



Lo que sigue es una aproximación al predimensionado de plantas de hormigón de edificios cuya estructura sea razonablemente ordenada y con vigas planas

CANTO DE LA PLANTA

El canto de una planta de hormigón se determina por rigidez, que es distinta para forjados y vigas planas.

Esbeltez S/h del forjado

(‘S’ = luz del forjado; ‘h’ = canto total)

Los forjados se calculan como vigas continuas. Hay tres tipos de vano: aislado, extremo e interior. Los posibles voladizos se entiende que no son críticos y se ajustarán al canto general.

La luz del forjado ‘S’ es la distancia entre las líneas que unen los ejes de los soportes en los que apoya la viga que recibe al forjado. Para $S < 7\text{m}$ y sobrecarga $Q < 4\text{kN/m}^2$ la esbeltez (λ_{ini}) se obtiene con esta tabla:

Tipo de forjado	armado		pretensado	
	tabiq	cerram	tabiq	cerram
tramo aislado	17	16	19	18
tramo extremo	21	20	23	22
tramo interior	24	23	26	25

Para valores superiores de S y/o Q la esbeltez (λ_{fin}) se ajusta a partir del valor (λ_{ini}) anterior, mediante la expresión:

$$\lambda_{fin} = (7/(G+Q))^{1/2} \cdot (6/S)^{1/4} \cdot \lambda_{ini}$$

donde (G+Q) es la carga total en servicio y S la luz (kN/m² y m).

Esbeltez L/h de las vigas

Las vigas son menos rígidas que el forjado luego conviene que sean menos esbeltas. Es habitual bajar dos unidades a lo obtenido del forjado -si 23 el uno, 21 las otras-.

Si los soportes son poco rígidos o claramente más estrechos que la viga o metálicos, el modelo anterior de viga continua, empleado para el forjado, es aceptable; pero cuanto mayor sea la rigidez de los soportes o más parecido su ancho al de la viga, más se acercarán todos los tramos de viga al tipo *interior*, sea cual sea su situación en el pórtico, siendo razonable una interpolación.

Ajuste del canto de la planta

Aplicar lo anterior a cada tramo viga y forjado, a cada caso extremo o interior y a cada luz, produce un abanico de cantos que debe reducirse a un valor común para toda la planta y que no tiene ni debe ser el mayor de todos, sino el más representativo.

Se elige así un canto general de planta y los elementos que podrían haber tenido menos canto quedarán con armadura holgada, mientras que los que han quedado escasos se deberán armar más de lo estrictamente necesario para reducir la deformación derivada de usar una esbeltez mayor.

Para aumentar la rigidez de los forjados que demanden más canto del que se haya dispuesto debe saberse que con doble vigueta se aumenta la rigidez de su vano un 20% y colocándolas a ritmo de doble/sencilla, un 10%.

En vigas, y siempre sin superar tampoco ese 20% de posible déficit, la rigidez y la armadura

inferior del vano pueden relacionarse así:

$$A_{s_{real}} = A_{s_{estricta}} \cdot (h_{necesario} / h_{elegido})^2$$

[‘As...’ es la sección de la armadura inferior]

O sea, cuando llegue el momento de calcular el armado, una vez determinado el necesario o estricto en positivos se colocará más armadura abajo según la relación anterior.

Esbeltez de las losas

Las losas son más rígidas que los forjados, y su canto lógicamente no diferencia entre forjado y vigas, pudiendo utilizarse una esbeltez dos unidades mayor que en forjados.

PESO DE LA PLANTA

Conocido el canto, se determina el peso de la planta, que es función del peso propio, la carga permanente y la sobrecarga. Lo que sigue obtiene unos valores similares a los de la normativa.

Peso propio

En el peso de estas estructuras planas no se distingue entre las zonas de forjados y las de vigas sino que se usa un valor promedio para la planta.

El peso propio supone el 40-50% del peso total y varía con el canto y con la proporción entre las zonas donde sólo hay viguetas y las zonas donde sólo hay hormigón.

En cuanto a la repercusión del canto en el peso resultan los siguientes valores, en kN/m² estando h en metros:

P. propio zona de viguetas 6·h + 1,5
P. propio zona de vigas y macizados 25·h

Una proporción de ocupación en planta de hormigón / viguetas = 1/5, no está lejos de lo frecuente, y, además, para proporciones entre 1/4 y 1/8 el error de considerar lo obtenido con 1:5 es inferior al 5%. Por tanto, de los pesos y proporciones anteriores resulta:

canto forjado (cm) 18 22 26

valores parciales:

zona de forjado 2,58 2,82 3,06 kN/m²
 zona de macizado 4,50 5,50 6,50 kN/m²

peso propio de la planta para:

relación 1/5 2,90 3,27 3,63 kN/m²

Pesos permanentes y sobrecargas

Añadiendo al peso propio anterior el resto de cargas permanentes (de 0,8 a 1,4 kN/m² por solados, acabados inferiores e instalaciones) y las sobrecargas de tabiquería y uso, que para edificios habituales suman entre 3,0 a 5,0 kN/m², queda determinado el peso de la planta para el predimensionado.

ANCHO DE LAS VIGAS PLANAS

Conocidos canto, resta determinar el ancho de las vigas planas.

Momento resistido por la sección

La profundidad del bloque comprimido está limitada, por razones de fragilidad y deformación de los materiales, entre $0,10 < y/d < 0,50$. Si en vigas de canto se usa el valor medio 0,30, en vigas planas debe ser mayor, por su menor eficacia respecto de la de viga de canto y porque el número de cercos aumenta mucho con el ancho por razones constructivas, más allá de lo necesario resistir el

cortante. Un valor conveniente es $y=0,40d$ al que corresponde un brazo de palanca $z=0,80d$, lo que determina el momento resistido por la sección:

$$M_{\text{resistido}} = U \cdot z \quad U = 0,40d \cdot b \cdot f_{cd} \quad z = 0,8d \quad d = 0,8h$$

$$M_{\text{res}} = 0,32 b d^2 f_{cd} = 0,20 b h^2 f_{cd}$$

Momento sollicitación de la viga

Para determinar el ancho de las vigas hay que estimar un momento sollicitación y compararlo con el resistido para despejar el ancho 'b' entre ambos.

Se trata ahora de estimar un momento sollicitación que represente a los momentos máximos, obtenidos tras el cálculo, del tramo de viga que se predimensiona. Si fuera apoyado, momento estimado y calculado coincidirían: $(G+Q)S \cdot L^2/8$. Si fuera 'perfectamente empotrada', y se predimensionara con el momento máximo negativo $(G+Q)S \cdot L^2/12$, el ancho resulta grande, salvo en los extremos. Si se tomara el máximo positivo $(G+Q)S \cdot L^2/24$, resultarían los extremos excesivamente armados y posiblemente inconstruibles. El valor medio $(G+Q)S \cdot L^2/16$ es más adecuado, pero no deja holgura a desviaciones con los momentos que finalmente arroje el cálculo. Si se usa como referencia lo que ocurre con las envolventes (alternancias, etc) se observa que suelen llevar a un momento 'isostático' (suma de positivo y promedio de negativos) del orden de $(G+Q)S \cdot L^2/7$. Así pues, haciendo lo mismo aquí, o sea aumentando 8/7 el valor $(G+Q)S \cdot L^2/16$ resulta un momento de predimensionado de $(G+Q)S \cdot L^2/14$. Del mismo modo, con el tramo exterior se llega a $(G+Q)S \cdot L^2/10$. Otra opción [de Miguel] es disponer más ancho en los nudos, lo que llevaría a otros coeficientes y discriminando positivos de negativos.

$$M_{\text{solicitud}} = (G+Q)S \cdot L^2 / \alpha$$

$\alpha = [8, 10 \text{ ó } 14]$ según sea: aislado, extremo o interior

Proporción de las vigas

Para determinar el ancho se iguala el momento resistido y el momento sollicitación, resultando:

$$(G+Q)S \cdot L^2 / \alpha = M_{\text{solicitud}} = M_{\text{resistido}} = 0,2 b h^2 f_{cd}$$

y, colocando lo geométrico a un lado y lo mecánico al otro, queda definida la viga (desde Aroca, 1968).

$$SL^2/bh^2 = \lambda_b \cdot \lambda_h^2 = (0,24 \cdot \alpha) \cdot (f_{cd} / (G+Q)_d)$$

donde 'α' contiene el contorno y '0,2' la cuantía. Los valores de resistencia y carga deben ser homogéneos entre sí. Aquí se han reflejado los valores de cálculo.

Es conveniente mantener fija la anchura de todas las vigas a lo largo del pórtico para que la armadura de cada tramo entre o ancle fácilmente en los adyacentes, por lo que los distintos anchos que se vayan obteniendo para cada tramo deberán unificarse al más representativo. En este caso, una cierta reducción del ancho necesario no supone un notable sobredimensionado de la armadura, como resultó en el proceso de elección del canto, sino sólo un aumento de acero y de bloque comprimido relacionado con el menor brazo de palanca.

Para concretar cómo se mide este ancho, hay que ver la unión viga-vigueta. Ésta no entra en la jaula de armadura porque tropezarían con los redondos inferiores y con los cercos, por lo que debe existir un macizado fuera de los cercos en el que se conecten por adherencia las viguetas y la viga, habitualmente 10-15cm. De modo que el ancho calculado arriba es el total, o sea, el ocupado por la jaula de acero más los macizados. Mecánicamente, este macizado pertenece tanto a la viga como al forjado, sea en el cálculo a cortante (en vigas planas) como a flexión (si el hormigón está comprimido).