

# Estructuras II

Msc. Alejandro Velastegui C.

#### 6.4.- DISEÑO POR FLEXIÓN

En el numeral 5.1.3. se consignó la fórmula de la flexión (1.c), particularizada para vigas de sección rectangular, que será usada prescindiendo de problemas tales como el de pandeo lateral o vertical, que pueden presentarse en casos que abordaremos más adelante en el apartado de «Estabilidad», numeral 6.4.2.

##### 6.4.1.- PROBLEMA N°1

En la figura N° 17 se representa la planta de un local en el que se construirá un piso con estructura de madera y tablilla de eucalipto. Se indica también la dirección de envigado (según luz menor), que descansará sobre la viga AB que tiene 4,70 metros de luz libre, para esta se utilizará madera del Grupo B. En la misma figura se dibuja una sección transversal de la estructura indicada; como puede apreciarse, las vigas de piso, colocadas cada 60 centímetros, serán de aproximadamente 4,00 metros de longitud. Sobre ellas se colocarán tiras de 4 x 5 centímetros con espaciado de 45 centímetros, sobre las que irá clavada la tablilla de 2 centímetros de espesor. Vale indicar que esta es la forma del piso tradicional en Cuenca y su región, por lo que se espera que no existan vibraciones ni deflexiones excesivas, como lo ha comprobado la experiencia.

##### 6.4.1.1.- MARCHA DE CARGAS

Analicemos brevemente la marcha de cargas: la tablilla, salvando luces de 45 centímetros, recibe carga viva, a la que se suma su propio peso. Estas cargas, uniformemente repartidas, son recibidas por las tiras que salvan luces de 60 centímetros y transmiten su carga «puntual» a las vigas de 14 x 16 centímetros. Por último, estas también en forma «puntual», transmiten su carga a las paredes y viga AB. Refiriéndonos a la viga AB de 4,70 mts. de luz libre estará sujeta a la carga de su propio peso más la carga que, en forma puntual y con separaciones de 60 centímetros, recibe de la totalidad del piso. No obstante, dada su cercanía (60 centímetros), se puede tratar como si fuese carga uniformemente distribuida.

##### 6.4.1.2.- CÁLCULO DEL PESO PROPIO DEL PISO EN kg/m<sup>2</sup>

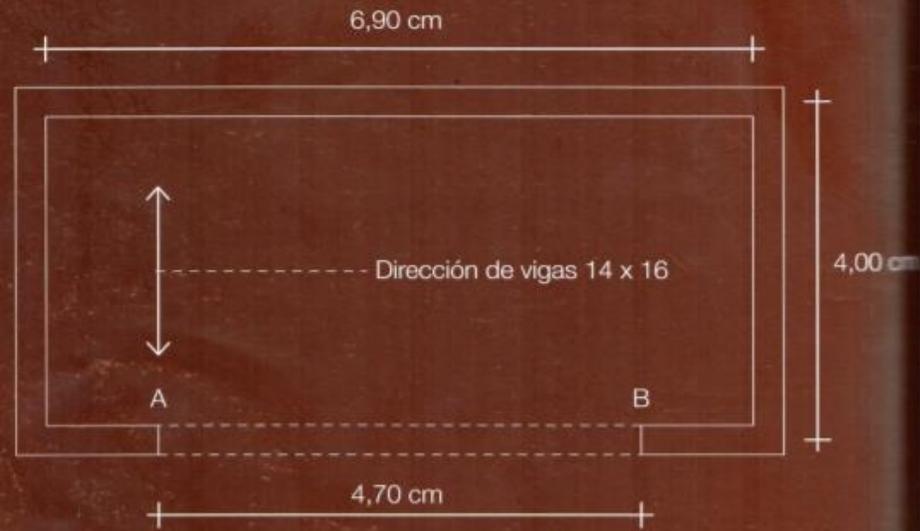
Esta será la suma de los pesos de tablilla, tira, vigas y carga viva que actúan en la superficie de un metro cuadrado. Para el cálculo del peso de la madera, tomaremos como peso unitario el valor de 800 kg/m<sup>3</sup>.

Tablilla:	$1,00 \times 1,00 \times 0,02 \times 800 = 16,0 \text{ kg/m}^2$
Tiras 4 x 5 c/45 cm:	$(1/0,45) \times 0,04 \times 0,05 \times 800 = 3,6 \text{ kg/m}^2$
Vigas 14 x 16 c/60cm:	$(1/0,60) \times 0,14 \times 0,16 \times 800 = 29,9 \text{ kg/m}^2$
<b>TOTAL</b>	<b>49,5 kg/m<sup>2</sup></b>

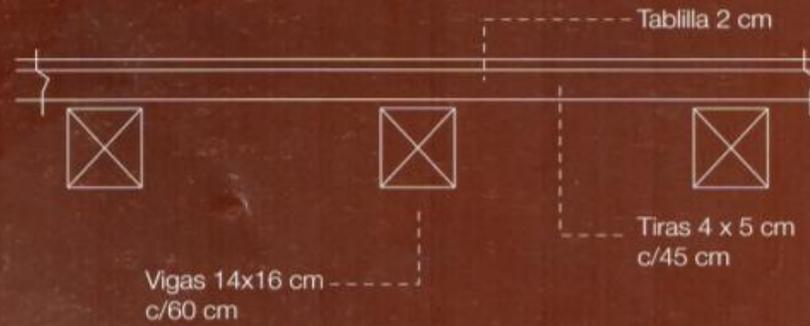
Aceptamos: Peso Propio = 50 kg/m<sup>2</sup> al que debemos sumar la carga viva que nos trae la Norma Ecuatoriana de la Construcción «NEC 11», para vivienda CV = 200 kg/m<sup>2</sup>

Peso Propio (única carga muerta) =	50 kg/m <sup>2</sup>
Carga Viva (vivienda) =	200kg/m <sup>2</sup>
<b>TOTAL</b>	<b>250 kg/m<sup>2</sup></b>

PROBLEMA No. 5. DISEÑO DE VIGA AB



PLANTA



SECCIÓN DEL PISO

### 6.4.1.3.- CÁLCULO DE CARGAS EN LA VIGA AB (kg/m)

Para el cálculo del peso propio de la viga debemos asumir alguna sección probable sin importar si se incurre en algún error; primero, porque su valor es bajo en comparación con el de la carga total y, segundo, porque podremos rectificarlo en el transcurso de la resolución. En este caso suponemos una viga de 20 x 25 centímetros:

Peso propio: $1,00 \times 0,20 \times 0,25 \times 800$	= 40kg/ml
Carga muerta: $50 \times 4,00/2$	= 100 kg/ml
Total carga muerta	= 140 kg/ml
Carga viva = $200 \times 4,00/2$	= 400 kg/ml
Total: Carga muerta + Carga Viva	= 540 kg/ml

#### Luz de Cálculo:

Para vigas no monolíticas con sus apoyos, se especifica que el valor de la luz de cálculo será el menor de los dos siguientes valores:

- a) Luz entre ejes
- b) Luz + altura de la viga

#### Primer Tanteo

En nuestro ejemplo, podemos suponer que la viga se apoyará por lo menos 30 centímetros a cada lado, en cuyo caso, el menor valor será el indicado en b):  $L = 470 + 25 = 495$  cm

Momento flector:  $M = q L^2/8 = 540 \times 4,95^2/8 = 1.654$  kgmt = 165.400 kg cm

Utilizando la fórmula de la flexión 5.1c individualizada para sección rectangular y adoptando un ancho  $b=20$ cm, tenemos:

$M/f = bh^2/6$  de donde:  $h^2 = 6 M/b \cdot fadm. = 6 \times 165.400/(20 \times 150) = 330,8$   $h = 18,18$

Adoptamos una viga de 20 x 20 centímetros.

En este punto conviene hacer la siguiente reflexión: cuando se trata de vigas de madera, el diseño generalmente no viene dado por resistencia sino por *condiciones de servicio* nos referimos en este caso a las deflexiones ' $\delta$ '; esto significa que una viga puede ser capaz de soportar con seguridad determinada carga pero su deflexión puede ser tan exagerada que la vuelva inservible ya sea por causar desnivelación del piso o excesivas vibraciones. Siendo así, es indispensable hacer su cálculo.

Si utilizamos madera del Grupo B tendremos los siguientes datos:

fadm por flexión = 150 kg/cm<sup>2</sup>

Módulo de Elasticidad: E<sub>mínimo</sub> = 75.000 kg/cm<sup>2</sup> (La viga AB no interactúa con otras)

Momento de inercia de la sección:  $I = 20 \times 20^3/12 = 13.333$  cm<sup>4</sup>

$\delta$  (por carga total) =  $5 q L^4/(384 E I) = 5 \times 5,40 \times 470^4 / (384 \times 75.000 \times 13.333) = 3,431$  cm

$\delta$  (por carga viva) =  $(400/540) \times 4,431 = 2,542$  cm

$\delta$  (por carga muerta) = 0,889 cm

### Flecha por carga diferida

Es sabido que la deflexión se incrementa con el tiempo y, al respecto, el *Manual de la Junta del Acuerdo de Cartagena* especifica que para obtener la flecha diferida producida por la carga permanente, debe multiplicarse por 1,8. En nuestro caso la flecha diferida sería:

$$\delta = 1,8 \times 0,889 + 2,542 = 4,142 \text{ cms.}$$

Los códigos de construcción traen valores máximos admisibles de deflexiones, no obstante, para aceptar tal o cual valor de flecha es necesario tomar en cuenta otras consideraciones, como el destino del local, por ejemplo. Si se tratase de una bodega, se podrían aceptar deflexiones mayores que las que indican los códigos, pero no si fuera una vivienda, pues en estas es importante el aspecto estético y la posibilidad de daños a otros elementos: rotura de cristales, atascamiento de puertas, etc.

En el Cuadro N° 1 se consignan los valores de flechas admisibles según el *Manual para maderas del grupo andino* para el caso de vigas con cielorrasos capaces de sufrir daños y para inexistencia de cielorrasos. En nuestro caso, si consideramos que no existen elementos constructivos susceptibles de sufrir daños, las deflexiones admisibles serían:

Para carga muerta + carga viva:  $\delta_{\text{máx.}} = L/250$

Para carga viva:  $\delta_{\text{máx.}} = L/350$

L debe ser, en esta ocasión, la luz libre

Los diferentes autores que tratan sobre este tema, dan mayor importancia a la deflexión que produce la carga viva, la razón para esto es que es la que causa daños. La flecha por carga muerta se produjo posiblemente al comienzo de la construcción y solo varía al aparecer la carga viva. Volviendo a nuestro caso, las flechas admisibles serían:

$$\bar{\delta} \text{ (carga muerta + carga viva)} = 470/250 = 1,88 \text{ centímetros} < 4,142 \text{ cm}$$

$$\bar{\delta} \text{ (carga viva)} = 470/350 = 1,34 \text{ centímetros} < 2,542 \text{ cm}$$

Por supuesto que la sección de 20 x 20 centímetros no satisface las exigencias de flecha máxima, por lo tanto, es necesario hacer un nuevo tanteo.

### Segundo Tanteo

Arbitrariamente consideramos una sección de 20x 28 centímetros y no haremos un recálculo de peso propio por las razones antes indicadas.

Con esta sección:  $I = 36.587 \text{ cm}^4$

$$\delta \text{ (CM + CV)} = 5 \times 5,4 \times 470^4 / (384 \times 75.000 \times 36.587) = 1,25 \text{ cm} < 1,88$$

$$\delta \text{ (CV)} = (400/540) 1,25 = 0,926 \text{ cm}$$

$$\delta \text{ (CM)} = 0,324 \text{ cm}$$

$$\text{Flecha diferida: } \delta = 1,8 \times 0,324 + 0,926 = 1,509 \text{ centímetros} > 1,34$$

Este resultado podemos aceptarlo pues la diferencia estimada es de:  $1,509 - 1,34 = 0,169$  centímetros (1,69 milímetros)

En ninguno de los dos tanteos se ha hecho la rectificación de la carga de peso propio, puesto que su valor es insignificante frente al de la carga total. Nótese que la diferencia de peso propio, en este problema, es apenas del orden del 1%. Por otra parte, el peso propio de la viga no representa el 10% de la carga total.