos (T); Proyectos urbanos (T); Dirección de obras (T). Capacidad para: Elaborar programas funcionales de edificios y espacios urbanos (T); Intervenir en y conservar, restaurar y rehabilitar el patrimonio construido (T); Ejercer la crítica arquitectónica; Realizar proyectos de seguridad, evacuación y protección en inmuebles (T); Redactar proyectos de obra civil (T); Diseñar y ejecutar trazados urbanos y proyectos de urbanización, jardinería y paisaje (T); Aplicar normas y ordenanzas urbanísticas (T); Elaborar estudios medioambientales paisajísticos y de corrección de impactos ambientales (T). Conocimiento adecuado de: Las teorías generales de la forma, la composición y los tipos arquitectónicos; La historia general de la arquitectura; Los métodos de estudio de los procesos de simbolización, las funciones prácticas y la ergonomía; Los métodos de estudio de las necesidades sociales, la calidad de vida, la habitabilidad y los programas básicos de vivienda; La ecología, la sostenibilidad y los principios de conservación de recursos energéticos y medioambientales; Las tradiciones arquitectónicas, urbanísticas y paisajísticas de la cultura occidental, así como de sus fundamentos técnicos, climáticos, económicos, sociales e ideológicos, La estética y la teoría e historia de las bellas artes y las artes aplicadas; La relación entre los patrones culturales y las responsabilidades sociales del arquitecto; Las bases de la arquitectura vernácula; La sociología, teoría, economía e historia urbanas; Los fundamentos metodológicos del planeamiento urbano y la ordenación territorial y metropolitana; Conocimiento de: La reglamentación civil, administrativa, urbanística, de la edificación y de la industria relativa al desempeño profesional; El análisis de viabilidad y la supervisión y coordinación de proyectos integrados; La tasación de bienes inmuebles. Los mecanismos de redacción y gestión de los planes urbanísticos a cualquier escala.
Trabajo fin de grado.	6	Elaboración, presentación y defensa ante un Tribunal Universitario de un trabajo académico original realizado individualmente relacionado con cualquiera de las disciplinas cursadas.
<i>Máster</i>		
Bloque técnico: Construcción. Estructura. Instalaciones.	8	Aptitud para concebir, calcular, diseñar e integrar en edificios y conjuntos urbanos y ejecutar: estructuras de edificación (T); Sistemas de división interior, carpintería, escaleras y demás obra acabada (T); Sistemas de cerramiento, cubierta y demás obra gruesa (T); Instalaciones de suministro y evacuación de aguas, calefacción, climatización (T).
Bloque proyectual: Composición. Proyectos. Urbanismo.	12	Aptitud para la concepción, la práctica y el desarrollo de: Proyectos básicos y de ejecución croquis anteproyectos (T), proyectos urbanos (T) y dirección de obras (T). Aptitud para: Elaborar programas funcionales de edificios y espacios urbanos. Intervenir en, conservar, restaurar y rehabilitar el patrimonio construido (T). Ejercer la crítica arquitectónica. Capacidad para: Redactar y gestionar planes urbanísticos a cualquier escala (T).
Proyecto fin de carrera.	30	Elaboración, presentación y defensa, una vez obtenidos todos los créditos de grado y master, de un ejercicio original realizado individualmente, ante un tribunal universitario en el que deberá incluirse al menos un profesional de reconocido prestigio propuesto por las organizaciones profesionales. El ejercicio consistirá en un proyecto integral de arquitectura de naturaleza profesional en el que se sintetizen todas las competencias adquiridas en la carrera, desarrollado hasta el punto de demostrar suficiencia para determinar la completa ejecución de las obras de edificación sobre las que se verse, con cumplimiento de la reglamentación técnica y administrativa aplicable.

11.4.- Orden CIN/311/2009, de 9 de febrero, por la que se establecen los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de la profesión de Ingeniero Industrial.

Entendemos que la capacidad técnica del Ingeniero Industrial, queda acreditada mediante la siguiente normativa:

Orden CIN/311/2009, de 9 de febrero, por la que se establecen los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de la profesión de Ingeniero Industrial

En dicha orden se definen las materias que deben incluir los planes de estudios así como las competencias que deben adquirirse:

Módulo	N.º de créditos europeos	Competencias que deben adquirirse
Tecnologías Industriales.	30	Conocimiento y capacidad para el análisis y diseño de sistemas de generación, transporte y distribución de energía eléctrica. Conocimiento y capacidad para proyectar, calcular y diseñar sistemas integrados de fabricación. Capacidad para el diseño y ensayo de máquinas. Capacidad para el análisis y diseño de procesos químicos. Conocimientos y capacidades para el diseño y análisis de máquinas y motores térmicos, máquinas hidráulicas e instalaciones de calor y frío industrial Conocimientos y capacidades que permitan comprender, analizar, explotar y gestionar las distintas fuentes de energía. Capacidad para diseñar sistemas electrónicos y de instrumentación industrial. Capacidad para diseñar y proyectar sistemas de producción automatizados y control avanzado de procesos.
Gestión.	15	Conocimientos y capacidades para organizar y dirigir empresas. Conocimientos y capacidades de estrategia y planificación aplicadas a distintas estructuras organizativas. Conocimientos de derecho mercantil y laboral. Conocimientos de contabilidad financiera y de costes. Conocimientos de sistemas de información a la dirección, organización industrial, sistemas productivos y logística y sistemas de gestión de calidad. Capacidades para organización del trabajo y gestión de recursos humanos. Conocimientos sobre prevención de riesgos laborales. Conocimientos y capacidades para la dirección integrada de proyectos. Capacidad para la gestión de la Investigación, Desarrollo e Innovación tecnológica.
Instalaciones, plantas y construcciones complementarias.	15	Capacidad para el diseño, construcción y explotación de plantas industriales. Conocimientos sobre construcción, edificación, instalaciones, infraestructuras y urbanismo en el ámbito de la ingeniería industrial. Conocimientos y capacidades para el cálculo y diseño de estructuras. Conocimiento y capacidades para el proyectar y diseñar instalaciones eléctricas y de fluidos, iluminación, climatización y ventilación, ahorro y eficiencia energética, acústica, comunicaciones, domótica y edificios inteligentes e instalaciones de Seguridad. Conocimientos sobre métodos y técnicas del transporte y manutención industrial. Conocimientos y capacidades para realizar verificación y control de instalaciones, procesos y productos. Conocimientos y capacidades para realizar certificaciones, auditorías, verificaciones, ensayos e informes.

Módulo	N.º de créditos europeos	Competencias que deben adquirirse
Trabajo fin de master.		Realización, presentación y defensa, una vez obtenidos todos los créditos del plan de estudios, de un ejercicio original realizado individualmente ante un tribunal universitario, consistente en un proyecto integral de Ingeniería Industrial de naturaleza profesional en el que se sinteticen las competencias adquiridas en las enseñanzas.

De acuerdo con las órdenes anteriores, la capacidad técnica de los ICCP, frente a los Arquitectos e Ingenieros Industriales, para el proyecto y cálculo de pasarelas se puede resumir en el siguiente cuadro.

CUADRO COMPARATIVO DE LA CAPACIDAD TÉCNICA DE LOS ICCP, ARQUITECTOS E INGENIEROS INDUSTRIALES EN EL PROYECTO DE PASARELAS.			
COMPETENCIAS NECESARIAS PARA EL PROYECTO DE PASARELAS	ICCP (GRADO ING CIVIL + MASTER)	ARQUITECTOS	INGENIEROS INDUSTRIALES
Comprensión y dominio de los conceptos básicos sobre las leyes generales de la mecánica, termodinámica, campos y ondas y electromagnetismo y su aplicación para la resolución de problemas propios de la ingeniería.	SI	NO	SI
Conocimientos básicos de geología y morfología del terreno y su aplicación en problemas relacionados con la ingeniería. Climatología.	SI	NO	NO
Conocimiento de las técnicas topográficas imprescindibles para obtener mediciones, formar planos, establecer trazados, llevar al terreno geometrías definidas o controlar movimientos de estructuras u obras de tierra.	SI	NO	NO
Conocimiento teórico y práctico de las propiedades químicas, físicas, mecánicas y tecnológicas de los materiales más utilizados en construcción.	SI	SI	SI
Capacidad para aplicar los conocimientos de materiales de construcción en sistemas estructurales. Conocimiento de la relación entre la estructura de los materiales y las propiedades mecánicas que de ella se derivan.	SI	SI	SI
Capacidad para analizar y comprender cómo las características de las estructuras influyen en su comportamiento. Capacidad para aplicar los conocimientos sobre el funcionamiento resistente de las estructuras para dimensionarlas siguiendo las normativas existentes y utilizando métodos de cálculo analíticos y numéricos.	SI	SI	SI
Conocimientos de geotecnia y mecánica de suelos y de rocas así como su aplicación en el desarrollo de estudios, proyectos, construcciones y explotaciones donde sea necesario efectuar movimientos de tierras, cimentaciones y estructuras de contención.	SI	NO	NO
Conocimiento de los fundamentos del comportamiento de las estructuras de hormigón armado y estructuras metálicas y capacidad para concebir, proyectar, construir y mantener este tipo de estructuras.	SI	SI	SI
Conocimiento de los conceptos básicos de hidrología superficial y subterránea.	SI	NO	NO
Capacidad de análisis de la problemática de la seguridad y salud en las obras de construcción.	SI	SI	SI
Capacidad para aplicar metodologías de estudios y evaluaciones de impacto ambiental.	SI	NO	SI
Conocimiento de la tipología y las bases de cálculo de los elementos prefabricados y su aplicación en los procesos de fabricación.	SI	SI	SI
Capacidad de aplicación de los procedimientos constructivos, la maquinaria de construcción y las técnicas de planificación de obras.	SI	SI	SI
Capacidad para la construcción de obras geotécnicas.	SI	NO	NO
Capacidad para abordar y resolver problemas matemáticos avanzados de ingeniería, desde el planteamiento del problema hasta el desarrollo de la formulación y su implementación en un programa de ordenador. En particular, capacidad para formular, programar y aplicar modelos analíticos y numéricos avanzados de cálculo, proyecto, planificación y gestión, así como capacidad para la interpretación de los resultados obtenidos, en el contexto de la ingeniería civil.	SI	NO	SI
Comprensión y dominio de las leyes de la termomecánica de los medios continuos y capacidad para su aplicación en ámbitos propios de la ingeniería como son la mecánica de fluidos, la mecánica de materiales, la teoría de estructuras, etc.	SI	NO	SI
Aplicación de los conocimientos de la mecánica de suelos y de las rocas para el desarrollo del estudio, proyecto, construcción y explotación de cimentaciones, desmontes, terraplenes, túneles y demás construcciones realizadas sobre o a través del terreno, cualquiera que sea la naturaleza y el estado de éste, y cualquiera que sea la finalidad de la obra de que se trate.	SI	NO	NO
Conocimiento y capacidad para el análisis estructural mediante la aplicación de los métodos y programas de diseño y cálculo avanzado de estructuras, a partir del conocimiento y comprensión de las solicitaciones y su aplicación a las tipologías estructurales de la ingeniería civil. Capacidad para realizar evaluaciones de integridad estructural.	SI	NO	SI
Conocimiento de todo tipo de estructuras y sus materiales, y capacidad para diseñar, proyectar, ejecutar y mantener las estructuras y edificaciones de obra civil.	SI	NO	SI

12.- Análisis de los programas cursados en diferentes centros de enseñanza

En este punto, y siguiendo los puntos anteriores del 5 al 9, analizaremos el tipo de estudios o cálculos necesarios para el diseño de pasarelas, resumiéndolos en los siguientes:

- Estudio, hidrológico, hidráulico y de erosión
- Estudio geológico y geotécnico
- Cálculo de la estructura
- Definición del proceso constructivo
- Materiales
- Protecciones
- Mantenimiento

A continuación, con los programas que figuran en las guías docentes del presente curso 2022-2023 de la titulación de Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Madrid y considerando únicamente las asignaturas comunes y obligatorias, hemos establecido cuales de ellas son necesarias para desarrollar los puntos anteriores.

Determinado esto y, a modo de comparación y ejemplo, hemos examinado con el mismo criterio la existencia de dichas disciplinas o similares entre las cursadas en la titulación de Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad de La Coruña, que se puede examinar en la siguiente página web:

<https://caminos.udc.es/hosting/web/#>

Posteriormente se ha hecho similar comprobación con las asignaturas impartidas en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad Politécnica de Madrid, que se pueden encontrar en la página web siguiente:

<https://etsam.aq.upm.es/v2/es/estudios/grado/grado-en-fundamentos-de-la-arquitectura/curso-2022-2023>

En este caso hemos dado mayor amplitud a la comparación extendiéndola a todas las asignaturas con tal de que en el citado centro hubiese la oportunidad de haber cursado una determinada disciplina. Esto se ha hecho para, en la medida de lo posible, beneficiar en la comparación a los Arquitectos

Por último se ha hecho lo mismo con las asignaturas de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid, Dichas asignaturas pueden consultarse en las siguientes páginas web:

https://www2.etsii.upm.es/estudios/grados/ingenieria_industrial.es.htm
https://www2.etsii.upm.es/estudios/masteres/ingenieria_industrial.es.htm

También en este caso hemos dado mayor amplitud a la comparación extendiéndola a todas las asignaturas con tal de que en el citado centro hubiese la oportunidad de haber cursado una determinada disciplina. Esto se ha hecho para, en la medida de lo posible, beneficiar en la comparación a los Ingenieros Industriales.

El resumen de todo ello se sintetiza en el siguiente cuadro

DISCIPLINAS CUYO CONOCIMIENTO ES NECESARIO PARA EL CÁLCULO DE PASARELAS					
TIPO DE ESTUDIOS O CÁLCULOS NECESARIOS EN EL DISEÑO DE PASARELAS	DISCIPLINAS QUE COMPRENDE	CURSADAS EN ETSICCP UPM	CURSADAS EN ETSICCP DE LA CORUÑA	CURSADAS EN ETSAM UPM	CURSADAS EN ETSII UPM
Estudio hidrológico, hidráulico y de erosión	Hidráulica	SI	SI	NO	SI
	Hidrología	SI	SI	NO	NO
	Física de sólidos y fluidos	SI	SI	NO	SI
	Geología	SI	SI	NO	NO
	Materiales de construcción	SI	SI	SI	SI
	Topografía y cartografía	SI	SI	NO	SI
	Geología aplicada a las obras públicas	SI	SI	NO	NO
	Hidráulica e hidrología	SI	SI	NO	NO
	Mecánica de suelos y rocas	SI	SI	NO	NO
	Hidráulica técnica	SI	SI	NO	SI
	Recurso hidráulicos	SI	SI	NO	SI
	Ingeniería geotécnica	SI	SI	NO	NO
	Obras hidráulicas	SI	SI	NO	SI
	Geología	SI	SI	NO	NO
Estudio geológico geotécnico	Geología aplicada a las obras públicas	SI	SI	NO	NO
	Mecánica de suelos y rocas	SI	SI	NO	NO
	Ingeniería geotécnica	SI	SI	NO	NO
	Geotecnia	SI	SI	NO	NO
	Termomecánica de los medios continuos	SI	SI	NO	SI
Cálculo de la estructura	Resistencia de materiales	SI	SI	SI	SI
	Cálculo de estructuras	SI	SI	SI	SI
	Mecánica computacional	SI	SI	SI	SI
	Hormigón y estructuras metálicas	SI	SI	NO	SI
	Elasticidad aplicada	SI	SI	NO	SI
	Métodos computacionales en la ingeniería civil	SI	SI	SI	SI
	Tipología estructural	SI	SI	SI	SI
	Mecánica de suelos y rocas	SI	SI	NO	NO
	Ingeniería geotécnica	SI	SI	NO	NO
	Geotecnia	SI	SI	NO	NO
	Materiales de construcción	SI	SI	SI	SI
	Procedimientos generales de construcción	SI	SI	SI	SI
	Materiales	SI	SI	SI	SI
	Protecciones	SI	SI	SI	SI
Mantenimiento	Materiales de construcción	SI	SI	SI	SI

Como conclusión, se tiene que la titulación de Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos resulta ser la más idónea, de una forma totalmente objetiva, frente a las otras titulaciones comparadas, Arquitectos e Ingenieros Industriales, para el proyecto y cálculo de pasarelas.

13.- Extensión de los análisis realizados al proyecto y cálculo de puentes

Todo lo anterior, y en especial las conclusiones alcanzadas, serían aplicables a los puentes. Sin embargo dejamos pendiente, para una futura nota, el desarrollo de lo que sería el proyecto y cálculo de estas estructuras, analizando las diversas tipologías, y siguiendo la misma metodología utilizada en esta nota, analizar en detalle el técnico más idóneo para su proyecto.

14.- Conclusiones

A lo largo de esta nota, se han definido e indicado las características generales de las pasarelas. Se han establecido los criterios a tener en cuenta para su diseño, así como los ensayos y estudios necesarios para su proyecto. Se han determinado los cálculos que deberán desarrollarse para dicho proyecto. Se han establecido las peculiaridades de su proceso constructivo y los materiales utilizados así como las protecciones a disponer y el mantenimiento a realizar para asegurar su durabilidad.

Desarrollado lo anterior y con ello presente, se han estudiado las capacidades técnicas que se establecen en las órdenes CIN u EDU siguientes:

- Orden CIN/309/2009, de 9 de febrero, por la que se establecen los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de la profesión de Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

- Orden CIN/307/2009, de 9 de febrero, por la que se establecen los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de la profesión de Ingeniero Técnico de Obras Públicas.
- Orden EDU/2075/2010, de 29 de julio, por la que se establecen los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de la profesión de Arquitecto.
- Orden CIN/311/2009, de 9 de febrero, por la que se establecen los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de la profesión de Ingeniero Industrial.

A partir de ellas se ha elaborado un cuadro resumen de las capacidades técnicas que atribuyen a las siguientes titulaciones:

- ICCP (Grado en Ingeniería Civil + Master)
- Arquitectos
- Ingenieros industriales

El cuadro es el siguiente:

CUADRO COMPARATIVO DE LA CAPACIDAD TÉCNICA DE LOS ICCP, ARQUITECTOS E INGENIEROS INDUSTRIALES EN EL PROYECTO DE PASARELAS.			
COMPETENCIAS NECESARIAS PARA EL PROYECTO DE PASARELAS	ICCP (GRADO ING CIVIL + MASTER)	ARQUITECTOS	INGENIEROS INDUSTRIALES
Comprensión y dominio de los conceptos básicos sobre las leyes generales de la mecánica, termodinámica, campos y ondas y electromagnetismo y su aplicación para la resolución de problemas propios de la ingeniería.	SI	NO	SI
Conocimientos básicos de geología y morfología del terreno y su aplicación en problemas relacionados con la ingeniería. Climatología.	SI	NO	NO
Conocimiento de las técnicas topográficas imprescindibles para obtener mediciones, formar planos, establecer trazados, llevar al terreno geometrías definidas o controlar movimientos de estructuras u obras de tierra.	SI	NO	NO
Conocimiento teórico y práctico de las propiedades químicas, físicas, mecánicas y tecnológicas de los materiales más utilizados en construcción.	SI	SI	SI
Capacidad para aplicar los conocimientos de materiales de construcción en sistemas estructurales. Conocimiento de la relación entre la estructura de los materiales y las propiedades mecánicas que de ella se derivan.	SI	SI	SI
Capacidad para analizar y comprender cómo las características de las estructuras influyen en su comportamiento. Capacidad para aplicar los conocimientos sobre el funcionamiento resistente de las estructuras para dimensionarlas siguiendo las normativas existentes y utilizando métodos de cálculo analíticos y numéricos.	SI	SI	SI
Conocimientos de geotecnia y mecánica de suelos y de rocas así como su aplicación en el desarrollo de estudios, proyectos, construcciones y explotaciones donde sea necesario efectuar movimientos de tierras, cimentaciones y estructuras de contención.	SI	NO	NO
Conocimiento de los fundamentos del comportamiento de las estructuras de hormigón armado y estructuras metálicas y capacidad para concebir, proyectar, construir y mantener este tipo de estructuras.	SI	SI	SI
Conocimiento de los conceptos básicos de hidrología superficial y subterránea.	SI	NO	NO
Capacidad de análisis de la problemática de la seguridad y salud en las obras de construcción.	SI	SI	SI
Capacidad para aplicar metodologías de estudios y evaluaciones de impacto ambiental.	SI	NO	SI
Conocimiento de la tipología y las bases de cálculo de los elementos prefabricados y su aplicación en los procesos de fabricación.	SI	SI	SI
Capacidad de aplicación de los procedimientos constructivos, la maquinaria de construcción y las técnicas de planificación de obras.	SI	SI	SI
Capacidad para la construcción de obras geotécnicas.	SI	NO	NO
Capacidad para abordar y resolver problemas matemáticos avanzados de ingeniería, desde el planteamiento del problema hasta el desarrollo de la formulación y su implementación en un programa de ordenador. En particular, capacidad para formular, programar y aplicar modelos analíticos y numéricos avanzados de cálculo, proyecto, planificación y gestión, así como capacidad para la interpretación de los resultados obtenidos, en el contexto de la ingeniería civil.	SI	NO	SI
Comprensión y dominio de las leyes de la termomecánica de los medios continuos y capacidad para su aplicación en ámbitos propios de la ingeniería como son la mecánica de fluidos, la mecánica de materiales, la teoría de estructuras, etc.	SI	NO	SI
Aplicación de los conocimientos de la mecánica de suelos y de las rocas para el desarrollo del estudio, proyecto, construcción y explotación de cimentaciones, desmontes, terraplenes, túneles y demás construcciones realizadas sobre o a través del terreno, cualquiera que sea la naturaleza y el estado de éste, y cualquiera que sea la finalidad de la obra de que se trate.	SI	NO	NO

A continuación siguiendo los puntos del 5 al 9 de la presente nota, se ha analizado el tipo de estudios o cálculos necesarios para el diseño de pasarelas, resumiéndolos en los siguientes:

- Estudio, hidrológico, hidráulico y de erosión
- Estudio geológico y geotécnico
- Cálculo de la estructura
- Definición del proceso constructivo
- Materiales
- Protecciones
- Mantenimiento

Con los programas que figuran en las guías docentes del presente curso 2022-2023 de la Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la UPM de Madrid, se han establecido que asignaturas son necesarias para desarrollar los puntos anteriores.

Se ha comparado con las guías de la Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad de La Coruña, las de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la UPM y las de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la UPM.

El resultado se ha resumido en el siguiente cuadro:

DISCIPLINAS CUYO CONOCIMIENTO ES NECESARIO PARA EL CÁLCULO DE PASARELAS					
TIPO DE ESTUDIOS O CÁLCULOS NECESARIOS EN EL DISEÑO DE PASARELAS	DISCIPLINAS QUE COMPRENDE	CURSADAS EN ETSICCP UPM	CURSADAS EN ETSICCP DE LA CORUÑA	CURSADAS EN ETSAM UPM	CURSADAS EN ETSII UPM
Estudio hidrológico, hidráulico y de erosión	Hidráulica	SI	SI	NO	SI
	Hidrología	SI	SI	NO	NO
	Física de sólidos y fluidos	SI	SI	NO	SI
	Geología	SI	SI	NO	NO
	Materiales de construcción	SI	SI	SI	SI
	Topografía y cartografía	SI	SI	NO	SI
	Geología aplicada a las obras públicas	SI	SI	NO	NO
	Hidráulica e hidrología	SI	SI	NO	NO
	Mecánica de suelos y rocas	SI	SI	NO	NO
	Hidráulica técnica	SI	SI	NO	SI
	Recurso hidráulicos	SI	SI	NO	SI
	Ingeniería geotécnica	SI	SI	NO	NO
	Obras hidráulicas	SI	SI	NO	SI
	Geología	SI	SI	NO	NO
Estudio geológico geotécnico	Geología aplicada a las obras públicas	SI	SI	NO	NO
	Mecánica de suelos y rocas	SI	SI	NO	NO
	Ingeniería geotécnica	SI	SI	NO	NO
	Geotecnia	SI	SI	NO	NO
	Termomecánica de los medios continuos	SI	SI	NO	SI
Cálculo de la estructura	Resistencia de materiales	SI	SI	SI	SI
	Cálculo de estructuras	SI	SI	SI	SI
	Mecánica computacional	SI	SI	SI	SI
	Hormigón y estructuras metálicas	SI	SI	NO	SI
	Elasticidad aplicada	SI	SI	NO	SI
	Métodos computacionales en la ingeniería civil	SI	SI	SI	SI
	Tipología estructural	SI	SI	SI	SI
	Mecánica de suelos y rocas	SI	SI	NO	NO
	Ingeniería geotécnica	SI	SI	NO	NO
	Geotecnia	SI	SI	NO	NO
	Materiales de construcción	SI	SI	SI	SI
Definición del proceso constructivo	Procedimientos generales de construcción	SI	SI	SI	SI
	Materiales de construcción	SI	SI	SI	SI
Materiales	Materiales de construcción	SI	SI	SI	SI
Protecciones	Materiales de construcción	SI	SI	SI	SI
Mantenimiento	Materiales de construcción	SI	SI	SI	SI

Como conclusión, se tiene que la titulación de Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos resulta ser la más idónea, tanto desde el punto de vista de las capacidades exigidas por la normativa vigente como, de una forma totalmente objetiva, analizando las materias necesarias y las cursadas; frente a las otras titulaciones comparadas, Arquitectos e Ingenieros Industriales, para el proyecto y cálculo de pasarelas.