

# PREDIMENSIONADO ÓPTIMO DE SECCIONES MIXTAS DE HORMIGÓN Y ACERO: CRITERIOS DEL EUROCÓDIGO 4<sup>(1)</sup>

(OPTIMUM PREDESIGN OF COMPOSITE STEEL-CONCRETE SECTIONS: CRITERIONS OF EUROCODE 4<sup>(1)</sup>)

José Monfort Leonart, José Luis Pardo Ros, Arianna Guardiola Villora  
E. T. S. de Arquitectura. Universidad Politécnica de Valencia

Fecha de recepción: 4-VI-2001

760-10

ESPAÑA

## RESUMEN

*El cálculo de vigas mixtas de hormigón y acero se realiza a partir de un predimensionado de la sección que se ajusta por un proceso iterativo hasta alcanzar una aproximación razonable; la definición inicial de la sección es compleja por las numerosas variables que intervienen.*

*En este artículo se plantea un método de predimensionado incluyendo criterios de optimización, de fácil aplicación práctica por medio de tablas que corresponden a situaciones usuales en edificación.*

## SUMMARY

*The analysis of composite steel-concrete beams requires to set, previously, the dimensions of each part of the beam for proceeding after that to adjust them by an iterative process up to reach a reasonable approximation; the initial definition of that kind of sections is not easy because are involved a great number of parameters.*

*This paper develops a direct procedure for obtaining the above mentioned pre-design of the beam including optimization criteria and a practical application by the use of tables containing usual edification situations.*

## 1. INTRODUCCIÓN

La reciente publicación por AENOR del Eurocódigo 4 "Proyecto de estructuras mixtas de hormigón y acero", con carácter de Norma UNE Experimental<sup>(2)</sup>, junto con la propuesta del Documento Nacional de Aplicación (DNA) correspondiente, viene a cubrir el vacío legal de la reglamentación sobre estas estructuras en el campo de la edificación al que va dirigido; aunque no es más que un primer paso, constituye el punto de partida para una próxima norma nacional de carácter obligatorio, concordante con la de ámbito comunitario.

En lo que podemos denominar "solución tradicional" para edificios con estructura metálica, constituida por un forjado de hormigón con distintas tipologías y vigas de acero trabajando de forma independiente, cada uno de estos elementos hay que dimensionarlo para absorber las cargas que recibe; cuando se aplica la construcción mixta a estructuras de edificación, aprovechando la presencia de ambos, conectamos la viga metálica con el forjado para que forme la cabeza comprimida de hormigón haciendo que trabajen solidariamente, lo que permite reducir la dimensión del perfil a la vez que aumenta la rigidez del conjunto, y con ello su capacidad para realizar funciones

de arriostamiento; ésta es la principal ventaja del sistema, cuya única dificultad está en la necesidad de disponer conectadores para garantizar el comportamiento conjunto de ambos elementos.

El Eurocódigo 4 recoge detalladamente los criterios constructivos y de cálculo para el diseño y ejecución de estas piezas. En el caso de vigas (su aplicación más frecuente) los procedimientos de cálculo se aplican a una sección definida por su geometría y las calidades de los materiales, que se comprueba y, si es necesario, se ajusta iterativamente hasta alcanzar una aproximación suficiente; para facilitar el proceso es conveniente partir de un predimensionado razonable, cuya definición es el propósito de este trabajo. Para poder tabular los resultados se consideran las siguientes características como hipótesis de partida que, aunque limitan el campo de aplicación del método, corresponden a las situaciones más frecuentes en el ámbito de la edificación:

- . la cabeza de hormigón es rectangular y el acero estructural un perfil IPE o IPN;
- . el hormigón es de las clases C25/30, C30/37 ó C35/45, y el acero estructural de los tipos Fe360 ó Fe430 (sus características se indican en las tablas 1 y 2, respectivamente);
- . para el canto de la cabeza de hormigón se adoptan los valores 12, 15, 18, 21, 24, 27 y 30 cm;
- . se consideran como coeficientes de ponderación de los materiales los valores típicos  $\gamma_c = 1,50$  y  $\gamma_a = 1,10$ ;
- . se aplica análisis elástico, el momento flector es positivo y la conexión completa;
- . no se incluye en el cálculo la armadura del hormigón;
- . sólo se tienen en cuenta los criterios de resistencia de la sección; para los efectos reológicos se supone que 2/3 de la carga total es de carácter permanente.

## 2. BASES DE CÁLCULO

Para aplicar el cálculo elástico a una viga mixta solicitada a flexión, la sección real (heterogénea, por las distintas características de los materiales que la componen) se sustituye por la homogeneizada transformando la cabeza de hormigón en acero equivalente; para ello, su ancho  $b$  se divide por el coeficiente de equivalencia  $n$ , relación entre los módulos de elasticidad de ambos materiales<sup>(3)</sup>,

$$n = E_a / E'_c \quad [1]$$

$E'_c$  es el módulo "eficaz" del hormigón, que se adopta  $E_{cm}$  para efectos instantáneos y  $E_{cm}/3$  para los diferidos. Al calcular su centro de gravedad, que hacemos coincidir con la fibra neutra del diagrama de tensiones normales, pueden darse dos casos, figura 1,

- . si está situado en el perfil metálico (a), toda la sección correspondiente al hormigón queda sobre él y resulta comprimida, por lo que colabora en la resistencia; la distribución de tensiones será la indicada en el diagrama (obtenida a partir del momento de inercia  $I_{eq}$  de la sección homogeneizada completa) junto con los valores máximos que pueden alcanzar en las fibras extremas;
- . si está en la zona del hormigón (b), parte de él queda traccionado por lo que se fisura y no colabora en la resistencia; la distribución de tensiones es similar al caso anterior, pero en el valor de  $I_{eq}$  no se incluye la parte correspondiente al hormigón traccionado,

y su posición queda definida por las expresiones siguientes,

$$z_g = \frac{b \cdot h_c^2 + n \cdot A_a \cdot (h_a + 2 \cdot h_c)}{2 \cdot (b \cdot h_c + n \cdot A_a)} \quad \text{para } z_g \geq h_c \quad [2a]$$

**TABLA 1 - Clases de hormigón**

Clase de hormigón			C20/25	C25/30	C30/37	C35/45	C40/50	C45/55	C50/60
$f_{ck}$ (N/mm <sup>2</sup> )	12	16	20	25	30	35	40	45	50
$E_{cm}$ (kN/mm <sup>2</sup> )	26	27,5	29	30,5	32	33,5	35	36	37

Las columnas correspondientes a los valores de  $f_{ck}$  12 y 16 sólo proporcionan datos sobre las propiedades de los hormigones de calidad superior con menos de 28 días de edad

**TABLA 2 - Aceros según EN 10025**

Tipo de acero	Espesor $t$ en mm			
	$t \leq 40$ mm		$40$ mm $< t \leq 100$ mm	
	$f_y$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_y$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )
Fe 360	235	360	215	340
Fe 430	275	430	255	410
Fe 510	355	510	335	490

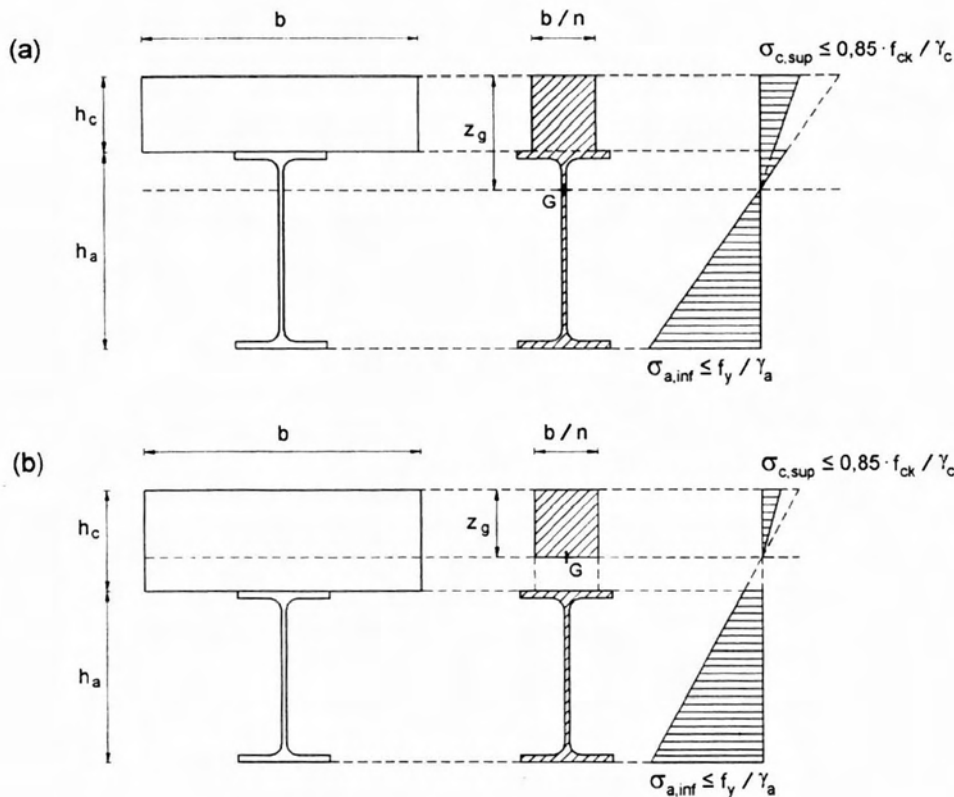


Figura 1

$$z_g = \frac{-A_a + \sqrt{A_a^2 + \frac{b \cdot A_a}{n} \cdot (h_a + 2 \cdot h_c)}}{b/n} \quad \text{para } z_g \leq h_c \quad [2b]$$

conocido este valor, calculamos el momento de inercia  $I_{eq}$  de la sección homogeneizada respecto a su eje baricéntrico y cuando actúe sobre ella el momento de resistencia elástica  $M_{el,Rd}$ , en alguna de sus fibras extremas se alcanzará la tensión admisible del material correspondiente; si es en el hormigón,

$$\sigma_{c,sup} = \frac{M_{el,Rd}}{I_{eq}} \cdot z_g \cdot \frac{1}{n} = \frac{0,85 \cdot f_{ck}}{\gamma_c} \quad [3a]$$

y si es en el acero

$$\sigma_{s,inf} = \frac{M_{el,Rd}}{I_{eq}} \cdot (h_c + h_a - z_g) = \frac{f_y}{\gamma_a} \quad [3b]$$

### 3. CRITERIO DE OPTIMIZACIÓN

Si hemos definido la sección mixta arbitrariamente, de las expresiones [3a y b] se obtienen valores diferentes para  $M_{el,Rd}$  que originan la máxima resistencia en la fibra más comprimida del hormigón o en la más traccionada del acero, y una parte de ella resulta infrutilizada puesto que no alcanza su resistencia máxima. Como criterio de optimización para el predimensionado vamos a imponer la condición de que estas dos fibras alcancen su tensión admisible para el mismo valor de  $M_{el,Rd}$

Si denominamos  $\alpha$  a la relación entre tensiones admisibles de los materiales,

$$\alpha = \frac{f_y / \gamma_a}{0,85 \cdot f_{ck} / \gamma_c} \quad [4]$$

e imponemos el criterio del párrafo anterior, las tensiones en las dos fibras extremas alcanzarán su valor admisible cuando el momento sollicitación de cálculo sobre la sección coincida con  $M_{el,Rd}$

$$M_{Sd} = M_{el,Rd} \quad [5]$$

y entonces, combinando [3] y [4], resulta

$$\alpha = \frac{\frac{M_{el,Rd}}{I_{eq}} \cdot (h_c + h_a - z_g)}{\frac{M_{el,Rd}}{I_{eq}} \cdot z_g \cdot \frac{1}{n}} \quad [6]$$

y de aquí,

$$\frac{\alpha}{n} = \frac{h_c + h_a - z_g}{z_g} \quad [7]$$

las variables del primer miembro dependen de las calidades de los materiales, y las del segundo de la geometría de la sección cuyo predimensionado queremos establecer.

Aplicando estas expresiones y operando según la secuencia que se indica a continuación, los resultados se recogen en una serie de tablas (3 a 14) que se pueden utilizar para el predimensionado de secciones mixtas sometidas a flexión.

#### 4. TABLAS

Para su elaboración se ha seguido el siguiente proceso:

- . adoptando una calidad de hormigón y acero estructural, conocemos los valores de  $f_{ck}$ ,  $E_{cm}$ ,  $f_y$  y  $E_a$ ; a partir de ellos se determina  $\alpha$  por la expresión [4],  $n$  por [1] (considerando dos valores correspondientes a  $E_{cm}$  y  $E_{cm}/3$ , para efectos instantáneos y diferidos respectivamente) y  $\alpha/n$  por [7];
- . fijamos un perfil para la sección de acero estructural (define  $h_a$  y  $A_a$ ) y el canto  $h_c$  de la cabeza de hormigón (como criterio constructivo conviene que coincida con el del forjado que soporta la viga mixta, calculado previamente a partir de su configuración estructural);
- . con los parámetros anteriores podemos obtener  $z_g$  de la expresión [7] que llevado a la [2a o b], según corresponda, proporciona la anchura de la cabeza de hormigón  $b$  y completa la definición del predimensionado con los datos de partida<sup>(4)</sup>;
- . con estos valores calculamos el momento  $M_{el,Rd}$  de [3a o b] (resulta el mismo valor de ambas) que origina simultáneamente las tensiones admisibles en las fibras extremas de hormigón y acero;
- . después de los pasos anteriores hemos obtenido el valor  $M_{el,Rd}$  sin considerar efectos reológicos, para la sección definida por su geometría y las calidades de los materiales; aplicando esta secuencia a todas las secciones correspondientes a las combinaciones de parámetros especificadas en el apartado 1, los valores calculados se recogen en las tablas 3 a 14 (el momento  $M_{el,Rd}$  así obtenido aparece en la parte superior de cada casilla);
- . para aproximar la influencia de los efectos reológicos que no se han incluido en el proceso anterior, en cada una de las secciones se ha calculado un nuevo valor  $M_{el,Rd}$  considerando estos aspectos, que se recogen en la parte inferior de cada casilla; se ha supuesto que 2/3 de la carga total tiene carácter constante y las tensiones asociadas se obtienen con el coeficiente de equivalencia  $n$  correspondiente a  $E_{cm}/3$  por los efectos diferidos, mientras que para el tercio restante (carga variable) se considera el valor  $E_{cm}$  del proceso anterior ya que, por ser de corta duración, no resultan afectadas por el tiempo<sup>(5)</sup>.

Para la utilización de estas tablas en el predimensionado de secciones mixtas podemos seguir el siguiente proceso:

- . calculamos el momento máximo positivo  $M_{Sd}$  que actúa sobre la viga;
- . adoptamos unas calidades para hormigón y acero estructural, y el tipo de perfil metálico (IPE o IPN) para utilizar la tabla correspondiente;

- . fijamos el espesor de la cabeza de hormigón  $h_c$  (coincidente con el del forjado, como criterio constructivo) que define una columna en la tabla;
- . en la parte superior de las casillas de esta columna buscamos el valor  $M_{el,Rd}$  inmediato superior al de  $M_{Sd}$  calculado; junto a él se indica el ancho  $b$  de la cabeza de hormigón y en la fila el perfil metálico que, conjuntamente, satisfacen las condiciones de predimensionado óptimo según el criterio especificado;
- . como orientación para estimar la influencia de los efectos diferidos, el valor inferior  $M_{el,Rd}$  en la misma casilla indica el límite correspondiente a esa sección mixta considerando que 2/3 de la carga total tienen carácter permanente, y el resto es variable;
- . como los valores obtenidos corresponden a cálculos teóricos, en las tablas se representan sombreados aquellos casos en que la anchura de la cabeza de hormigón es  $< 30 \text{ cm}$  para resaltar, de forma estimada, que son secciones no recomendables desde el punto de vista constructivo.

#### 5. SÍMBOLOS

- $f_{ck}$  = resistencia característica a compresión del hormigón en probeta cilíndrica
- $f_u$  = resistencia última a tracción del acero estructural
- $f_y$  = límite elástico del acero estructural
- $\gamma_a$  = coeficiente parcial de seguridad del acero estructural
- $\gamma_c$  = coeficiente parcial de seguridad del hormigón
- $\sigma_{c,sup}$  = tensión máxima de compresión en la fibra superior de hormigón
- $\sigma_{a,inf}$  = tensión máxima de tracción en la fibra inferior de acero
- $A_a$  = área del perfil de acero estructural
- $E_a$  = módulo de elasticidad del acero estructural
- $E_{cm}$  = módulo de elasticidad secante medio del hormigón para cargas instantáneas
- $I_{eq}$  = momento de inercia de la sección homogeneizada respecto a su eje baricéntrico
- $M_{el,Rd}$  = valor de cálculo del momento de resistencia elástica de la sección mixta
- $M_{Sd}$  = momento sollicitación de cálculo

#### NOTAS

- (1) Este artículo es una actualización adaptada a los criterios del Eurocódigo 4 de: Monfort J. Predimensionado óptimo de secciones mixtas de hormigón y acero en régimen elástico. Informes de la Construcción. Vol. 36, núm. 367, 1985, 65-72.
- (2) Norma que se establece para su aplicación provisional en campos técnicos donde el grado de innovación es elevado o existe una urgente necesidad de orientación, en relación al tema que se trata.
- (3) Cuando posteriormente se calculan las tensiones sobre esta sección homogeneizada, las correspondientes a la parte de hormigón se dividirán por  $n$ , para tener en cuenta que la anchura real de las fibras es mayor.

(4) El criterio de optimización se ha introducido en este punto: antes de completar la definición geométrica de la sección se obtiene la posición conveniente del c.d.g. y se adopta el valor  $b$  de la cabeza de hormigón que satisface esta condición y proporciona el predimensionado óptimo.

(5) En esta fase no se aplican criterios de predimensionado; simplemente, con las dimensiones y calidades especificadas para cada sección, se calcula su momento de resistencia elástica para la distribución de cargas correspondiente al criterio indicado.

**TABLA 3 - Hormigón: C25/30 Acero estructural: Fe360 Perfil: IPE**

$h_c$ cm	12		15		18		21		24		27		30	
Perfil	$b$ cm	$M_{el,Rd}$ kN·m	$b$ cm	$M_{el,Rd}$ kN·m	$b$ cm	$M_{el,Rd}$ kN·m	$b$ cm	$M_{el,Rd}$ kN·m	$b$ cm	$M_{el,Rd}$ kN·m	$b$ cm	$M_{el,Rd}$ kN·m	$b$ cm	$M_{el,Rd}$ kN·m
IPE 80	26	17,3 15,7	24	21,3 19,4	22	25,4 23,3	20	29,5 27,2	19	33,7 31,1	18	37,9 35,1	16	42,2 39,2
IPE 100	30	24,1 21,8	28	29,2 26,6	26	34,6 31,5	24	40,0 36,6	23	45,6 41,8	22	51,2 47,1	20	56,8 52,5
IPE 120	34	31,9 28,8	32	38,3 34,7	30	45,0 40,9	28	51,8 47,2	27	58,8 53,7	25	65,8 60,4	24	73,0 67,1
IPE 140	37	41,2 37,2	35	48,9 44,2	34	57,0 51,6	32	65,3 59,3	30	73,7 67,2	29	82,3 75,2	28	91,0 83,4
IPE 160	40	52,5 47,5	39	61,7 55,8	37	71,3 64,5	36	81,2 73,6	34	91,4 83,1	33	101,8 92,7	31	112,3 102,5
IPE 180	43	65,1 59,0	42	75,7 68,5	41	86,9 78,5	39	98,4 89,1	38	110,3 100,0	36	122,4 111,2	35	134,7 122,7
IPE 200	47	80,8 73,5	46	93,1 84,3	45	106,1 95,9	43	119,6 108,2	42	133,5 120,9	40	147,7 133,9	39	162,1 147,3
IPE 220	50	98,7 90,2	49	112,8 102,4	48	127,7 115,5	47	143,2 129,5	46	159,1 144,0	44	175,5 159,0	43	192,2 174,4
IPE 240	54	120,6 110,7	53	136,7 124,4	52	153,7 139,3	51	171,5 155,1	50	189,8 171,7	48	208,6 188,9	47	227,8 206,5
IPE 270	56	150,4 138,7	56	168,6 154,1	55	188,0 170,7	54	208,2 188,6	53	229,2 207,4	52	250,7 226,9	51	272,8 247,0
IPE 300	60	188,6 173,7	59	207,4 190,3	59	229,4 209,0	58	252,5 229,0	57	276,5 250,2	56	301,1 272,4	55	326,4 295,3
IPE 330	64	236,1 216,2	63	253,2 233,2	62	278,1 254,3	62	304,3 276,7	61	331,4 300,4	60	359,5 325,4	59	388,3 351,3
IPE 360	69	295,6 268,3	67	309,7 285,5	67	336,3 308,6	66	366,0 333,8	66	396,8 360,4	65	428,7 388,4	64	461,5 417,6
IPE 400	74	377,7 338,3	71	387,5 355,2	70	411,1 378,6	70	444,6 406,8	69	479,4 436,6	69	515,5 467,8	68	552,7 500,5
IPE 450	79	493,5 434,5	75	497,9 451,0	73	515,5 473,7	73	548,0 503,4	72	587,6 536,8	72	628,5 571,8	71	670,8 608,3
IPE 500	87	642,3 556,2	81	641,3 572,7	78	653,3 595,4	77	680,0 625,1	77	722,1 661,8	76	768,9 701,5	76	817,2 742,8
IPE 550	95	819,2 699,6	88	812,5 715,9	84	818,6 738,5	81	839,1 768,0	81	875,8 805,0	80	927,3 848,9	80	981,7 895,0
IPE 600	104	1038,6 876,1	96	1025,6 892,4	90	1025,7 915,1	87	1040,2 944,9	86	1070,8 982,3	85	1119,1 1027,8	85	1180,3 1079,5

**TABLA 4 - Hormigón: C30/37 Acero estructural: Fe360 Perfil: IPE**

$h_c$ cm	12		15		18		21		24		27		30	
Perfil	$b$ cm	$M_{el,Rd}$ kN-m	$b$ cm	$M_{el,Rd}$ kN-m	$b$ cm	$M_{el,Rd}$ kN-m	$b$ cm	$M_{el,Rd}$ kN-m	$b$ cm	$M_{el,Rd}$ kN-m	$b$ cm	$M_{el,Rd}$ kN-m	$b$ cm	$M_{el,Rd}$ kN-m
IPE 80	19	16,9 15,2	18	20,8 18,8	16	24,8 22,5	15	28,9 26,3	14	33,0 30,2	13	37,1 34,1	12	41,3 38,1
IPE 100	22	23,4 20,9	21	28,5 25,6	20	33,7 30,4	18	39,1 35,4	17	44,5 40,5	16	50,0 45,7	15	55,6 50,9
IPE 120	25	31,0 27,7	24	37,3 33,4	22	43,8 39,4	21	50,5 45,6	20	57,3 51,9	19	64,3 58,4	18	71,3 65,0
IPE 140	27	39,9 35,8	26	47,5 42,5	25	55,4 49,7	24	63,5 57,1	23	71,8 64,8	22	80,3 72,7	21	88,9 80,7
IPE 160	30	50,9 45,7	29	59,8 53,6	28	69,3 62,1	27	79,0 70,9	26	89,0 80,1	25	99,2 89,5	24	109,5 99,0
IPE 180	32	63,1 56,9	31	73,4 65,9	30	84,3 75,5	29	95,6 85,7	28	107,2 96,3	27	119,1 107,2	26	131,2 118,4
IPE 200	34	78,3 70,9	34	90,3 81,1	33	102,9 92,2	32	116,1 104,0	31	129,7 116,3	30	143,6 129,0	29	157,8 142,0
IPE 220	37	95,7 87,1	36	109,4 98,7	36	123,9 111,2	35	138,9 124,5	34	154,5 138,5	33	170,6 153,1	32	186,9 168,0
IPE 240	39	117,1 107,0	39	132,5 120,0	39	149,1 134,1	38	166,3 149,2	37	184,2 165,2	36	202,6 181,7	35	221,5 198,8
IPE 270	41	148,2 135,0	41	163,5 148,8	41	182,3 164,6	40	201,9 181,5	39	222,3 199,4	39	243,4 218,2	38	264,9 237,6
IPE 300	44	188,4 170,2	43	201,4 184,0	43	222,4 201,7	43	244,8 220,7	42	268,1 240,9	41	292,1 262,0	41	316,8 284,1
IPE 330	47	238,3 212,9	46	248,5 226,7	46	269,6 245,5	45	295,0 266,8	45	321,4 289,4	44	348,7 313,1	44	376,8 337,9
IPE 360	51	300,4 265,3	49	307,9 279,2	49	326,6 298,4	49	354,8 322,1	48	384,7 347,4	48	415,7 374,0	47	447,6 401,8
IPE 400	55	386,4 335,7	52	389,8 349,3	51	404,2 368,2	51	431,0 392,8	51	464,7 421,1	50	499,7 450,8	50	535,9 481,9
IPE 450	60	507,7 432,5	56	505,9 445,6	54	514,8 464,0	53	535,6 488,0	53	569,4 518,1	53	609,1 551,4	52	650,0 586,1
IPE 500	65	663,2 554,9	61	655,9 567,8	58	659,5 586,1	57	674,8 610,1	56	703,1 640,2	56	745,0 676,6	56	791,7 715,9
IPE 550	71	848,0 699,4	66	834,9 711,8	62	832,6 729,8	60	842,2 753,7	59	864,6 783,7	59	900,8 820,2	59	951,0 863,1
IPE 600	78	1077,1 877,1	72	1057,4 889,3	68	1049,0 907,2	65	1052,6 931,1	63	1069,1 961,3	63	1099,5 998,2	62	1145,0 1042,1

**TABLA 5 - Hormigón: C35/45 Acero estructural: Fe360 Perfil: IPE**

$h_c$ cm	12		15		18		21		24		27		30	
Perfil	$b$ cm	$M_{el,Rd}$ kN·m	$b$ cm	$M_{el,Rd}$ kN·m	$b$ cm	$M_{el,Rd}$ kN·m	$b$ cm	$M_{el,Rd}$ kN·m	$b$ cm	$M_{el,Rd}$ kN·m	$b$ cm	$M_{el,Rd}$ kN·m	$b$ cm	$M_{el,Rd}$ kN·m
IPE 80	15	16,5 14,7	14	20,3 18,2	13	24,3 21,9	12	28,3 25,6	11	32,4 29,5	10	36,5 33,3	10	40,6 37,2
IPE 100	18	22,8 20,3	16	27,8 24,8	15	33,0 29,5	14	38,2 34,4	14	43,6 39,4	13	49,1 44,5	12	54,6 49,7
IPE 120	19	30,1 26,8	19	36,3 32,3	18	42,8 38,1	17	49,4 44,2	16	56,1 50,4	15	63,0 56,8	14	69,9 63,2
IPE 140	21	38,8 34,6	20	46,2 41,1	20	54,0 48,1	19	62,0 55,3	18	70,2 62,8	17	78,6 70,5	16	87,0 78,4
IPE 160	23	49,5 44,2	22	58,3 51,8	22	67,5 60,0	21	77,1 68,6	20	86,9 77,5	19	96,9 86,7	19	107,1 96,1
IPE 180	25	61,3 55,1	24	71,4 63,7	24	82,1 73,0	23	93,2 82,9	22	104,6 93,2	21	116,3 103,8	21	128,2 114,7
IPE 200	26	76,1 68,7	26	87,8 78,6	26	100,2 89,2	25	113,1 100,6	24	126,4 112,5	24	140,1 124,8	23	154,1 137,5
IPE 220	28	93,4 84,6	28	106,4 95,6	28	120,5 107,6	27	135,3 120,4	26	150,6 134,0	26	166,3 148,0	25	182,4 162,6
IPE 240	30	115,5 104,5	30	129,0 116,3	30	145,1 129,9	29	161,9 144,4	29	179,5 159,7	28	197,5 175,8	27	216,0 192,3
IPE 270	32	148,2 132,7	31	159,4 144,5	31	177,3 159,5	31	196,5 175,8	31	216,5 192,9	30	237,1 211,0	29	258,2 229,8
IPE 300	34	190,1 168,0	33	198,7 179,6	33	216,4 195,6	33	238,2 213,8	33	260,9 233,1	32	284,4 253,4	32	308,6 274,7
IPE 330	37	241,9 210,9	36	247,9 222,5	35	263,2 238,5	35	287,0 258,6	35	312,7 280,3	35	339,4 303,0	34	366,8 326,8
IPE 360	40	306,4 263,6	38	309,6 275,2	38	322,2 291,3	37	345,3 312,4	37	374,3 336,7	37	404,5 362,2	37	435,7 388,9
IPE 400	43	395,8 334,4	41	395,0 345,6	40	403,6 361,5	39	422,4 382,3	39	452,1 408,3	39	486,2 436,7	39	521,4 466,5
IPE 450	47	522,0 431,8	44	516,0 442,5	42	519,3 457,8	41	532,6 478,1	41	556,9 503,5	41	592,4 534,3	41	632,3 567,6
IPE 500	51	683,6 555,1	48	671,9 565,3	45	669,8 580,3	44	677,9 600,5	43	696,8 626,0	43	727,3 656,9	43	769,9 693,5
IPE 550	56	875,6 700,6	51	857,9 710,2	49	849,9 724,8	47	852,2 744,7	46	865,4 769,9	45	890,3 800,8	45	927,5 837,5
IPE 600	61	1113,5 879,7	56	1088,9 888,7	53	1074,5 903,0	51	1070,7 922,7	49	1078,1 948,1	49	1097,2 979,2	48	1128,9 1016,3

**TABLA 6 - Hormigón: C25/30 Acero estructural: Fe430 Perfil: IPE**

$h_c$ cm	12		15		18		21		24		27		30	
Perfil	$b$ cm	$M_{el,Rd}$ kN·m	$b$ cm	$M_{el,Rd}$ kN·m	$b$ cm	$M_{el,Rd}$ kN·m	$b$ cm	$M_{el,Rd}$ kN·m	$b$ cm	$M_{el,Rd}$ kN·m	$b$ cm	$M_{el,Rd}$ kN·m	$b$ cm	$M_{el,Rd}$ kN·m
IPE 80	35	20,9 19,2	32	25,6 23,6	29	30,5 28,2	27	35,4 32,9	25	40,3 37,6	23	45,3 42,4	22	50,4 47,2
IPE 100	40	29,0 26,5	37	35,2 32,3	35	41,6 38,3	32	48,1 44,4	30	54,6 50,7	28	61,3 57,0	27	68,0 63,4
IPE 120	45	38,5 35,2	42	46,2 42,3	40	54,2 49,7	38	62,3 57,4	35	70,6 65,2	33	79,0 73,1	32	87,4 81,2
IPE 140	50	49,7 45,4	47	59,0 53,9	45	68,7 62,9	43	78,6 72,1	40	88,7 81,6	38	98,9 91,3	37	109,3 101,1
IPE 160	54	63,4 57,9	52	74,5 68,0	50	86,0 78,7	48	97,9 89,7	46	110,1 101,1	44	122,4 112,7	42	135,0 124,5
IPE 180	58	78,7 71,9	57	91,5 83,6	54	104,9 95,8	52	118,7 108,6	50	132,9 121,8	48	147,3 135,3	46	162,0 149,1
IPE 200	63	97,7 89,5	62	112,6 102,8	60	128,2 117,1	58	144,4 132,0	56	161,0 147,3	54	177,9 163,1	52	195,2 179,2
IPE 220	68	119,4 109,7	67	136,4 124,8	65	154,3 141,0	63	172,9 158,0	61	192,0 175,6	59	211,6 193,8	57	231,5 212,3
IPE 240	73	145,8 134,4	72	165,3 151,4	71	185,8 169,9	69	207,1 189,3	67	229,1 209,5	65	251,7 230,3	63	274,6 251,6
IPE 270	77	181,7 168,2	76	203,9 187,3	75	227,3 208,0	73	251,6 230,0	72	276,8 253,0	70	302,7 276,7	68	329,1 301,1
IPE 300	81	225,4 209,5	81	250,7 231,1	80	277,4 254,3	78	305,3 279,2	77	334,1 305,3	75	363,7 332,4	74	394,1 360,2
IPE 330	86	278,1 259,0	86	305,9 283,0	85	336,2 309,0	84	367,9 336,8	83	400,7 366,3	81	434,4 397,0	79	469,0 428,6
IPE 360	92	344,2 319,8	91	372,2 345,4	91	406,5 374,7	90	442,5 405,9	89	479,8 439,0	87	518,2 473,7	86	557,6 509,6
IPE 400	98	435,4 401,2	96	458,5 426,7	95	496,9 459,5	95	537,5 494,4	94	579,8 531,2	93	623,4 570,1	92	668,2 610,5
IPE 450	105	564,2 513,1	100	580,1 538,0	99	616,5 572,1	99	662,7 611,4	98	710,7 652,7	98	760,3 696,1	97	811,3 741,5
IPE 500	114	730,2 654,9	108	739,6 679,8	105	768,7 713,9	105	818,6 757,5	105	873,5 804,4	104	930,3 853,4	103	988,7 904,6
IPE 550	124	927,7 821,8	116	930,3 846,7	112	952,0 880,6	110	996,3 924,9	110	1057,9 977,3	110	1121,9 1032,0	109	1187,8 1089,1
IPE 600	136	1172,9 1027,1	126	1168,3 1052,3	120	1182,9 1086,7	117	1219,5 1131,3	117	1281,2 1187,2	117	1353,6 1248,8	116	1428,1 1312,7



**TABLA 7 - Hormigón: C30/37 Acero estructural: Fe430 Perfil: IPE**

$h_c$ cm	12		15		18		21		24		27		30	
Perfil	$b$ cm	$M_{el,Rd}$ kN·m	$b$ cm	$M_{el,Rd}$ kN·m	$b$ cm	$M_{el,Rd}$ kN·m	$b$ cm	$M_{el,Rd}$ kN·m	$b$ cm	$M_{el,Rd}$ kN·m	$b$ cm	$M_{el,Rd}$ kN·m	$b$ cm	$M_{el,Rd}$ kN·m
IPE 80	26	20,4 18,5	24	25,0 22,9	22	29,8 27,4	20	34,7 32,0	19	39,6 36,6	17	44,5 41,3	16	49,5 46,0
IPE 100	30	28,3 25,6	28	34,4 31,3	26	40,6 37,1	24	47,0 43,1	23	53,5 49,2	21	60,1 55,4	20	66,7 61,7
IPE 120	33	37,5 34,0	32	45,1 40,9	30	52,9 48,1	28	60,9 55,6	27	69,1 63,2	25	77,3 71,0	24	85,7 78,9
IPE 140	37	48,4 43,8	35	57,5 52,1	33	67,0 60,8	32	76,7 69,8	30	86,6 79,0	29	96,7 88,5	27	107,0 98,1
IPE 160	40	61,7 55,9	39	72,5 65,7	37	83,8 76,0	36	95,5 86,7	34	107,5 97,8	33	119,6 109,1	31	132,0 120,7
IPE 180	43	76,5 69,5	42	89,0 80,6	40	102,1 92,5	39	115,7 104,9	37	129,6 117,7	36	143,8 130,9	35	158,3 144,4
IPE 200	47	95,0 86,5	46	109,5 99,3	44	124,8 113,0	43	140,6 127,4	41	156,9 142,3	40	173,6 157,7	39	190,5 173,4
IPE 220	50	116,1 106,2	49	132,7 120,5	48	150,2 136,1	47	168,4 152,5	45	187,1 169,6	44	206,3 187,2	42	225,9 205,3
IPE 240	54	141,8 130,2	53	160,8 146,4	52	180,8 164,0	51	201,6 182,7	50	223,2 202,2	48	245,2 222,4	47	267,8 243,1
IPE 270	56	176,8 163,2	56	198,3 181,4	55	221,1 201,0	54	244,9 222,0	53	269,5 244,2	52	294,8 267,1	50	320,7 290,8
IPE 300	59	221,0 204,0	59	243,9 223,9	59	269,8 246,1	58	297,0 269,7	57	325,1 294,7	56	354,1 320,8	55	383,8 347,8
IPE 330	63	276,3 253,7	63	297,7 274,4	62	327,1 299,2	62	357,8 325,7	61	389,8 353,7	60	422,8 383,2	59	456,6 413,7
IPE 360	69	345,3 314,7	67	363,4 335,6	66	395,5 363,1	66	430,4 392,9	65	466,7 424,3	65	504,2 457,3	64	542,7 491,8
IPE 400	73	440,6 396,5	70	453,6 417,1	70	483,4 445,5	69	522,8 478,8	69	563,9 513,9	68	606,3 550,8	68	650,0 589,3
IPE 450	79	575,2 509,0	75	581,7 529,0	73	604,2 556,6	72	644,5 592,4	72	691,1 631,8	72	739,3 673,1	71	788,9 716,2
IPE 500	86	748,1 651,3	81	748,3 671,3	78	764,2 698,9	77	798,1 734,9	76	849,3 778,9	76	904,4 825,7	76	961,2 874,4
IPE 550	94	953,6 819,0	87	947,1 838,8	83	956,1 866,3	81	982,7 902,1	80	1029,1 947,0	80	1090,7 999,1	80	1154,6 1053,5
IPE 600	103	1208,5 1025,3	95	1194,7 1045,2	90	1196,7 1072,9	87	1216,2 1109,0	86	1255,2 1154,3	85	1316,1 1209,5	85	1388,3 1270,6

**TABLA 8 - Hormigón: C35/45 Acero estructural: Fe430 Perfil: IPE**

$h_c$ cm	12		15		18		21		24		27		30	
Perfil	$b$ cm	$M_{el,Rd}$ kN·m	$b$ cm	$M_{el,Rd}$ kN·m	$b$ cm	$M_{el,Rd}$ kN·m	$b$ cm	$M_{el,Rd}$ kN·m	$b$ cm	$M_{el,Rd}$ kN·m	$b$ cm	$M_{el,Rd}$ kN·m	$b$ cm	$M_{el,Rd}$ kN·m
IPE 80	20	19,9 18,0	19	24,5 22,3	17	29,3 26,7	16	34,1 31,2	15	38,9 35,8	14	43,8 40,4	13	48,7 45,0
IPE 100	23	27,7 24,9	22	33,6 30,4	20	39,8 36,1	19	46,1 42,0	18	52,6 48,0	17	59,0 54,1	16	65,6 60,3
IPE 120	26	36,6 32,9	25	44,1 39,7	23	51,8 46,7	22	59,7 54,1	21	67,7 61,6	20	75,9 69,2	19	84,2 77,0
IPE 140	29	47,2 42,5	27	56,2 50,5	26	65,5 59,0	25	75,1 67,8	24	84,9 76,9	23	94,9 86,1	22	105,0 95,6
IPE 160	31	60,2 54,2	30	70,8 63,7	29	81,9 73,7	28	93,4 84,2	27	105,2 95,0	26	117,2 106,1	25	129,4 117,4
IPE 180	33	74,7 67,5	33	86,9 78,2	32	99,8 89,7	30	113,1 101,8	29	126,8 114,3	28	140,8 127,2	27	155,1 140,4
IPE 200	36	92,7 84,1	35	106,9 96,3	34	121,8 109,5	33	137,4 123,5	32	153,4 138,1	31	169,8 153,1	30	186,5 168,5
IPE 220	38	113,3 103,3	38	129,5 117,0	37	146,6 132,0	36	164,4 147,9	35	182,9 164,5	34	201,7 181,7	33	221,0 199,3
IPE 240	41	138,4 126,7	41	156,9 142,3	40	176,5 159,1	40	196,9 177,2	39	218,0 196,1	38	239,7 215,8	37	261,9 236,0
IPE 270	43	174,0 159,5	43	193,6 176,4	43	215,8 195,3	42	239,0 215,4	41	263,1 236,8	40	288,0 259,1	39	313,4 282,1
IPE 300	46	220,2 200,5	45	238,1 217,9	45	263,3 239,2	45	289,8 261,9	44	317,4 285,9	43	345,8 311,1	43	374,9 337,3
IPE 330	50	277,5 250,4	48	292,2 267,8	48	319,2 291,1	48	349,2 316,5	47	380,4 343,4	47	412,7 371,6	46	445,9 401,2
IPE 360	54	349,0 311,6	52	360,4 329,2	51	386,1 353,4	51	420,1 382,0	51	455,5 412,1	50	492,1 443,8	49	529,9 477,0
IPE 400	58	448,0 393,8	55	454,5 411,0	54	474,9 434,9	54	510,2 465,7	53	550,2 499,5	53	591,7 534,9	52	634,4 571,9
IPE 450	62	587,5 506,8	58	587,9 523,5	56	601,7 546,7	56	630,7 577,1	56	674,2 614,3	55	721,2 654,0	55	769,7 695,4
IPE 500	68	766,5 649,7	63	760,6 666,2	61	768,1 689,4	59	790,4 719,8	59	829,3 757,8	59	882,2 802,5	59	937,5 849,4
IPE 550	74	979,3 818,3	68	966,5 834,4	65	967,3 857,4	63	982,8 887,6	62	1014,5 925,4	62	1064,1 971,5	62	1126,2 1023,8
IPE 600	82	1243,0 1025,7	75	1222,8 1041,6	71	1216,4 1064,6	68	1224,9 1094,9	66	1249,7 1133,2	66	1292,2 1179,7	65	1354,2 1235,2

**TABLA 9 - Hormigón: C25/30 Acero estructural: Fe360 Perfil: IPN**

$h_c$ cm	12		15		18		21		24		27		30	
Perfil	$b$ cm	$M_{el,Rd}$ kN-m	$b$ cm	$M_{el,Rd}$ kN-m	$b$ cm	$M_{el,Rd}$ kN-m	$b$ cm	$M_{el,Rd}$ kN-m	$b$ cm	$M_{el,Rd}$ kN-m	$b$ cm	$M_{el,Rd}$ kN-m	$b$ cm	$M_{el,Rd}$ kN-m
IPN 80	26	17,2	24	21,1	22	25,2	20	29,3	19	33,4	17	37,6	16	41,8
		15,6		19,3		23,1		26,9		30,9		34,8		38,8
IPN 100	31	24,7	29	30,0	27	35,5	25	41,2	24	46,8	22	52,6	21	58,4
		22,3		27,3		32,4		37,7		43,0		48,5		54,0
IPN 120	36	34,1	34	41,1	32	48,3	30	55,6	29	63,1	27	70,7	26	78,4
		30,8		37,2		43,8		50,7		57,7		64,8		72,0
IPN 140	41	45,6	39	54,2	37	63,3	36	72,5	34	82,0	32	91,6	31	101,4
		41,1		49,0		57,2		65,8		74,6		83,6		92,8
IPN 160	46	58,9	44	69,5	42	80,4	41	91,7	39	103,3	37	115,1	36	127,1
		53,2		62,6		72,6		83,0		93,8		104,7		115,9
IPN 180	50	75,0	49	87,5	47	100,6	46	114,2	44	128,1	42	142,2	41	156,6
		67,8		78,9		90,8		103,2		116,0		129,1		142,5
IPN 200	55	93,6	54	108,2	52	123,6	51	139,5	49	155,9	47	172,7	46	189,7
		84,8		97,6		111,4		125,9		140,9		156,4		172,2
IPN 220	59	115,0	58	131,9	57	149,7	56	168,1	54	187,2	52	206,6	51	226,5
		104,6		119,2		135,0		151,7		169,0		186,8		205,2
IPN 240	63	139,3	63	158,5	62	178,8	60	199,8	59	221,6	57	243,9	56	266,7
		127,1		143,6		161,3		180,2		199,9		220,3		241,2
IPN 260	68	167,4	67	189,2	67	212,2	65	236,2	64	260,9	62	286,4	61	312,4
		153,1		171,7		191,6		212,9		235,3		258,4		282,2
IPN 280	72	199,2	72	223,1	71	249,0	70	275,9	69	303,8	67	332,5	66	361,8
		182,4		202,9		225,2		248,9		273,9		299,8		326,5
IPN 300	77	235,2	76	259,9	75	288,6	75	318,6	73	349,7	72	381,6	70	414,4
		215,0		236,9		261,5		287,6		315,1		344,0		373,7
IPN 320	81	277,5	80	301,4	80	333,2	79	366,4	78	400,9	77	436,4	75	472,8
		252,5		275,4		302,4		331,1		361,4		393,2		426,1
IPN 340	86	324,7	84	346,5	84	381,1	83	417,7	83	455,5	81	494,6	80	534,7
		293,7		317,1		346,5		377,9		410,9		445,6		481,7
IPN 360	92	381,0	89	400,7	89	437,0	89	477,2	88	519,0	87	562,1	85	606,4
		342,4		366,4		398,0		432,4		468,6		506,6		546,2
IPN 380	97	440,5	94	457,7	93	493,6	93	537,3	92	582,7	91	629,6	90	677,8
		393,1		417,4		450,4		487,6		526,7		567,7		610,5
IPN 400	103	508,9	99	523,6	97	557,6	97	605,0	97	654,5	96	705,6	95	758,1
		450,9		475,8		509,5		549,9		592,3		636,7		683,0
IPN 450	118	710,6	112	718,3	109	745,5	108	794,9	108	854,6	107	916,4	106	980,0
		618,9		644,8		679,9		725,2		776,0		829,0		884,2
IPN 500	135	966,3	126	966,2	121	986,0	119	1028,6	119	1095,1	119	1168,7	118	1244,6
		827,9		855,0		891,7		939,1		997,5		1060,2		1125,4
IPN 550	151	1267,3	139	1258,0	133	1269,2	129	1303,1	128	1362,6	128	1445,5	127	1532,9
		1071,8		1099,2		1136,8		1185,1		1245,3		1316,3		1390,8
IPN 600	171	1650,5	157	1631,3	148	1633,3	143	1658,9	141	1710,6	140	1791,4	140	1893,1
		1376,3		1405,1		1444,6		1495,4		1558,5		1634,9		1721,3

**TABLA 10 - Hormigón: C30/37 Acero estructural: Fe360 Perfil: IPN**

$h_c$ cm	12		15		18		21		24		27		30	
Perfil	$b$ cm	$M_{el,Rd}$ kN-m	$b$ cm	$M_{el,Rd}$ kN-m	$b$ cm	$M_{el,Rd}$ kN-m	$b$ cm	$M_{el,Rd}$ kN-m	$b$ cm	$M_{el,Rd}$ kN-m	$b$ cm	$M_{el,Rd}$ kN-m	$b$ cm	$M_{el,Rd}$ kN-m
IPN 80	19	16,7 15,0	18	20,6 18,6	16	24,6 22,3	15	28,6 26,1	14	32,7 30,0	13	36,8 33,9	12	41,0 37,8
IPN 100	23	24,0 21,5	22	29,2 26,3	20	34,6 31,3	19	40,2 36,4	18	45,8 41,7	17	51,5 47,0	16	57,2 52,4
IPN 120	27	33,1 29,6	25	39,9 35,7	24	47,0 42,2	23	54,2 48,9	22	61,6 55,7	20	69,0 62,7	19	76,6 69,8
IPN 140	30	44,1 39,5	29	52,6 47,0	28	61,5 55,1	27	70,6 63,4	25	79,9 72,0	24	89,4 80,8	23	99,0 89,7
IPN 160	34	57,1 51,1	33	67,3 60,2	32	78,1 69,8	30	89,2 79,9	29	100,5 90,3	28	112,1 101,0	27	123,9 111,9
IPN 180	37	72,6 65,3	36	84,8 75,8	35	97,6 87,2	34	110,8 99,2	33	124,5 111,6	32	138,4 124,4	30	152,6 137,4
IPN 200	40	90,6 81,7	40	104,8 93,9	39	119,8 107,0	38	135,4 121,0	36	151,4 135,5	35	167,8 150,5	34	184,6 165,8
IPN 220	43	111,3 100,8	43	127,7 114,7	42	145,0 129,7	41	163,0 145,7	40	181,6 162,4	39	200,7 179,7	38	220,2 197,5
IPN 240	46	135,0 122,6	46	153,5 138,2	45	173,1 155,1	45	193,7 173,1	44	214,9 192,1	43	236,8 211,7	41	259,1 232,0
IPN 260	50	163,7 148,3	49	183,1 165,3	49	205,4 184,3	48	228,8 204,6	47	253,0 225,9	46	277,8 248,3	45	303,3 271,3
IPN 280	53	197,0 177,6	53	216,0 195,5	52	241,0 216,7	52	267,2 239,2	51	294,4 263,0	50	322,4 287,9	49	351,1 313,7
IPN 300	57	234,7 210,1	55	251,9 228,4	55	279,3 251,6	55	308,5 276,5	54	338,7 302,7	53	369,9 330,2	52	401,9 358,9
IPN 320	60	278,8 247,6	59	294,0 266,2	58	322,5 291,1	58	354,7 318,5	58	388,2 347,3	57	422,8 377,6	56	458,3 409,1
IPN 340	64	328,1 288,9	62	341,2 307,9	61	368,8 333,7	61	404,2 363,6	61	441,0 395,0	60	479,0 428,0	59	518,1 462,4
IPN 360	69	386,8 337,6	66	397,7 357,0	65	423,4 383,5	65	461,8 416,1	64	502,3 450,6	64	544,3 486,7	63	587,4 524,4
IPN 380	73	448,9 388,4	69	457,2 408,1	68	480,6 435,0	68	519,9 469,3	67	563,9 506,6	67	609,5 545,6	66	656,4 586,3
IPN 400	77	520,2 446,3	73	526,0 466,4	71	547,1 493,8	71	585,4 529,3	71	633,3 569,7	70	682,9 612,0	70	733,9 656,1
IPN 450	89	730,5 614,6	83	729,1 635,4	80	743,5 664,0	79	775,5 701,0	79	826,8 746,8	78	886,6 797,4	78	948,3 850,0
IPN 500	101	997,3 824,3	94	987,5 845,8	90	994,4 875,6	88	1019,4 914,2	87	1064,4 962,3	87	1130,4 1020,0	86	1203,9 1082,1
IPN 550	113	1311,5 1069,6	104	1292,2 1091,0	99	1290,1 1121,1	96	1306,6 1160,4	94	1343,3 1209,5	93	1402,1 1268,8	93	1482,9 1338,3
IPN 600	129	1711,3 1375,4	117	1681,2 1397,5	111	1669,4 1428,9	107	1677,1 1470,1	104	1705,9 1521,5	103	1757,3 1583,7	102	1833,4 1657,4

**TABLA 11 - Hormigón: C35/45 Acero estructural: Fe360 Perfil: IPN**

$h_c$ cm	12		15		18		21		24		27		30	
Perfil	$b$ cm	$M_{el,Rd}$ kN.m	$b$ cm	$M_{el,Rd}$ kN.m	$b$ cm	$M_{el,Rd}$ kN.m	$b$ cm	$M_{el,Rd}$ kN.m	$b$ cm	$M_{el,Rd}$ kN.m	$b$ cm	$M_{el,Rd}$ kN.m	$b$ cm	$M_{el,Rd}$ kN.m
IPN 80	15	16,3 14,5	14	20,1 18,0	13	24,1 21,7	12	28,1 25,4	11	32,1 29,2	10	36,2 33,0	10	40,3 36,9
IPN 100	18	23,4 20,7	17	28,5 25,4	16	33,9 30,3	15	39,3 35,3	14	44,8 40,5	13	50,5 45,7	12	56,1 51,0
IPN 120	21	32,2 28,6	20	38,9 34,6	19	45,8 40,8	18	53,0 47,4	17	60,2 54,1	16	67,6 60,9	15	75,1 67,9
IPN 140	24	42,9 38,1	23	51,3 45,4	22	59,9 53,2	21	68,9 61,4	20	78,1 69,8	19	87,4 78,4	18	96,9 87,1
IPN 160	26	55,5 49,4	25	65,5 58,1	25	76,0 67,5	24	86,9 77,3	23	98,1 87,4	22	109,5 97,9	21	121,1 108,5
IPN 180	29	70,6 63,1	28	82,5 73,3	27	95,0 84,2	27	108,0 95,8	26	121,4 107,9	25	135,1 120,4	24	149,0 133,1
IPN 200	31	88,0 79,0	31	101,9 90,7	30	116,5 103,4	29	131,8 116,8	29	147,6 131,0	28	163,7 145,5	27	180,2 160,5
IPN 220	33	108,5 97,7	33	124,1 110,9	33	141,0 125,3	32	158,7 140,7	31	176,9 156,9	31	195,6 173,7	30	214,8 191,0
IPN 240	36	133,1 119,4	36	149,1 133,7	35	168,3 149,9	35	188,4 167,2	34	209,2 185,5	33	230,6 204,6	32	252,5 224,3
IPN 260	39	162,8 145,1	38	177,9 160,0	38	199,7 178,2	37	222,5 197,7	37	246,1 218,2	36	270,5 239,7	35	295,5 262,1
IPN 280	41	197,4 174,4	40	210,9 189,6	40	234,2 209,6	40	259,7 231,2	40	286,3 254,1	39	313,7 278,0	38	341,9 303,0
IPN 300	44	236,6 207,0	43	248,2 222,4	43	271,4 243,4	42	299,7 267,3	42	329,3 292,5	41	359,8 318,9	41	391,1 346,5
IPN 320	47	282,3 244,5	46	291,9 260,3	45	313,5 281,8	45	344,6 307,9	45	377,3 335,6	44	411,1 364,7	43	445,8 395,0
IPN 340	50	333,5 285,9	48	340,9 301,9	47	360,5 323,8	47	392,7 351,6	47	428,5 381,8	47	465,6 413,5	46	503,8 446,6
IPN 360	54	394,3 334,6	51	399,4 351,0	50	417,1 373,5	50	448,6 402,4	50	488,0 435,6	49	528,9 470,3	49	571,1 506,5
IPN 380	57	458,7 385,6	54	461,3 402,1	53	476,6 424,9	52	505,9 454,3	52	547,8 489,8	52	592,2 527,3	51	638,0 566,4
IPN 400	60	532,7 443,6	57	532,6 460,4	56	545,5 483,6	55	572,7 513,7	55	615,1 550,9	54	663,4 591,5	54	713,2 633,8
IPN 450	69	750,9 612,6	65	743,2 629,7	63	749,3 653,8	61	770,2 685,1	61	807,2 724,1	60	861,0 770,9	60	921,1 821,4
IPN 500	79	1027,7 823,2	74	1011,2 840,5	70	1009,3 865,3	68	1023,0 898,0	67	1053,5 938,8	67	1102,0 988,1	67	1169,1 1046,0
IPN 550	89	1353,9 1070,1	82	1327,3 1086,9	77	1316,1 1111,6	75	1321,2 1144,6	73	1343,5 1186,1	72	1384,2 1236,4	72	1444,4 1296,1
IPN 600	100	1768,8 1377,6	92	1730,9 1394,4	87	1709,3 1419,8	83	1704,9 1454,1	81	1718,8 1497,5	80	1751,9 1550,2	79	1805,3 1612,8

TABLA 12 - Hormigón: C25/30 Acero estructural: Fe430 Perfil: IPN

$h_c$ cm	12		15		18		21		24		27		30	
Perfil	$b$ cm	$M_{el,Rd}$ kN-m	$b$ cm	$M_{el,Rd}$ kN-m	$b$ cm	$M_{el,Rd}$ kN-m	$b$ cm	$M_{el,Rd}$ kN-m	$b$ cm	$M_{el,Rd}$ kN-m	$b$ cm	$M_{el,Rd}$ kN-m	$b$ cm	$M_{el,Rd}$ kN-m
IPN 80	34	20,7 19,0	31	25,4 23,4	29	30,2 27,9	27	35,1 32,6	25	40,0 37,3	23	45,0 42,0	21	50,0 46,8
IPN 100	41	29,8 27,2	38	36,2 33,2	36	42,7 39,3	33	49,4 45,7	31	56,2 52,1	29	63,0 58,6	28	69,9 65,2
IPN 120	49	41,2 37,6	46	49,5 45,3	43	58,1 53,3	40	66,9 61,6	38	75,8 70,0	36	84,8 78,5	34	94,0 87,2
IPN 140	55	55,1 50,2	53	65,5 59,8	50	76,3 69,8	47	87,4 80,1	45	98,6 90,7	43	110,1 101,5	41	121,7 112,5
IPN 160	62	71,3 65,0	59	83,9 76,5	57	97,1 88,7	54	110,6 101,2	52	124,4 114,1	49	138,5 127,3	47	152,7 140,7
IPN 180	68	90,8 82,8	66	105,8 96,4	64	121,5 110,9	61	137,8 125,9	59	154,4 141,3	56	171,3 157,1	54	188,5 173,3
IPN 200	74	113,3 103,4	73	130,9 119,3	70	149,4 136,2	68	168,5 153,7	65	188,1 171,9	63	208,1 190,5	61	228,5 209,6
IPN 220	81	139,2 127,4	79	159,7 145,5	77	181,0 164,9	75	203,2 185,2	72	226,0 206,3	70	249,3 227,9	68	273,0 250,0
IPN 240	86	168,6 154,7	85	191,9 175,1	83	216,3 197,1	81	241,6 220,2	79	267,7 244,2	76	294,4 268,8	74	321,6 294,1
IPN 260	93	202,6 186,3	92	229,1 209,3	90	256,8 234,0	88	285,7 260,2	86	315,4 287,5	84	345,9 315,5	81	377,0 344,3
IPN 280	99	240,5 221,7	98	270,2 247,3	96	301,4 274,8	95	333,9 304,1	92	367,4 334,7	90	401,8 366,3	88	437,0 398,7
IPN 300	104	281,8 260,2	104	314,8 288,5	102	349,5 318,9	101	385,7 351,3	99	423,1 385,2	97	461,5 420,3	94	500,7 456,4
IPN 320	110	328,8 304,2	110	365,1 335,3	109	403,6 368,7	107	443,7 404,2	105	485,2 441,8	103	527,9 480,6	101	571,5 520,7
IPN 340	116	381,4 352,5	115	419,3 385,8	115	461,7 422,3	113	505,8 461,1	112	551,5 502,1	110	598,5 544,8	108	646,6 588,8
IPN 360	123	444,4 409,5	122	482,7 444,8	121	529,3 484,9	120	578,1 527,4	119	628,5 572,3	117	680,4 619,3	115	733,6 667,8
IPN 380	130	510,8 468,9	127	547,1 505,1	127	597,9 548,5	126	650,9 594,5	125	705,8 643,0	123	762,3 693,8	121	820,3 746,5
IPN 400	137	587,4 536,5	134	620,7 573,5	133	675,3 620,5	132	733,0 670,3	131	792,8 722,7	130	854,5 777,8	128	917,7 835,0
IPN 450	156	812,9 732,9	149	837,9 771,4	148	893,3 823,8	147	963,1 883,5	146	1035,5 946,2	145	1110,2 1011,8	144	1186,9 1080,2
IPN 500	178	1099,2 977,1	167	1115,2 1017,6	163	1161,9 1072,3	163	1240,6 1141,6	162	1327,0 1215,8	161	1416,2 1293,1	160	1507,9 1373,7
IPN 550	198	1435,7 1261,4	184	1441,4 1302,8	177	1477,5 1358,7	175	1549,4 1430,8	175	1648,5 1515,7	174	1751,4 1604,2	173	1857,3 1696,1
IPN 600	224	1864,7 1617,0	206	1859,4 1660,9	197	1885,4 1719,7	192	1947,4 1795,2	191	2050,4 1889,1	191	2170,6 1992,1	190	2294,4 2098,8

TABLA 13 - Hormigón: C30/37 Acero estructural: Fe430 Perfil: IPN

$h_c$ cm	12		15		18		21		24		27		30	
Perfil	$b$ cm	$M_{el,Rd}$ kN·m	$b$ cm	$M_{el,Rd}$ kN·m	$b$ cm	$M_{el,Rd}$ kN·m	$b$ cm	$M_{el,Rd}$ kN·m	$b$ cm	$M_{el,Rd}$ kN·m	$b$ cm	$M_{el,Rd}$ kN·m	$b$ cm	$M_{el,Rd}$ kN·m
IPN 80	26	20,2 18,3	24	24,8 22,7	22	29,6 27,1	20	34,4 31,7	18	39,2 36,3	17	44,1 40,9	16	49,1 45,6
IPN 100	31	29,0 26,3	29	35,3 32,1	27	41,8 38,1	25	48,3 44,3	23	55,0 50,6	22	61,8 57,0	21	68,6 63,4
IPN 120	36	40,1 36,3	34	48,3 43,8	32	56,7 51,6	30	65,4 59,6	29	74,1 67,9	27	83,1 76,2	26	92,1 84,7
IPN 140	41	53,6 48,4	39	63,8 57,7	37	74,4 67,4	35	85,3 77,5	34	96,4 87,9	32	107,7 98,4	31	119,1 109,2
IPN 160	46	69,3 62,7	44	81,7 73,8	42	94,6 85,6	40	107,8 97,8	39	121,4 110,4	37	135,3 123,3	35	149,3 136,4
IPN 180	50	88,2 79,9	49	102,9 93,0	47	118,3 106,9	45	134,2 121,5	44	150,5 136,5	42	167,2 152,0	40	184,1 167,7
IPN 200	55	110,1 99,9	54	127,3 115,0	52	145,3 131,3	50	164,1 148,3	49	183,3 166,0	47	203,0 184,1	45	223,0 202,7
IPN 220	59	135,3 123,1	58	155,2 140,4	57	176,0 159,0	55	197,7 178,6	54	220,1 199,0	52	242,9 220,0	50	266,2 241,6
IPN 240	63	163,8 149,6	63	186,4 169,0	61	210,3 190,0	60	235,0 212,3	58	260,6 235,5	57	286,8 259,4	55	313,5 284,0
IPN 260	68	196,9 180,3	67	222,5 202,1	66	249,6 225,7	65	277,8 250,8	64	306,9 277,1	62	336,8 304,4	60	367,3 332,3
IPN 280	72	233,9 214,6	72	262,5 238,9	71	292,8 265,2	70	324,5 293,1	68	357,3 322,6	67	391,0 353,1	65	425,5 384,6
IPN 300	76	275,8 252,7	76	305,7 278,9	75	339,5 307,9	74	374,8 338,7	73	411,3 371,2	72	448,8 405,2	70	487,3 440,1
IPN 320	81	324,9 296,6	80	354,6 324,2	80	392,0 356,1	79	431,1 389,9	78	471,6 425,7	76	513,3 463,2	75	556,0 501,9
IPN 340	86	379,8 344,9	84	407,4 373,2	84	448,4 408,0	83	491,3 445,0	82	535,9 484,0	81	581,8 524,9	80	628,8 567,4
IPN 360	92	445,2 401,8	89	470,3 430,9	89	514,1 468,6	88	561,4 509,2	87	610,6 551,9	86	661,2 596,7	85	713,2 643,5
IPN 380	97	514,3 461,2	93	536,4 490,6	93	580,6 530,2	92	632,1 574,1	92	685,5 620,3	91	740,6 668,7	89	797,3 719,2
IPN 400	103	593,8 528,8	98	613,1 558,9	97	655,8 599,8	97	711,8 647,4	96	770,0 697,5	95	830,0 749,8	94	891,8 804,5
IPN 450	117	828,2 725,3	111	839,3 756,7	108	874,1 799,3	108	935,1 853,9	107	1005,4 913,8	107	1078,1 976,3	106	1152,8 1041,4
IPN 500	134	1125,5 969,8	125	1127,4 1002,7	121	1153,6 1047,2	119	1207,5 1104,7	119	1288,4 1174,5	118	1375,0 1248,5	118	1464,2 1325,3
IPN 550	149	1475,3 1255,0	138	1466,6 1288,4	132	1482,6 1333,9	129	1526,3 1392,5	128	1601,4 1465,5	128	1700,6 1549,9	127	1803,4 1637,7
IPN 600	169	1920,7 1611,2	155	1900,5 1646,3	147	1906,0 1694,2	142	1939,9 1755,8	140	2005,8 1832,2	140	2107,3 1924,9	139	2227,2 2026,9

**TABLA 14 - Hormigón: C35/45 Acero estructural: Fe430 Perfil: IPN**

$h_c$ cm	12		15		18		21		24		27		30	
Perfil	$b$ cm	$M_{el,Rd}$ kN·m	$b$ cm	$M_{el,Rd}$ kN·m	$b$ cm	$M_{el,Rd}$ kN·m	$b$ cm	$M_{el,Rd}$ kN·m	$b$ cm	$M_{el,Rd}$ kN·m	$b$ cm	$M_{el,Rd}$ kN·m	$b$ cm	$M_{el,Rd}$ kN·m
IPN 80	20	19,8 17,8	19	24,3 22,1	17	29,0 26,4	16	33,8 30,9	15	38,6 35,5	14	43,4 40,0	13	48,3 44,7
IPN 100	24	28,4 25,5	23	34,6 31,2	21	40,9 37,1	20	47,4 43,1	18	54,0 49,3	17	60,7 55,6	16	67,5 62,0
IPN 120	28	39,2 35,2	27	47,2 42,4	25	55,5 50,1	24	64,0 58,0	22	72,7 66,1	21	81,5 74,3	20	90,4 82,6
IPN 140	32	52,3 46,9	31	62,3 55,9	29	72,7 65,4	28	83,4 75,3	26	94,4 85,4	25	105,6 95,8	24	116,8 106,3
IPN 160	35	67,6 60,7	34	79,7 71,5	33	92,4 82,9	32	105,5 94,9	30	118,8 107,2	29	132,5 119,8	28	146,3 132,7
IPN 180	39	86,0 77,5	38	100,4 90,1	37	115,5 103,6	36	131,2 117,8	34	147,2 132,5	33	163,6 147,6	32	180,3 163,0
IPN 200	42	107,3 96,9	42	124,1 111,5	41	141,8 127,1	39	160,2 143,7	38	179,1 160,9	37	198,5 178,6	36	218,2 196,8
IPN 220	46	131,9 119,6	45	151,3 136,1	44	171,7 154,0	43	193,0 173,0	42	215,0 192,9	41	237,5 213,4	39	260,4 234,4
IPN 240	49	159,7 145,3	48	181,8 164,0	48	205,1 184,1	47	229,3 205,6	46	254,4 228,1	44	280,2 251,5	43	306,5 275,5
IPN 260	52	192,6 175,4	52	216,9 196,2	51	243,3 218,8	51	270,9 243,0	50	299,5 268,4	48	328,9 294,9	47	358,9 322,2
IPN 280	56	231,0 209,7	55	255,8 232,0	55	285,5 257,2	54	316,5 284,1	53	348,6 312,4	52	381,7 342,1	51	415,5 372,7
IPN 300	59	274,4 247,8	58	298,0 270,8	58	330,9 298,7	58	365,4 328,3	57	401,1 359,6	56	438,0 392,4	55	475,7 426,3
IPN 320	63	325,2 291,6	62	346,4 315,2	62	382,0 345,5	61	420,2 378,1	60	459,8 412,5	59	500,7 448,5	58	542,6 486,1
IPN 340	67	382,0 340,0	65	400,7 363,9	65	437,0 396,0	64	478,8 431,6	64	522,4 469,1	63	567,3 508,4	62	613,5 549,4
IPN 360	72	449,7 396,9	69	465,8 421,5	68	501,0 454,9	68	547,1 494,0	68	595,1 535,1	67	644,7 578,1	66	695,7 623,0
IPN 380	76	521,1 456,3	73	534,4 481,2	71	566,8 515,2	71	615,9 557,0	71	668,1 601,5	70	722,0 648,0	69	777,4 696,5
IPN 400	81	603,3 524,0	77	613,6 549,4	75	643,3 584,1	75	693,6 628,3	74	750,3 676,4	74	809,0 726,8	73	869,4 779,3
IPN 450	92	845,6 720,8	87	847,6 747,2	84	869,5 783,3	83	913,7 829,9	83	979,6 886,5	82	1050,4 946,7	82	1123,5 1009,4
IPN 500	106	1152,9 965,8	98	1145,3 993,2	94	1158,5 1031,0	92	1194,6 1079,7	91	1256,2 1140,2	91	1339,5 1211,0	91	1426,5 1285,0
IPN 550	118	1514,7 1252,2	109	1496,2 1279,7	103	1499,0 1318,0	100	1525,2 1367,7	99	1577,0 1429,5	98	1657,1 1504,3	98	1757,0 1588,8
IPN 600	134	1975,1 1609,4	122	1944,4 1638,0	116	1936,2 1678,1	111	1952,3 1730,2	109	1994,9 1795,1	108	2066,4 1873,5	107	2169,6 1966,4