

ÍNDICE GENERAL

ANEJO 30	25
----------------	----

Proyecto de estructuras mixtas hormigón-acero. Reglas generales para edificación

Contenido

1 GENERALIDADES.	25
1.1 ALCANCE.	
1.1.1 Alcance de los Anejos 30 a 32.	
1.1.2 Alcance del Anejo 30.	
1.2 NORMATIVA DE REFERENCIA.	
1.3 HIPÓTESIS.	
1.5 TÉRMINOS Y DEFINICIONES.	
1.5.1 Generalidades.	
1.5.2 Términos y definiciones de aplicación en este Anejo.	
1.5.2.1 Elemento mixto.	
1.5.2.2 Conexión.	
1.5.2.3 Comportamiento mixto.	
1.5.2.4 Viga mixta.	
1.5.2.5 Pilar mixto.	
1.5.2.6 Losa mixta.	
1.5.2.7 Pórtico mixto.	
1.5.2.8 Unión mixta.	
1.5.2.9 Elemento o estructura apeada.	
1.5.2.10 Elemento o estructura no apeada.	
1.5.2.11 Rigidez a flexión no fisurada.	
1.5.2.12 Rigidez a flexión fisurada.	
1.5.2.13 Pretensado.	
1.6 NOTACIÓN.	
2 BASES DE CÁLCULO.	37
2.1 REQUISITOS.	
2.2 PRINCIPIOS DEL CÁLCULO EN ESTADOS LÍMITE.	
2.3 VARIABLES BÁSICAS.	
2.3.1 Acciones y condiciones ambientales.	
2.3.2 Propiedades del material y producto.	
2.3.3 Clasificación de las acciones.	
2.4 COMPROBACIÓN POR EL MÉTODO DEL COEFICIENTE PARCIAL DE SEGURIDAD.	
2.4.1 Valores de cálculo.	
2.4.1.1 Valores de cálculo de las acciones.	
2.4.1.2 Valores de cálculo de las propiedades del material o del producto.	
2.4.1.3 Valores de cálculo de los parámetros geométricos.	
2.4.1.4 Resistencias de cálculo.	
2.4.2 Combinación de las acciones.	
2.4.3 Comprobación del equilibrio estático (EQU).	
3 MATERIALES.	39
3.1 HORMIGÓN.	
3.2 ACERO DE LA ARMADURA PASIVA.	
3.3 ACERO ESTRUCTURAL.	
3.4 DISPOSITIVOS DE CONEXIÓN.	
3.4.1 Generalidades.	
3.4.2 Pernos conectadores.	
3.5 CHAPAS DE ACERO NERVADAS PARA LOSAS MIXTAS EN EDIFICACIÓN.	
4 DURABILIDAD.	40
4.1 GENERALIDADES.	
4.2 CHAPAS DE ACERO NERVADAS PARA LOSAS MIXTAS EN EDIFICACIÓN.	

5	ANÁLISIS ESTRUCTURAL	40
5.1	MODELIZACIÓN ESTRUCTURAL PARA EL ANÁLISIS.	
5.1.1	<i>Modelización estructural e hipótesis básicas.</i>	
5.1.2	<i>Modelización de uniones.</i>	
5.1.3	<i>Interacción suelo estructura.</i>	
5.2	ESTABILIDAD ESTRUCTURAL.	
5.2.1	<i>Efectos de la geometría deformada de la estructura.</i>	
5.2.2	<i>Métodos de análisis para edificación.</i>	
5.3	IMPERFECCIONES.	
5.3.1	<i>Bases.</i>	
5.3.2	<i>Imperfecciones en edificación.</i>	
5.3.2.1	Generalidades.	
5.3.2.2	Imperfecciones globales.	
5.3.2.3	Imperfecciones de los elementos.	
5.4	CÁLCULO DE LOS EFECTOS DE LAS ACCIONES.	
5.4.1	<i>Método del análisis global.</i>	
5.4.1.1	Generalidades.	
5.4.1.2	Anchura eficaz de la alas para el arrastre por cortante.	
5.4.2	<i>Análisis elástico lineal.</i>	
5.4.2.1	Generalidades.	
5.4.2.2	Fluencia y retracción.	
5.4.2.3	Efactor de la fisuración del hormigón.	
5.4.2.4	Fases y proceso constructivo.	
5.4.2.5	Efactor térmicos.	
5.4.2.6	Pretensado por deformaciones impuestas controladas.	
5.4.3	<i>Análisis global no lineal.</i>	
5.4.4	<i>Análisis elástico lineal con redistribución limitada en edificación.</i>	
5.4.5	<i>Análisis global rígido-plástico en edificación.</i>	
5.5	CLASIFICACIÓN DE LAS SECCIONES.	
5.5.1	<i>Generalidades.</i>	
5.5.2	<i>Clasificación de secciones mixtas sin revestimiento de hormigón.</i>	
5.5.3	<i>Clasificación de secciones mixtas embebidas en edificación.</i>	
6	ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS	52
6.1	VIGAS.	
6.1.1	<i>Vigas en edificación.</i>	
6.1.2	<i>Ancho eficaz para la comprobación de secciones.</i>	
6.2	RESISTENCIAS DE LAS SECCIONES TRANSVERSALES DE VIGAS.	
6.2.1	<i>Resistencia a flexión.</i>	
6.2.1.1	Generalidades.	
6.2.1.2	Momento plástico resistente $M_{pl,Rd}$ de una sección mixta.	
6.2.1.3	Momento plástico resistente de secciones con conexiones parciales a rasante en edificación.	
6.2.1.4	Resistencia a flexión no lineal.	
6.2.1.5	Resistencia elástica a flexión.	
6.2.2	<i>Resistencia a cortante.</i>	
6.2.2.1	Alcance.	
6.2.2.2	Resistencia plástica a cortante.	
6.2.2.3	Resistencia a abolladura por cortante.	
6.2.2.4	Flexión y cortante.	
6.3	RESISTENCIA DE LAS SECCIONES DE VIGAS PARCIALMENTE EMBEBIDAS EN EDIFICACIÓN.	
6.3.1	<i>Alcance.</i>	
6.3.2	<i>Resistencia a flexión.</i>	
6.3.3	<i>Resistencia a cortante.</i>	
6.3.4	<i>Flexión y cortante.</i>	

- 6.4 PANDEO LATERAL POR TORSIÓN EN VIGAS MIXTAS.
 - 6.4.1 *Generalidades.*
 - 6.4.2 *Comprobación a pandeo lateral por torsión de vigas mixtas continuas con secciones Clase 1, 2 o 3 en edificación.*
 - 6.4.3 *Comprobación simplificada sin cálculo directo en edificación.*
- 6.5 ESFUERZOS TRANSVERSALES EN ALMAS.
 - 6.5.1 *Generalidades.*
 - 6.5.2 *Pandeo inducido del alma por las alas.*
- 6.6 CONEXIONES A RASANTE.
 - 6.6.1 *Generalidades.*
 - 6.6.1.1 Bases de cálculo.
 - 6.6.1.2 Limitación en la utilización de conexiones parciales a rasante en vigas en edificación.
 - 6.6.1.3 Separación entre los conectadores en vigas para edificación.
 - 6.6.2 *Esfuerzo rasante en vigas de edificación.*
 - 6.6.2.1 Vigas en las que se utiliza la teoría elástica o no lineal para la resistencia de una o más secciones transversales.
 - 6.6.2.2 Vigas en las que se utiliza la teoría plástica para la resistencia de las secciones transversales.
 - 6.6.3 *Pernos conectadores en las losas macizas y el hormigón de revestimiento.*
 - 6.6.3.1 Resistencia de cálculo.
 - 6.6.3.2 Influencia de la tracción en la resistencia a rasante.
 - 6.6.4 *Resistencia de cálculo de los pernos utilizados con chapas nervadas en edificación.*
 - 6.6.4.1 Chapas nervadas paralelas a las vigas de apoyo.
 - 6.6.4.2 Chapas nervadas transversales a las vigas de apoyo.
 - 6.6.4.3 Cargas biaxiales en los conectadores.
 - 6.6.5 *Disposiciones constructivas de la conexión a rasante e influencia de la ejecución.*
 - 6.6.5.1 Resistencia a la separación.
 - 6.6.5.2 Recubrimiento y hormigonado en edificación.
 - 6.6.5.3 Armadura local de la losa.
 - 6.6.5.4 Nervios distintos de los constituidos por chapa nervada.
 - 6.6.5.5 Separación de los conectadores.
 - 6.6.5.6 Dimensiones del ala de acero.
 - 6.6.5.7 Pernos conectadores.
 - 6.6.5.8 Pernos conectadores en chapas nervadas en edificación.
 - 6.6.6 *Rasante en losas de hormigón.*
 - 6.6.6.1 Generalidades.
 - 6.6.6.2 Resistencia a rasante de cálculo.
 - 6.6.6.3 Armadura transversal mínima.
 - 6.6.6.4 Rasante y armadura transversal en vigas de edificación.
- 6.7 PILARES MIXTOS Y ELEMENTOS MIXTOS COMPRIMIDOS.
 - 6.7.1 *Generalidades.*
 - 6.7.2 *Método general de cálculo.*
 - 6.7.3 *Métodos simplificados de cálculo.*
 - 6.7.3.1 Generalidades y alcance.
 - 6.7.3.2 Resistencia de las secciones transversales.
 - 6.7.3.3 Resistencia eficaz a flexión, coeficiente de contribución del acero y esbeltez relativa.
 - 6.7.3.4 Métodos de análisis e imperfecciones de los elementos.
 - 6.7.3.5 Resistencia de los elementos comprimidos.
 - 6.7.3.6 Resistencia de los elementos sometidos a flexión compuesta.
 - 6.7.3.7 Flexión compuesta esviada.
 - 6.7.4 *Conexiones a rasante e introducción de cargas.*
 - 6.7.4.1 Generalidades.
 - 6.7.4.2 Introducción de las cargas.
 - 6.7.4.3 Rasante exterior al área de introducción de cargas.
 - 6.7.5 *Reglas para la definición de los detalles constructivos.*
 - 6.7.5.1 Recubrimiento de hormigón de perfiles de acero y armadura.
 - 6.7.5.2 Armadura transversal y longitudinal.
- 6.8 FATIGA.
 - 6.8.1 *Generalidades.*
 - 6.8.2 *Coefficientes parciales de seguridad para evaluaciones de la fatiga en edificación.*

6.8.3	<i>Resistencia a fatiga.</i>	
6.8.4	<i>Esfuerzos y cargas de fatiga.</i>	
6.8.5	<i>Tensiones.</i>	
6.8.5.1	Generalidades.	
6.8.5.2	Hormigón.	
6.8.5.3	Acero estructural .	
6.8.5.4	Armadura pasiva .	
6.8.5.5	Conexión rasante.	
6.8.6	<i>Rango de tensiones.</i>	
6.8.6.1	Acero estructural y armadura.	
6.8.6.2	Conexión a rasante.	
6.8.7	<i>Evaluación de la fatiga basada en los rangos de tensión nominal.</i>	
6.8.7.1	Acero estructural, armadura pasiva y hormigón.	
6.8.7.2	Conexión a rasante.	
7	ESTADO LÍMITE DE SERVICIO.	96
7.1	GENERALIDADES.	
7.2	TENSIONES.	
7.2.1	<i>Generalidades.</i>	
7.2.2	<i>Limitación de las tensiones en edificación.</i>	
7.3	DEFORMACIONES EN EDIFICACIÓN.	
7.3.1	<i>Flechas.</i>	
7.3.2	<i>Vibraciones.</i>	
7.4	FISURACIÓN DEL HORMIGÓN.	
7.4.1	<i>Generalidades.</i>	
7.4.2	<i>Armadura mínima.</i>	
7.4.3	<i>Control de la fisuración debida a cargas directas.</i>	
8	UNIONES MIXTAS EN PÓRTICOS DE EDIFICACIÓN.	102
8.1	ALCANCE.	
8.2	ANÁLISIS, MODELIZACIÓN Y CLASIFICACIÓN.	
8.2.1	<i>Generalidades.</i>	
8.2.2	<i>Análisis elástico global.</i>	
8.2.3	<i>Clasificación de uniones.</i>	
8.3	MÉTODOS DE CÁLCULO.	
8.3.1	<i>Bases y alcance.</i>	
8.3.2	<i>Resistencia.</i>	
8.3.3	<i>Rigidez al giro.</i>	
8.3.4	<i>Capacidad de giro.</i>	
8.4	RESISTENCIA DE LOS COMPONENTES.	
8.4.1	<i>Alcance.</i>	
8.4.2	<i>Componentes básicos de la unión.</i>	
8.4.2.1	Armadura longitudinal de acero traccionada.	
8.4.2.2	Chapa de contacto comprimida .	
8.4.3	<i>Alma del pilar sometida a compresión transversal.</i>	
8.4.4	<i>Componentes de refuerzo.</i>	
8.4.4.1	Panel de alma del pilar a cortante.	
8.4.4.2	Alma de pilar sometida a compresión transversal.	
9	LOSAS MIXTAS CON CHAPA NERVADA EN EDIFICACIÓN.	107
9.1	GENERALIDADES.	
9.1.1	<i>Alcance.</i>	
9.1.2	<i>Definiciones.</i>	
9.1.2.1	Tipos de conexiones a rasante .	
9.1.2.2	Conexión completa total y parcial a rasante.	

- 9.2 DETALLES CONSTRUCTIVOS DE PROYECTO.
 - 9.2.1 *Espesor de la losa y armadura.*
 - 9.2.2 *Áridos.*
 - 9.2.3 *Requisitos de apoyo.*
- 9.3 ACCIONES Y SOLICITACIONES.
 - 9.3.1 *Situaciones de proyecto.*
 - 9.3.2 *Acciones sobre la chapa de acero nervada como encofrado.*
 - 9.3.3 *Acciones sobre la losa mixta.*
- 9.4 DETERMINACIÓN DE ESFUERZOS.
 - 9.4.1 *Chapas de acero nervadas actuando como encofrados.*
 - 9.4.2 *Análisis de la losa mixta.*
 - 9.4.3 *Anchura eficaz de la losa mixta para cargas puntuales concentradas y lineales.*
- 9.5 COMPROBACIÓN DE LA CHAPA DE ACERO NERVADA COMO ENCOFRADO EN ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS.
- 9.6 COMPROBACIÓN DE LA CHAPA DE ACERO NERVADA COMO ENCOFRADO EN ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO.
- 9.7 COMPROBACIÓN DE LAS LOSAS MIXTAS EN LOS ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS.
 - 9.7.1 *Criterios de proyecto.*
 - 9.7.2 *Flexión.*
 - 9.7.3 *Esfuerzo rasante en losas sin anclajes en los extremos.*
 - 9.7.4 *Esfuerzo rasante en losas con anclajes en los extremos.*
 - 9.7.5 *Cortante.*
 - 9.7.6 *Punzonamiento.*
- 9.8 COMPROBACIÓN DE LAS LOSAS MIXTAS EN ESTADO LÍMITE DE SERVICIO.
 - 9.8.1 *Control de la fisuración del hormigón.*
 - 9.8.2 *Flechas.*

APÉNDICE A	RECOMENDACIONES PARA DETERMINAR LA RIGIDEZ DE LOS COMPONENTES DE LA UNIÓN EN EDIFICACIÓN.	120
A.1	ALCANCE.	
A.2	COEFICIENTES DE RÍGIDEZ.	
A.3	DEFORMACIÓN DE LA CONEXIÓN A RASANTE.	
APÉNDICE B	ENSAYOS NORMALIZADOS RECOMENDADOS.....	124
B.1	GENERALIDADES.	
B.2	ENSAYOS DE LOS CONECTADORES.	
B.3	ENSAYO DE ALS LOSAS MIXTAS EN FORJADOS.	
APÉNDICE C	MÉTODOS RECOMENDADOS PARA ESTIMAR LA RETRACCIÓN DEL HORMIGÓN EN ESTRUCTURAS MIXTAS EN EDIFICACIÓN.	132

ANEJO 31 133**Proyecto de estructuras mixtas de acero y hormigón. Reglas generales Proyecto de estructuras sometidas al fuego****Contenido**

1 GENERALIDADES.....	133
1.1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN.	
1.2 NORMATIVA DE REFERENCIA.	
1.3 CONSIDERACIONES.	
1.5 DEFINICIONES.	
1.5.1 <i>Términos particulares relacionados con el proyecto.</i>	
1.5.1.1 Distancia al eje.	
1.5.1.2 Parte de la estructura.	
1.5.1.3 Elementos protegidos.	
1.5.1.4 Pórtico arriostrado.	
1.5.2 <i>Términos relacionados con las propiedades de materiales y productos.</i>	
1.5.2.1 Tiempo de fallo de la protección.	
1.5.2.2 Material de protección frente al fuego.	
1.5.3 TÉRMINOS RELACIONADOS CON EL ANÁLISIS DE LA TRANSFERENCIA TÉRMICA.	
1.5.3.1 Factor de forma.	
1.5.4 <i>Términos relacionados con el análisis del comportamiento mecánico.</i>	
1.5.4.1 Temperatura crítica del acero estructural.	
1.5.4.2 Temperatura crítica de la armadura pasiva.	
1.5.4.3 Sección transversal eficaz.	
1.5.4.4 Máximo nivel de tensión.	
1.6 SÍMBOLOS.	
2 BASES DE PROYECTO.	146
2.1 REQUISITOS.	
2.1.1 <i>Requisitos fundamentales.</i>	
2.1.2 <i>Exposición nominal al fuego.</i>	
2.1.3 <i>Exposición al fuego paramétrico.</i>	
2.2 ACCIONES.	
2.3 VALORES DE CÁLCULO DE LAS PROPIEDADES DE LOS MATERIALES.	
2.4 MÉTODOS DE COMPROBACIÓN.	
2.4.1 <i>Generalidades.</i>	
2.4.2 <i>Análisis por elementos aislados.</i>	
2.4.3 <i>Análisis de parte de la estructura.</i>	
2.4.4 <i>Cálculo estructural global.</i>	
3 PROPIEDADES DE LOS MATERIALES.	151
3.1 GENERALIDADES.	
3.2 PROPIEDADES MECÁNICAS.	
3.2.1 <i>Propiedades de resistencia y deformación del acero estructural.</i>	
3.2.2 <i>Propiedades de resistencia y deformación del hormigón.</i>	
3.2.3 <i>Aceros para armaduras pasivas.</i>	
3.3 PROPIEDADES TÉRMICAS.	
3.3.1 <i>Aceros estructurales y para armaduras pasivas.</i>	
3.3.2 <i>Hormigón de peso normal.</i>	
3.3.3 <i>Hormigón ligero.</i>	
3.3.4 <i>Materiales de protección frente al fuego.</i>	
3.4 DENSIDAD.	
4 PROCEDIMIENTOS DE CÁLCULO.	163
4.1 INTRODUCCIÓN.	
4.2 VALORES TABULADOS.	
4.2.1 <i>Campo de aplicación.</i>	
4.2.2 <i>Viga mixta formada por una viga de acero parcialmente embebida en hormigón.</i>	

4.2.3	<i>Pilares mixtos.</i>	
4.2.3.1	Generalidades.	
4.2.3.2	Pilares mixtos formados por perfiles de acero totalmente embebidos.	
4.2.3.3	Pilares mixtos formados por perfiles de acero parcialmente embebidos.	
4.2.3.4	Pilares mixtos formados por perfiles huecos rellenos de hormigón.	
4.3	MODELOS DE CÁLCULO SIMPLIFICADOS.	
4.3.1	<i>Reglas generales para losas mixtas y vigas mixtas.</i>	
4.3.2	<i>Losas mixtas sin protección.</i>	
4.3.3	<i>Losas mixtas protegidas.</i>	
4.3.4	<i>Vigas mixtas.</i>	
4.3.4.1	Comportamiento estructural.1	
4.3.4.1.1	Generalidades.	
4.3.4.1.2	Resistencia a flexión de las secciones transversales de vigas.	
4.3.4.1.3	Resistencia a esfuerzo cortante de las secciones transversales de vigas.	
4.3.4.1.4	Combinación de flexión y cortante.	
4.3.4.1.5	Resistencia a esfuerzo rasante.	
4.3.4.2	Vigas mixtas formadas por vigas de acero no embebidas en hormigón.	
4.3.4.2.1	Generalidades.	
4.3.4.2.2	Calentamiento de la sección transversal.	
4.3.4.2.3	Comportamiento estructural – modelo de la temperatura crítica.	
4.3.4.2.4	Comportamiento estructural – modelo del momento resistente.	
4.3.4.2.5	Comprobación de la resistencia a cortante de los pernos conectores.	
4.3.4.3	Vigas mixtas formadas por vigas de acero parcialmente embebidas en hormigón.	
4.3.4.3.1	Generalidades.	
4.3.4.3.2	Comportamiento estructural.	
4.3.4.3.3	Momento resistente positivo $M_{fi,Rd}^+$.	
4.3.4.3.4	Momento resistente negativo $M_{fi,Rd}^-$.	
4.3.4.4	Vigas de acero parcialmente embebidas en hormigón.	
4.3.5	<i>Pilares mixtos.</i>	
4.3.5.1	Comportamiento estructural.	
4.3.5.2	Perfiles de acero parcialmente embebidos en hormigón.	
4.3.5.3	Perfiles huecos sin protección rellenos de hormigón.	
4.3.5.4	Perfiles huecos protegidos rellenos de hormigón.	
4.4	MODELOS DE CÁLCULO AVANZADOS.	
4.4.1	<i>Bases del análisis.</i>	
4.4.2	<i>Respuesta térmica.</i>	
4.4.3	<i>Respuesta mecánica.</i>	
4.4.4	<i>Validación de los modelos de cálculo avanzados.</i>	
5	DETALLES CONSTRUCTIVOS.	186
5.1	INTRODUCCIÓN.	
5.2	VIGAS MIXTAS.	
5.3	PILARES MIXTOS.	
5.3.1	<i>Pilares mixtos con perfiles de acero parcialmente embebidos.</i>	
5.3.2	<i>Pilares mixtos de perfiles huecos rellenos de hormigón.</i>	
5.4	CONEXIONES ENTRE VIGAS Y PILARES MIXTOS.	
5.4.1	<i>Generalidades.</i>	
5.4.2	<i>Conexiones entre vigas mixtas y pilares mixtos formados por perfiles de acero embebidos en hormigón.</i>	
5.4.3	<i>Conexiones entre vigas mixtas y pilares mixtos formados por perfiles de acero parcialmente embebidos en hormigón.</i>	
5.4.4	<i>Conexiones entre vigas mixtas y pilares mixtos de perfiles huecos rellenos de hormigón.</i>	
APÉNDICE A	RELACIONES RECOMENDADAS PARA LA RELACIÓN TENSIÓN-DEFORMACIÓN DE ACEROS ESTRUCTURALES A ELEVADAS TEMPERATURA.	191
APÉNDICE B	RELACIONES RECOMENDADAS TENSIÓN-DEFORMACIÓN DE HORMIGONES CON ÁRIDOS SILÍCEOS A ELEVADAS TEMPERATURAS.	194

APÉNDICE C RELACIONES RECOMENDADAS PARA LA TENSIÓN-DEFORMACIÓN DEL HORMIGÓN ADAPTADAS A FUEGOS NATURALES CON UNA RAMA DE CALENTAMIENTO DESCENDENTE PARA USO EN MODELOS DE CÁLCULO AVANZADOS.. 196

APÉNDICE D MODELO RECOMENDADO PARA EL CÁLCULO DE LA RESISTENCIA AL FUEGO DE LOSAS MIXTAS SIN PROTECCIÓN EXPUESTAS AL FUEGO POR SU CARA INFERIOR DE ACUERDO CON LA CURVA NORMALIZADA TIEMPO-TEMPERATURA. 197

- D.1 RESISTENCIA AL FUEGO EN FUNCIÓN DEL AISLAMIENTO TÉRMICO.
- D.2 CÁLCULO DEL MOMENTO RESISTENTE POSITIVO $M_{Fi,Rd}^+$.
- D.3 CÁLCULO DEL MOMENTO RESISTENTE NEGATIVO $M_{Fi,Rd}^-$.
- D.4 ESPESOR EFICAZ DE UNA LOSA MIXTA.
- D.5 CAMPO DE APLICACIÓN.

APÉNDICE E MODELO RECOMENDADO PARA EL CÁLCULO DE LOS MOMENTOS RESISTENTES POSITIVOS Y NEGATIVOS DE UNA VIGA DE ACERO CONECTADA A UNA LOSA DE HORMIGÓN Y EXPUESTA AL FUEGO POR LA CARA INFERIOR DE LA LOSA DE HORMIGÓN. 205

- E.1 CÁLCULO DEL MOMENTO RESISTENTE POSITIVO $M_{fi,Rd}^+$
- E.2 CÁLCULO DEL MOMENTO RESISTENTE NEGATIVO $M_{Fi,Rd}^-$ EN EL APOYO INTERMEDIO (O EN UN APOYO EMPOTRADO).
- E.3 RESISTENCIA LOCAL EN LOS APOYOS.
- E.4 RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE.

APÉNDICE F MODELO RECOMENDADO PARA EL CÁLCULO DE LOS MOMENTOS RESISTENTES NEGATIVOS Y POSITIVOS DE UNA VIGA DE ACERO PARCIALMENTE EMBEBIDA, CONECTADA A UNA LOSA DE HORMIGÓN Y EXPUESTA AL FUEGO POR LA CARA INFERIOR DE LA LOSA DE HORMIGÓN DE ACUERDO CON LA CURVA NORMALIZADA TIEMPO-TEMPERATURA. 209

- F.1 SECCIÓN TRANSVERSAL REDUCIDA PARA EL MOMENTO RESISTENTE POSITIVO $M_{fi,Rd}^+$
- F.2 SECCIÓN TRANSVERSAL REDUCIDA PARA EL MOMENTO RESISTENTE NEGATIVO $M_{fi,Rd}^-$
- F.3 CAMPO DE APLICACIÓN.

APÉNDICE G MODELO RECOMENDADO DE CÁLCULO POR SUMA PONDERADA DE LA RESISTENCIA AL FUEGO DE LOS PILARES MIXTOS CON SECCIONES DE ACERO PARCIALMENTE EMBEBIDAS, EXPUESTOS AL FUEGO ALREDEDOR DE TODO EL PILAR SEGÚN LA CURVA NORMALIZADA TIEMPO-TEMPERATURA, EN EL CASO DE FLEXIÓN RESPECTO AL EJE DÉBIL..... 215

- G.1 INTRODUCCIÓN.
- G.2 ALAS DEL PERFIL DE ACERO.
- G.3 ALMA DEL PERFIL DE ACERO.
- G.4 HORMIGÓN.
- G.5 BARRAS PARA ARMADURAS PASIVAS.
- G.6 CÁLCULO DE LA CARGA AXIL DE PANDEO A TEMPERATURAS ELEVADAS.7
- G.7 CARGAS EXCÉNTRICAS.
- G.8 CAMPO DE APLICACIÓN.

APÉNDICE H MÉTODO RECOMENDADO DE CÁLCULO PARA PERFILES TUBULARES DE ACERO RELLENOS DE HORMIGÓN EXPUESTOS AL FUEGO. 224

APÉNDICE I RECOMENDACIONES PARA LA PLANIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS MODELOS EXPERIMENTALES.... 226

- I.1 INTRODUCCIÓN.
- I.2 ENSAYO PARA UNA EVALUACIÓN GLOBAL.
- I.3 ENSAYO PARA LA INFORMACIÓN PARCIAL.

Proyecto de estructuras mixtas hormigón-acero. Reglas para puentes

Contenido

1 GENERALIDADES.	227
1.1 ALCANCE DEL ANEJO.	
1.2 NORMATIVA DE REFERENCIA.	
1.3 HIPÓTESIS.	
1.5 TÉRMINOS Y DEFINICIONES.	
1.5.1 Generalidades.	
1.5.2 Términos y definiciones adicionales empleados en esta norma.	
1.5.2.1 Elemento mixto.	
1.5.2.2 Conectores.	
1.5.2.3 Acción mixta.	
1.5.2.4 Viga mixta.	
1.5.2.5 Pilar mixto.	
1.5.2.6 Losa mixta.	
1.5.2.7 Pórtico mixto.	
1.5.2.8 Unión mixta.	
1.5.2.9 Estructura o elemento apeado.	
1.5.2.10 Estructura o elemento no apeado.	
1.5.2.11 Rigidez a flexión no fisurada.	
1.5.2.12 Rigidez a flexión fisurada.	
1.5.2.13 Pretensado.	
1.5.2.14 Tablero con vigas de acero embebidas.	
1.5.2.15 Placa mixta.	
1.6 NOTACIÓN.	
2 BASES DE CÁLCULO.	238
2.1 REQUISITOS.	
2.2 PRINCIPIOS DEL CÁLCULO EN ESTADO LÍMITE.	
2.3 VARIABLES BÁSICAS.	
2.3.1 Acciones y condiciones ambientales.	
2.3.2 Propiedades de los materiales y productos.	
2.3.3 Clasificación de las acciones.	
2.4 COMPROBACIÓN POR EL MÉTODO DE LOS COEFICIENTES PARCIALES.	
2.4.1 Valores de cálculo.	
2.4.1.1 Valores de cálculo de las acciones.	
2.4.1.2 Valores de cálculo de las propiedades de los materiales o productos.	
2.4.1.3 Valores de cálculo de los parámetros geométricos.	
2.4.1.4 Resistencias de cálculo.	
2.4.2 Combinación de acciones.	
2.4.3 Comprobación del equilibrio estático (EQU).	
3 MATERIALES.	240
3.1 HORMIGÓN.	
3.2 ACERO PARA ARMADURA PASIVA PARA PUENTES.	
3.3 ACERO ESTRUCTURAL PARA PUENTES.	
3.4 DISPOSITIVOS DE CONEXIÓN.	
3.4.1 Generalidades.	
3.4.2 Pernos conectadores.	
3.5 ACERO Y DISPOSITIVOS DE PRETENSADO.	
3.6 CABLES Y TIRANTES DE ACERO.	
4 DURABILIDAD.	241
4.1 GENERALIDADES.	
4.2 PROTECCIÓN FRENTE A LA CORROSIÓN EN EL CONTACTO HORMIGÓN-ACERO EN PUENTES.	

5	ANÁLISIS ESTRUCTURAL	241
5.1	MODELOS ESTRUCTURALES PARA EL ANÁLISIS.	
5.1.1	Modelos estructurales e hipótesis básicas.	
5.1.2	Modelos para las uniones.	
5.1.3	Interacción suelo-estructura.	
5.2	ESTABILIDAD ESTRUCTURAL.	
5.2.1	Efectos de la geometría deformada de la estructura.	
5.2.2	Métodos de análisis para puentes.	
5.3	IMPERFECCIONES.	
5.3.1	Bases.	
5.3.2	Imperfecciones para puentes.	
5.4	CÁLCULO DE LOS EFECTOS DE LAS ACCIONES.	
5.4.1	Método de análisis global.	
5.4.1.1	Generalidades.	
5.4.1.2	Ancho eficaz de las alas para arrastre por cortante.	
5.4.2	Análisis elástico lineal.	
5.4.2.1	Generalidades.	
5.4.2.2	Retracción y fluencia.	
5.4.2.3	Efectos de la fisuración del hormigón.	
5.4.2.4	Fases y proceso constructivo.	
5.4.2.5	Efectos térmicos.	
5.4.2.6	Pretensado por deformaciones impuestas controladas.	
5.4.2.7	Pretensado mediante tendones.	
5.4.2.8	Elementos a tracción en puentes mixtos.	
5.4.2.9	Tableros de puentes con vigas de acero embebidas.	
5.4.3	Análisis global no lineal para puentes.	
5.4.4	Combinación de efectos de acciones globales y locales.	
5.5	CLASIFICACIÓN DE SECCIONES TRANSVERSALES.	
5.5.1	Generalidades.	
5.5.2	Clasificación de secciones mixtas no embebidas en hormigón.	
5.5.3	Clasificación de secciones para puentes con tablero de vigas de acero embebidas.	
6	ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS	252
6.1	VIGAS.	
6.1.1	Vigas en puentes. Generalidades.	
6.1.2	Ancho eficaz para la comprobación de secciones transversales.	
6.2	RESISTENCIA DE SECCIONES TRANSVERSALES DE VIGAS.	
6.2.1	Resistencia a flexión.	
6.2.1.1	Generalidades.	
6.2.1.2	Momento plástico resistente M_{pl} , M_{MM} de una sección mixta.	
6.2.1.3	Reglas adicionales para vigas en puentes.	
6.2.1.4	Resistencia a flexión no lineal.	
6.2.1.5	Resistencia elástica a flexión.	
6.2.2	Resistencia a cortante vertical.	
6.2.2.1	Alcance.49	
6.2.2.2	Resistencia plástica a cortante vertical.	
6.2.2.3	Resistencia a abolladura por cortante.	
6.2.2.4	Flexión y cortante vertical.	
6.2.2.5	Reglas adicionales para vigas de puentes.	
6.3	TABLEROS CON VIGAS DE ACERO EMBEBIDAS.	
6.3.1	Alcance.	
6.3.2	Generalidades.	
6.3.3	Momentos flectores.	
6.3.4	Cortante vertical.	
6.3.5	Resistencia y estabilidad de las vigas de acero durante la ejecución.	

- 6.4 PANDEO LATERAL POR TORSIÓN EN VIGAS MIXTAS.3
 - 6.4.1 Generalidades.3
 - 6.4.2 Vigas en puentes con secciones transversales de canto constante de Clase 1, 2 o 3.
 - 6.4.3 Métodos generales para pandeo de elementos y pórticos.
 - 6.4.3.1 Método general.
 - 6.4.3.2 Método simplificado.
- 6.5 ESFUERZOS TRANSVERSALES EN LAS ALMAS.
 - 6.5.1 Generalidades.
 - 6.5.2 Pandeo inducido en el alma por las alas.
- 6.6 CONEXIÓN A RASANTE.
 - 6.6.1 Generalidades.
 - 6.6.1.1 Bases de cálculo.
 - 6.6.1.2 Estados Límite Últimos distintos del de fatiga.
 - 6.6.2 Esfuerzo rasante en vigas para puentes.
 - 6.6.2.1 Vigas en las que se utilice la teoría elástica o no lineal para la resistencia de las secciones transversales.
 - 6.6.2.2 Vigas en puentes con secciones transversales de Clase 1 o 2.
 - 6.6.2.3 Efectos locales del esfuerzo rasante concentrado debido a la introducción de esfuerzos longitudinales.
 - 6.6.2.4 Efectos locales de los esfuerzos rasantes concentrados en cambios bruscos de sección transversal.
 - 6.6.3 Pernos conectadores en losas macizas y hormigón de revestimiento.
 - 6.6.3.1 Resistencia de cálculo.
 - 6.6.3.2 Influencia de la tracción en la resistencia a rasante.
 - 6.6.4 Pernos con cabeza que producen rotura en la dirección del espesor de la losa.
 - 6.6.5 Definición de los detalles constructivos de la conexión a rasante e influencia de la ejecución.1
 - 6.6.5.1 Resistencia a la separación.
 - 6.6.5.2 Recubrimiento y hormigonado de puentes.
 - 6.6.5.3 Armadura local de la losa.
 - 6.6.5.4 Nervios distintos de los constituidos por chapa nervada.
 - 6.6.5.5 Separación de los conectadores.
 - 6.6.5.6 Dimensiones del ala de acero.
 - 6.6.5.7 Pernos conectadores con cabeza.
 - 6.6.6 Rasante en losas de hormigón.
 - 6.6.6.1 Generalidades.
 - 6.6.6.2 Resistencia a rasante de cálculo.
 - 6.6.6.3 Armadura transversal mínima.
- 6.7 PILARES MIXTOS Y ELEMENTOS MIXTOS A COMPRESIÓN.
 - 6.7.1 Generalidades.
 - 6.7.2 Método general de cálculo.
 - 6.7.3 Método simplificado de cálculo.
 - 6.7.3.1 Generalidades y alcance.
 - 6.7.3.2 Resistencia de las secciones transversales.
 - 6.7.3.3 Resistencia a flexión efectiva, coeficiente de contribución del acero y esbeltez relativa.
 - 6.7.3.4 Métodos de análisis e imperfecciones de los elementos.
 - 6.7.3.5 Resistencia de elementos comprimidos.
 - 6.7.3.6 Resistencia de los elementos de flexión compuesta.
 - 6.7.3.7 Flexión compuesta esviada.
 - 6.7.4 Conexión a rasante e introducción de cargas.
 - 6.7.4.1 Generalidades.
 - 6.7.4.2 Introducción de las cargas.
 - 6.7.4.3 Rasante exterior al área de introducción de cargas.
 - 6.7.5 Disposiciones sobre la definición de los detalles constructivos.
 - 6.7.5.1 Recubrimiento de hormigón para perfiles de acero y armaduras.
 - 6.7.5.2 Armadura longitudinal y transversal.
- 6.8 FATIGA.
 - 6.8.1 Generalidades.
 - 6.8.2 Coeficientes parciales para la evaluación de la fatiga en puentes.
 - 6.8.3 Resistencia a fatiga.

6.8.4	Esfuerzos y cargas de fatiga.	
6.8.5	Tensiones.	
6.8.5.1	Generalidades.	
6.8.5.2	Hormigón.	
6.8.5.3	Acero estructural.	
6.8.5.4	Armadura pasiva.	
6.8.5.5	Conexión a rasante.	
6.8.5.6	Tensiones en las armaduras pasivas y activas de elementos pretensados mediante tendones adherentes.	
6.8.6	Rango de tensiones.	
6.8.6.1	Acero estructural y armadura.	
6.8.6.2	Conexión a rasante.	
6.8.7	Evaluación de la fatiga basada en rangos de tensión nominal.	
6.8.7.1	Acero estructural, armadura pasiva y hormigón.	
6.8.7.2	Conexión a rasante.	
6.9	ELEMENTOS A TRACCIÓN EN PUENTES MIXTOS.	
7	ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO.	292
7.1	GENERALIDADES.	
7.2	TENSIONES.	
7.2.1	Generalidades.	
7.2.2	Limitación de las tensiones en puentes.	
7.2.3	Respiración del alma.	
7.3	DEFORMACIONES EN PUENTES.	
7.3.1	Flechas.	
7.3.2	Vibraciones.	
7.4	FISURACIÓN DEL HORMIGÓN.	
7.4.1	Generalidades.	
7.4.2	Armadura mínima.	
7.4.3	Control de la fisuración producida por cargas directas.	
7.5	TABLEROS CON VIGAS DE ACERO EMBEBIDAS.	
7.5.1	Generalidades.	
7.5.2	Fisuración del hormigón.	
7.5.3	Armadura mínima.	
7.5.4	Control de la fisuración producida por cargas directas.	
8	LOSAS DE HORMIGÓN PREFABRICADO EN PUENTES MIXTOS.	298
8.1	GENERALIDADES.	
8.2	ACCIONES.	
8.3	CÁLCULO, ANÁLISIS Y DEFINICIÓN DE LOS DETALLES CONSTRUCTIVOS DE LAS LOSAS DE PUENTES.	
8.4	SUPERFICIE DE CONTACTO ENTRE LA VIGA DE ACERO Y LA LOSA DE HORMIGÓN.	
8.4.1	Sistemas de apoyo y tolerancias.	
8.4.2	Corrosión.	
8.4.3	Conexión a rasante y armadura pasiva transversal.	
9	PLACAS MIXTAS EN PUENTES.	300
9.1	GENERALIDADES.	
9.2	CÁLCULO DE EFECTOS LOCALES.	
9.3	CÁLCULO DE EFECTOS GLOBALES.	
9.4	CÁLCULO DE LOS CONECTADORES.	
APÉNDICE C	RECOMENDACIONES PARA LOS PERNOS CONECTADORES QUE GENERAN FUERZAS DE ROTURA EN LA DIRECCIÓN DEL ESPESOR DE LA LOSA.	303
C.1	RESISTENCIA DE CÁLCULO Y DEFINICIÓN DE LOS DETALLES CONSTRUCTIVOS.	
C.2	RESISTENCIA A FATIGA.	