

Determinación de los coeficientes de rigidez a torsión de un sistema formado por losas y vigas

MANUEL VAZQUEZ FERNANDEZ (*)

RESUMEN. Probablemente los sistemas estructurales más utilizados en la industria de la construcción son los sistemas formados por losas unidas solidariamente a vigas. En este artículo se estudia un nuevo método para determinar los coeficientes de rigidez a torsión de los nodos situados en las vigas del sistema. La determinación de estos coeficientes de rigidez permitirá conocer mejor el comportamiento elástico de estos sistemas, en cuyo cálculo frecuentemente se prescinde de la rigidez a torsión de las vigas.

DETERMINATION OF THE TORSION RIGIDITY COEFFICIENTS IN SYSTEMS FORMED WITH SLABS AND BEAMS

ABSTRACT. Probably the most widely used structural systems in the construction industry, are those formed with slabs integrally joined to beams. This article investigates a new method for determining the torsion rigidity coefficients in nodes situated in the beams of such systems. The determining of these rigidity coefficients will increase our knowledge concerning the elastic behaviour of these systems, in which the determination of the torsion rigidity in the beams is frequently ignored.

1. INTRODUCCION

Al considerar los sistemas formados por losas y vigas, la mayoría de los autores e incluso las instrucciones oficiales recomiendan normas que, al prescindir de la torsión de las vigas, tienen la ventaja de simplificar los cálculos pero tienen el gran inconveniente de aumentar los márgenes de seguridad. Así, ya en 1957, R. Saliger (1) afirmaba que «las losas que se apoyan libremente sobre muros o entramados horizontales de vigas se calculan como vigas continuas». Y, más recientemente, A. Pérez (2) indica que «como la rigidez torsional de las vigas puede ser relativamente pequeña, el comportamiento de una losa se asemeja a una viga continua». Asimismo, las Instrucciones EF-88 y EH-91 (3) adoptan el criterio simplista de calcular los forjados suponiendo que están apoyados en las vigas para después dimensionarlos, considerando un momento negativo en el apoyo igual en valor absoluto al 25 % del momento positivo del vano.

En la monografía *Grados de empotramiento de las estructuras* (4), el autor de este artículo analizaba el comportamiento elástico de los sistemas losa-viga considerando la rigidez a torsión de las vigas. En el trabajo actual, tomando como base hipótesis similares, se desarrolla el procedimiento anterior determinándose los coeficientes de rigidez a torsión que permitirán, primero, construir la matriz de rigidez del sistema y, a continuación, hallar los giros de torsión de las vigas. A partir del conocimiento de estos giros de torsión es inmediato el determinar los momentos de extremo de las losas y los momentos torsores de las vigas y, en consecuencia, proceder a un más correcto dimensionamiento del sistema.

2. SISTEMA FORMADO POR TRES VIGAS

Sea un sistema formado por tres vigas empotradas en sus extremos y unidas entre sí mediante losas, y supongamos que sobre las secciones C_1 , C_2 y C_3 de las vigas actúan los pares torsores M_{C1} , M_{C2} y M_{C3} (Fig. 1). Considerando la torsión de las vigas y la flexión de las losas, se establecen las ecuaciones de equilibrio de las losas y de las vigas por unidad de longitud diferencial. Asimismo se igualan los giros de torsión de las vigas a los giros de flexión de los extremos de las losas contiguas. El resultado es un sistema de tres ecuaciones diferenciales de segundo orden para el intervalo $0 \leq y < y_c$.

(*) Doctor Ingeniero Aeronáutico. Catedrático de la EUT de Obras Públicas de Madrid.

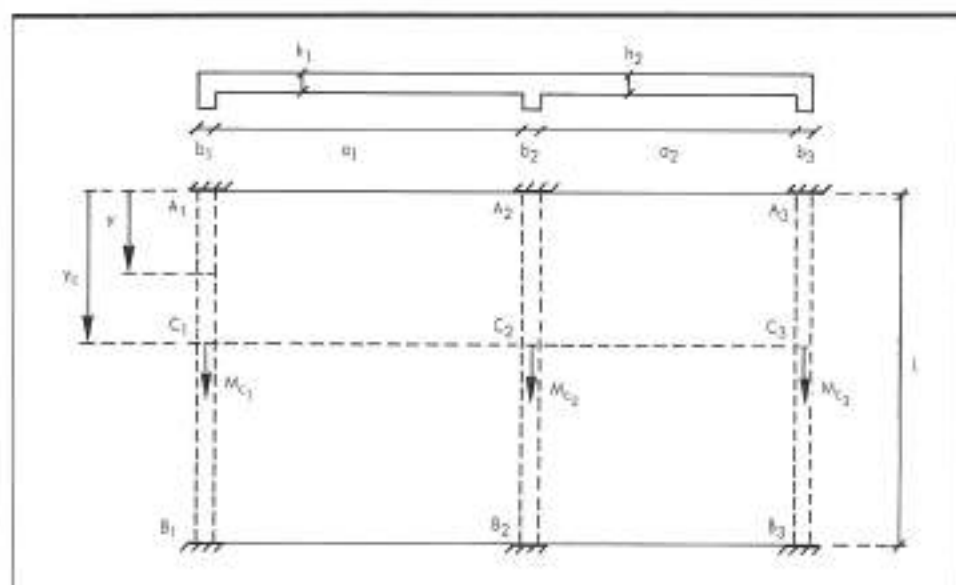


FIGURA 1.

$$\frac{\partial^2 M_{c1}}{\partial y^2} = \alpha_1 M_{c1} + \beta_1 M_{c3}$$

$$\frac{\partial^2 M_{c2}}{\partial y^2} = \beta_2 M_{c1} + \alpha_2 M_{c2} + \gamma_2 M_{c3}$$

$$\frac{\partial^2 M_{c3}}{\partial y^2} = \gamma_3 M_{c1} + \alpha_3 M_{c3}$$

donde

$$\alpha_1 = \left(\frac{2}{3} + \frac{b_1}{2a_1} \right) \frac{1}{\rho_1^2}, \quad \beta_1 = \left(\frac{1}{3} + \frac{b_1}{2a_1} \right) \frac{1}{\rho_2^2}$$

$$\beta_2 = \left(\frac{1}{3} + \frac{b_2}{2a_1} \right) \frac{1}{\rho_1^2}, \quad \alpha_2 = \left(\frac{2}{3} + \frac{b_2}{2a_1} \right) \frac{1}{\rho_2^2} + \left(\frac{2}{3} + \frac{b_2}{2a_2} \right) \frac{1}{\rho_3^2}, \quad \gamma_2 = \left(\frac{1}{3} + \frac{b_2}{2a_2} \right) \frac{1}{\rho_3^2}$$

$$\gamma_3 = \left(\frac{1}{3} + \frac{b_3}{2a_2} \right) \frac{1}{\rho_2^2}, \quad \alpha_3 = \left(\frac{2}{3} + \frac{b_3}{2a_2} \right) \frac{1}{\rho_3^2}$$

y

$$\frac{1}{\rho_1^2} = \frac{h_1^3}{I_{c1} a_1 (1 - \nu)}, \quad \frac{1}{\rho_2^2} = \frac{h_1^3}{I_{c2} a_1 (1 - \nu)}$$

$$\frac{1}{\rho_2^2} = \frac{h_2^3}{I_{c2} a_2 (1 - \nu)}, \quad \frac{1}{\rho_3^2} = \frac{h_2^3}{I_{c3} a_2 (1 - \nu)}$$

Para el intervalo $y_c < y \leq L$ se obtiene un sistema de ecuaciones análogo con los mismos coeficientes α , β y γ .

2.1. MOMENTOS TORSORES

Resolviendo los anteriores sistemas de ecuaciones se obtienen para el primer intervalo las siguientes expresiones de los momentos torsores:

$$\begin{aligned} M_{t1} &= \beta_1 \sum_{i=1}^{i=4} \frac{k_i}{\lambda_i^2 - \alpha_1} e^{\lambda_i y} \\ M_{t2} &= \sum_{i=1}^{i=4} k_i e^{\lambda_i y} \\ M_{t3} &= \gamma_3 \sum_{i=1}^{i=4} \frac{k_i}{\lambda_i^2 - \alpha_3} e^{\lambda_i y} \end{aligned} \quad [1]$$

siendo $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4, \lambda_5$ y λ_6 las raíces de la ecuación

$$\begin{vmatrix} \alpha_1 - \lambda^2 & \beta_1 & 0 \\ \beta_2 & \alpha_2 - \lambda^2 & \gamma_1 \\ 0 & \gamma_2 & \alpha_3 - \lambda^2 \end{vmatrix} = 0$$

y k_1, k_2, k_3, k_4, k_5 y k_6 las constantes de integración.

Los momentos torsores M_{t1}^* , M_{t2}^* y M_{t3}^* correspondientes al segundo intervalo tienen las mismas expresiones que [1], pero con las constantes de integración $k_1^*, k_2^*, k_3^*, k_4^*, k_5^*$ y k_6^* . Las 12 constantes de integración se determinarán utilizando las siguientes condiciones:

a) Al ser nulos los giros de flexión de los extremos de las losas en los 6 empotramientos de las vigas, serán nulos los momentos de extremo y las fuerzas cortantes de extremo de las losas y, en consecuencia

$$\left(\frac{\partial M_{t1}}{\partial y} \right)_{y=0} = \left(\frac{\partial M_{t2}}{\partial y} \right)_{y=0} = \left(\frac{\partial M_{t3}}{\partial y} \right)_{y=0} = 0 \quad [2.a]$$

$$\left(\frac{\partial M_{t1}^*}{\partial y} \right)_{y=L} = \left(\frac{\partial M_{t2}^*}{\partial y} \right)_{y=L} = \left(\frac{\partial M_{t3}^*}{\partial y} \right)_{y=L} = 0 \quad [2.b]$$

b) El equilibrio de momentos respecto al eje de cada viga de las tres rebanadas correspondientes a las secciones C.

c) La continuidad de los giros de torsión de las vigas en las secciones C.

2.2. COEFICIENTES DE RIGIDEZ A TORSION

Los giros de torsión en las secciones C se obtienen mediante las ecuaciones

$$\varphi_{C1} = \int_{y=0}^{y=L} \frac{M_{t1}}{G I_{t1}} dy, \quad \varphi_{C2} = \int_{y=0}^{y=L} \frac{M_{t2}}{G I_{t2}} dy, \quad \varphi_{C3} = \int_{y=0}^{y=L} \frac{M_{t3}}{G I_{t3}} dy$$

Haciendo $\varphi_{C1} = 0$, $\varphi_{C2} = 1$ y $\varphi_{C3} = 0$ se determinan los pares torsores aplicados y los pares torsores de empotramiento, que son los coeficientes de rigidez a torsión correspondientes a la sección C_2 .

3. PLANTEAMIENTO GENERAL

Comenzaremos dividiendo el sistema losa-viga en franjas de igual ancho que se cruzan en puntos de las vigas o *nodos*. Rodeando a un nodo j habrá, en el caso más general, 4 elementos de losas y 6 elementos de viga que constituyen el *elemento del sistema correspondiente al nodo j*, que incluye un total de 9 nodos. Se somete al elemento a un proceso de deformación consistente en hacer girar a torsión la viga un ángulo unidad en su nodo j , impidiendo el giro de los 8 nodos restantes. Ello exige aplicar unos pares torsores en los 9 nodos del elemento j que son los *coeficientes de rigidez a torsión del nodo j*.

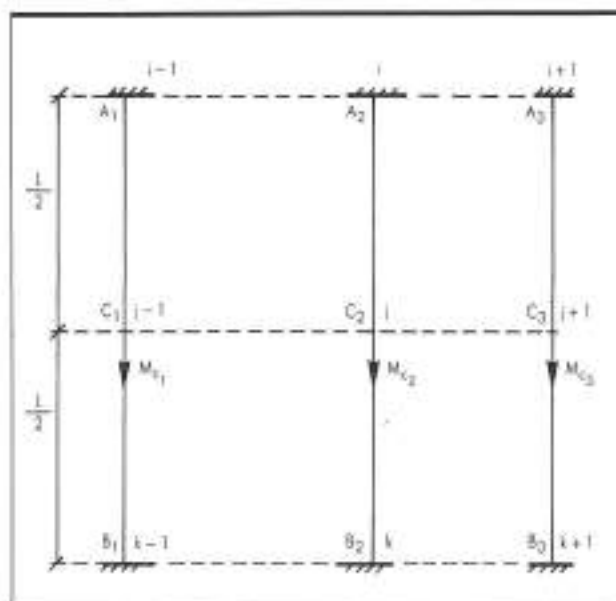


FIGURA 2.

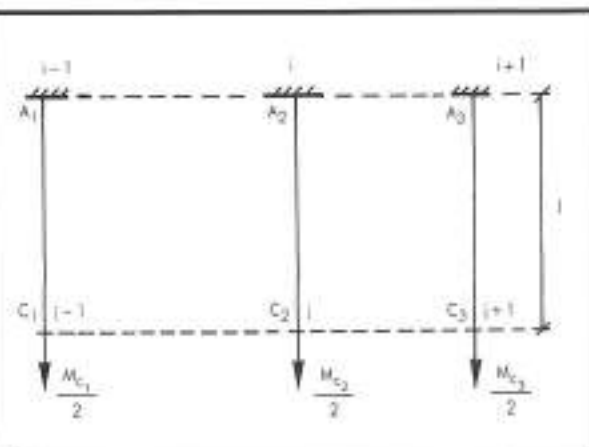


FIGURA 3.

Consideremos ahora el elemento del sistema correspondiente al nodo j (Fig. 2), cuyas vigas suponemos empotradas en los extremos A y B y sometidas a los pares torsores M_{C1} , M_{C2} , M_{C3} en las secciones centrales C. La simetría del sistema y la antisimetría de la carga, permite reducir el estudio a la mitad del sistema (Fig. 3).

Aplicando las ecuaciones [2.a] a las expresiones [1] de los momentos torsores, se obtiene

$$\begin{aligned} \beta_1 \frac{\lambda_1 k_1}{\lambda_1^2 - a_1} + \beta_1 \frac{\lambda_2 k_2}{\lambda_2^2 - a_1} + \beta_1 \frac{\lambda_3 k_3}{\lambda_3^2 - a_1} + \beta_1 \frac{\lambda_4 k_4}{\lambda_4^2 - a_1} + \beta_1 \frac{\lambda_5 k_5}{\lambda_5^2 - a_1} + \beta_1 \frac{\lambda_6 k_6}{\lambda_6^2 - a_1} &= 0 \\ \lambda_1 k_1 + \lambda_2 k_2 + \lambda_3 k_3 + \lambda_4 k_4 + \lambda_5 k_5 + \lambda_6 k_6 &= 0 \\ \gamma_1 \frac{\lambda_1 k_1}{\lambda_1^2 - a_4} + \gamma_2 \frac{\lambda_2 k_2}{\lambda_2^2 - a_5} + \gamma_3 \frac{\lambda_3 k_3}{\lambda_3^2 - a_6} + \gamma_3 \frac{\lambda_4 k_4}{\lambda_4^2 - a_2} + \gamma_3 \frac{\lambda_5 k_5}{\lambda_5^2 - a_3} + \gamma_3 \frac{\lambda_6 k_6}{\lambda_6^2 - a_4} &= 0 \end{aligned} \quad [3]$$

Los giros de torsión de las vigas en las secciones centrales C, se hallan mediante

$$\varphi_{C1} = \int_0^l \frac{M_{t1} dy}{G I_{t1}}, \quad \varphi_{C2} = \int_0^l \frac{M_{t2} dy}{G I_{t2}}, \quad \varphi_{C3} = \int_0^l \frac{M_{t3} dy}{G I_{t3}}$$

Haciendo $\varphi_{C1} = 0$, $\varphi_{C2} = 1$, $\varphi_{C3} = 0$, resulta

$$\begin{aligned} \frac{e^{\lambda_1 l} - 1}{\lambda_1 (\lambda_1^2 - a_1)} k_1 + \frac{e^{\lambda_2 l} - 1}{\lambda_2 (\lambda_2^2 - a_1)} k_2 + \frac{e^{\lambda_3 l} - 1}{\lambda_3 (\lambda_3^2 - a_1)} k_3 + \frac{e^{\lambda_4 l} - 1}{\lambda_4 (\lambda_4^2 - a_1)} k_4 + \frac{e^{\lambda_5 l} - 1}{\lambda_5 (\lambda_5^2 - a_1)} k_5 + \frac{e^{\lambda_6 l} - 1}{\lambda_6 (\lambda_6^2 - a_1)} k_6 &= 0 \\ \frac{1}{G I_{t2}} \left[\frac{e^{\lambda_1 l} - 1}{\lambda_1} k_1 + \frac{e^{\lambda_2 l} - 1}{\lambda_2} k_2 + \frac{e^{\lambda_3 l} - 1}{\lambda_3} k_3 + \frac{e^{\lambda_4 l} - 1}{\lambda_4} k_4 + \frac{e^{\lambda_5 l} - 1}{\lambda_5} k_5 + \frac{e^{\lambda_6 l} - 1}{\lambda_6} k_6 \right] &= 1 \end{aligned} \quad [4]$$

$$\frac{e^{\lambda_1 l} - 1}{\lambda_1 (\lambda_1^2 - a_4)} k_1 + \frac{e^{\lambda_2 l} - 1}{\lambda_2 (\lambda_2^2 - a_5)} k_2 + \frac{e^{\lambda_3 l} - 1}{\lambda_3 (\lambda_3^2 - a_6)} k_3 + \frac{e^{\lambda_4 l} - 1}{\lambda_4 (\lambda_4^2 - a_2)} k_4 + \frac{e^{\lambda_5 l} - 1}{\lambda_5 (\lambda_5^2 - a_3)} k_5 + \frac{e^{\lambda_6 l} - 1}{\lambda_6 (\lambda_6^2 - a_4)} k_6 = 0$$

Las ecuaciones [3] y [4] pueden expresarse en la forma matricial

$$\begin{bmatrix}
 \frac{\lambda_1}{\lambda_1^2 - a_1} & \frac{\lambda_2}{\lambda_2^2 - a_1} & \frac{\lambda_3}{\lambda_3^2 - a_1} & \frac{\lambda_4}{\lambda_4^2 - a_1} & \frac{\lambda_5}{\lambda_5^2 - a_1} & \frac{\lambda_6}{\lambda_6^2 - a_1} \\
 \lambda_1 & \lambda_2 & \lambda_3 & \lambda_4 & \lambda_5 & \lambda_6 \\
 \frac{\lambda_1}{\lambda_1^2 - a_2} & \frac{\lambda_2}{\lambda_2^2 - a_2} & \frac{\lambda_3}{\lambda_3^2 - a_2} & \frac{\lambda_4}{\lambda_4^2 - a_2} & \frac{\lambda_5}{\lambda_5^2 - a_2} & \frac{\lambda_6}{\lambda_6^2 - a_2} \\
 \frac{e^{i\lambda_1} - 1}{\lambda_1 (\lambda_1^2 - a_1)} & \frac{e^{i\lambda_2} - 1}{\lambda_2 (\lambda_2^2 - a_1)} & \frac{e^{i\lambda_3} - 1}{\lambda_3 (\lambda_3^2 - a_1)} & \frac{e^{i\lambda_4} - 1}{\lambda_4 (\lambda_4^2 - a_1)} & \frac{e^{i\lambda_5} - 1}{\lambda_5 (\lambda_5^2 - a_1)} & \frac{e^{i\lambda_6} - 1}{\lambda_6 (\lambda_6^2 - a_1)} \\
 \frac{e^{i\lambda_1} - 1}{G I_{t1} \lambda_1} & \frac{e^{i\lambda_2} - 1}{G I_{t2} \lambda_2} & \frac{e^{i\lambda_3} - 1}{G I_{t3} \lambda_3} & \frac{e^{i\lambda_4} - 1}{G I_{t4} \lambda_4} & \frac{e^{i\lambda_5} - 1}{G I_{t5} \lambda_5} & \frac{e^{i\lambda_6} - 1}{G I_{t6} \lambda_6} \\
 \frac{e^{i\lambda_1} - 1}{\lambda_1 (\lambda_1^2 - a_3)} & \frac{e^{i\lambda_2} - 1}{\lambda_2 (\lambda_2^2 - a_3)} & \frac{e^{i\lambda_3} - 1}{\lambda_3 (\lambda_3^2 - a_3)} & \frac{e^{i\lambda_4} - 1}{\lambda_4 (\lambda_4^2 - a_3)} & \frac{e^{i\lambda_5} - 1}{\lambda_5 (\lambda_5^2 - a_3)} & \frac{e^{i\lambda_6} - 1}{\lambda_6 (\lambda_6^2 - a_3)}
 \end{bmatrix}
 \begin{bmatrix}
 k_1 \\
 k_2 \\
 k_3 \\
 k_4 \\
 k_5 \\
 k_6
 \end{bmatrix}
 =
 \begin{bmatrix}
 0 \\
 0 \\
 0 \\
 0 \\
 1 \\
 0
 \end{bmatrix}
 \quad [5]$$

o sea

$$[L] [k] = [G] \quad [6]$$

siendo

$[L]$ la matriz de rigidez del elemento

y $[G]$ el vector de giros de torsión del elemento

$$[G] = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} \quad [7]$$

De la ecuación [6] se deduce

$$[k] = [L]^{-1} [G] \quad [8]$$

que determina las constantes k_1 , k_2 , k_3 , k_4 , k_5 y k_6 y, por tanto, los momentos torsores de las vigas.

4. COEFICIENTES DE RIGIDEZ A TORSION

Teniendo en cuenta que

$$(M_{t1})_{x=0} = \frac{M_{C1}}{2}, \quad (M_{t2})_{x=1} = \frac{M_{C2}}{2}, \quad (M_{t3})_{x=1} = \frac{M_{C3}}{2}$$

de las ecuaciones [1] se obtiene

$$\frac{2\beta_1 e^{i\lambda_1}}{\lambda_1^2 - a_1} k_1 + \frac{2\beta_1 e^{i\lambda_2}}{\lambda_2^2 - a_1} k_2 + \frac{2\beta_1 e^{i\lambda_3}}{\lambda_3^2 - a_1} k_3 + \frac{2\beta_1 e^{i\lambda_4}}{\lambda_4^2 - a_1} k_4 + \frac{2\beta_1 e^{i\lambda_5}}{\lambda_5^2 - a_1} k_5 + \frac{2\beta_1 e^{i\lambda_6}}{\lambda_6^2 - a_1} k_6 = M_{C1}$$

$$2e^{i,j} k_1 + 2e^{i,j} k_1 + 2e^{i,j} k_1 + 2e^{i,j} k_1 + 2e^{i,j} k_1 + 2e^{i,j} k_1 = M_{Cj}$$

$$\frac{2\gamma_1 e^{i,j}}{\lambda_1^2 - a_1} k_1 + \frac{2\gamma_2 e^{i,j}}{\lambda_2^2 - a_2} k_2 + \frac{2\gamma_3 e^{i,j}}{\lambda_3^2 - a_3} k_3 + \frac{2\gamma_4 e^{i,j}}{\lambda_4^2 - a_4} k_4 + \frac{2\gamma_5 e^{i,j}}{\lambda_5^2 - a_5} k_5 + \frac{2\gamma_6 e^{i,j}}{\lambda_6^2 - a_6} k_6 = M_{Cj}$$

o sea

$$[M_C] = [C] [k] = [C] [L]^{-1} [G] \quad [9]$$

siendo

$$[C] = \begin{bmatrix} \frac{2\beta_1 e^{i,j}}{\lambda_1^2 - a_1} & \frac{2\beta_1 e^{i,j}}{\lambda_1^2 - a_1} & \frac{2\beta_1 e^{i,j}}{\lambda_1^2 - a_1} & \frac{2\beta_1 e^{i,j}}{\lambda_1^2 - a_1} & \frac{2\beta_1 e^{i,j}}{\lambda_1^2 - a_1} & \frac{2\beta_1 e^{i,j}}{\lambda_1^2 - a_1} \\ 2e^{i,j} & 2e^{i,j} & 2e^{i,j} & 2e^{i,j} & 2e^{i,j} & 2e^{i,j} \\ \frac{2\gamma_1 e^{i,j}}{\lambda_1^2 - a_1} & \frac{2\gamma_2 e^{i,j}}{\lambda_2^2 - a_2} & \frac{2\gamma_3 e^{i,j}}{\lambda_3^2 - a_3} & \frac{2\gamma_4 e^{i,j}}{\lambda_4^2 - a_4} & \frac{2\gamma_5 e^{i,j}}{\lambda_5^2 - a_5} & \frac{2\gamma_6 e^{i,j}}{\lambda_6^2 - a_6} \end{bmatrix} \quad [10]$$

Puesto que

$$(M_{Cj})_{j=0} = M_{A1}, \quad (M_{Cj})_{j=1} = M_{A2}, \quad (M_{Cj})_{j=6} = M_{A6}$$

resulta que

$$[M_A] = [A] [k] = [A] [L]^{-1} [G] \quad [11]$$

siendo

$$[A] = \begin{bmatrix} \frac{\beta_1}{\lambda_1^2 - a_1} & \frac{\beta_1}{\lambda_2^2 - a_2} & \frac{\beta_1}{\lambda_3^2 - a_3} & \frac{\beta_1}{\lambda_4^2 - a_4} & \frac{\beta_1}{\lambda_5^2 - a_5} & \frac{\beta_1}{\lambda_6^2 - a_6} \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ \frac{\gamma_1}{\lambda_1^2 - a_1} & \frac{\gamma_2}{\lambda_2^2 - a_2} & \frac{\gamma_3}{\lambda_3^2 - a_3} & \frac{\gamma_4}{\lambda_4^2 - a_4} & \frac{\gamma_5}{\lambda_5^2 - a_5} & \frac{\gamma_6}{\lambda_6^2 - a_6} \end{bmatrix} \quad [12]$$

La determinación de los vectores $[M_C]$ y $[M_A]$ equivale a la determinación de los coeficientes de rigidez a torsión, ya que

$$[M_C] = \begin{bmatrix} k_{j-1,j} \\ k_{j,j} \\ k_{j+1,j} \end{bmatrix} \quad \text{y} \quad [M_A] = \begin{bmatrix} k_{i-1,i} \\ k_{i,i} \\ k_{i+1,i} \end{bmatrix} \quad [13]$$

5. CONCLUSIONES

Los coeficientes de rigidez a torsión de un nodo definen su submatriz. Ensamblando los submatrices correspondientes a todos los nodos hallaremos la *matriz de rigidez del sistema* $[K]$, que determina la ecuación matricial

$$[M] = [K] [\Phi] \quad [14]$$

donde $[\Phi]$, es el *vector de giros de torsión del sistema* y $[M]$ el *vector de cargas aplicadas*, formado por los pares torsores aplicados en los nodos, que obtendremos suponiendo, en una primera etapa, que las losas están empotradas en sus extremos en unas vigas que no giran a torsión.

La ecuación [14] determina los giros de torsión de las vigas en los nodos, iguales a los giros de flexión de los extremos de las losas contiguas. El conocimiento de estos giros de flexión permite calcular los momentos de extremo de las losas y estudiar su variación a lo largo de las vigas. También se podrán hallar los momentos torsores de las

vigas, solicitaciones que son generalmente ignoradas a pesar de ser tan mal absorbidas por las vigas de hormigón armado.

En resumen, con este método se pretende mejorar el conocimiento del comportamiento elástico de los sistemas losa-viga, al determinar de un modo cuantitativo las variaciones reales de los momentos de extremo de las losas y de los momentos torsores de las vigas. En consecuencia, se podrán disminuir los márgenes de seguridad con el consiguiente beneficio técnico y económico que ello supone.

REFERENCIAS

1. SALIGER, R. *Hormigón armado* (1957).
2. PAEZ, A. *Hormigón armado* (1986).
3. *Instrucciones EF-88 y EH-91*
4. VAZQUEZ, M., y LOPEZ, E. *Grados de empotramiento de las estructuras*. Monografía del Instituto Eduardo Torroja (1981).

Normas para la presentación de artículos técnicos en la revista INGENIERIA CIVIL

1. Los artículos técnicos que se propongan para ser publicados en *Ingeniería Civil* se deberán ajustar a las presentes normas.
Han de ser inéditos y versar sobre alguna de las materias habituales de esta revista.
2. Las colaboraciones deben dirigirse al Comité de Redacción de Ingeniería Civil, CEDEX, Centro de Estudios de Técnicas Aplicadas, Calle Alfonso XII, 3, 28014 Madrid (España), el cual examinará los trabajos presentados, procediendo bien a su aceptación o a la devolución a sus autores, señalando en este caso posibles modificaciones o su rechazo total.
3. Los originales deben presentarse mecanografiados a doble espacio, paginados en hojas de tamaño UNE-A4 y escritos por una única cara.
Se recomienda una extensión total de originales entre 10 y 20 páginas.
4. Los gráficos, figuras o fotos han de ir numerados y señalados con la palabra FIGURA. Los cuadros y tablas se numerarán independientemente de las figuras y se señalarán con la palabra TABLA. Todos ellos han de presentarse por separado del texto principal, pero su posición en el mismo debe señalarse en el margen.
5. Las figuras o tablas habrán de ser originales debidamente delineadas, las fotografías o diapositivas se presentarán también en original y en la mayor calidad posible. Todas ellas deberán ir acompañadas de su correspondiente pie mecanografiado.
6. Todas las figuras o tablas deben ser definitivas, por lo que su ortografía y lenguaje han de ser correctos. Las dimensiones de las figuras o tablas deben plantearse de manera que abarquen todo el espacio del texto o el de una columna, de forma que el tamaño de los rótulos o leyendas de las mismas, si es preciso reducirlos, sea legible.
7. Las referencias bibliográficas citadas en el texto se recogerán al final del mismo, en un apartado titulado BIBLIOGRAFIA, irán catalogadas según la normativa vigente (ISO 30, Identificación Bibliográfica de Publicaciones Seriadas).
8. Los títulos han de ser concisos y deben reflejar exactamente el contenido del trabajo.
9. Los autores indicarán su nombre y sus dos apellidos, el Número de su Documento Nacional de Identidad, Organismo o empresa a que pertenezcan, dirección y teléfono, el cargo y sus titulaciones.
10. Todo artículo debe acompañarse, en su comienzo de un resumen analítico de extensión entre 100 y 200 palabras, que recoja de una manera sucinta los objetivos, resultados y conclusiones del artículo, y señale especialmente la información novedosa del mismo.

FLYGT

ALQUILADA



¡Alquile una bomba sumergible Flygt!

Economía:

Comprar una bomba para un trabajo eventual o transitorio puede ser una inversión poco rentable. Simplemente alquilela, y pague sólo el tiempo que la utilice.

Disponibilidad:

Usted puede conseguir, **cerca y con toda rapidez**, el equipo de bombeo que necesite.

Servicio:

Detrás del equipo de bombeo que Ud. alquila, está la Organización Técnica TFB, que atiende más de 25.000 instalaciones en España y que le asegura su permanente funcionamiento.

Garantía:

FLYGT tiene la gama de bombas sumergibles más extensa del mundo, y la Red de Servicio TFB es la más completa y eficaz en todo el territorio nacional.

FLYGT es en España:

TFB

TECNICAS DE FILTRACION Y BOMBEO, S.A.

MADRID. Tel. (91) 533 35 08* - **BARCELONA.** Tel. (93) 232 47 61* - **BILBAO.** Tel. (94) 453 01 94

VALENCIA. Tel. (96) 152 32 40 - **SEVILLA.** Tel. (95) 467 30 00

BURGOS. (947) 22 22 22 - **GRANADA.** (958) 20 77 27 - **HUELVA.** (955) 23 12 28 - **HUESCA.** (974) 22 59 16 - **LA CORUÑA.** (981) 27 39 12 -
LAS PALMAS DE GRAN CANARIA. (928) 46 20 30 - **LEON.** (967) 25 23 75 - **MÉRIDA.** (924) 30 17 57 - **OVIEDO.** (98) 579 71 51 - **PALMA DE MALLORCA.** (971) 20 21 01 - **SALAMANCA.** (923) 26 13 57 - **SAN SEBASTIAN.** (943) 37 07 86 - **SANTANDER.** (942) 34 76 49 - **VIGO.** (986) 27 15 07 -
ZARAGOZA. (976) 44 28 78

VENTA • ALQUILER • SERVICIO

LAMINAS IMPERMEABILIZANTES DE PVC FLEXIBLE

Producto que posibilita soluciones espectaculares.
Soluciones tangibles concretadas en obras ya realizadas.

Porque:

- 1 Son de duración equivalente a la vida de la obra.
- 2 Su peso, flexibilidad y adaptabilidad cierran un completo arco de posibilidades de aplicación.
- 3 Su soldadura es perfecta, estable y de duración igual a la de la vida de la lámina.
- 4 Adaptable a todos los sistemas de fijación existentes.
- 5 Pueden ir vistas o protegidas.
- 6 Sesenta distribuidores/aplicadores oficiales repartidos por toda la geografía española, garantizan una correcta aplicación.
- 7 Gabinete internacional del Grupo Solvay para asesoría en todo tipo de proyectos.



Túneles de Albertville: La lámina, en sábanas, se suspende del arco del túnel, soldándola a discos de PVC fuertemente fijados y suspendidos del techo. Las sábanas se sellan entre sí, solapándose. Un ulterior gunitado amolda la lámina al primer gálibo del túnel, formando el arco visto definitivo.



Factoría de Ensidesa: 80.000 m² sobre cubierta de plancha metálica galvanizada, aislada. Fijación mecánica de todo el conjunto. Lámina de 1,5 mm armada con políester gris, vista.



Vall d'Heu de Anoeta: Rehabilitación definitiva, sin levantar la cubierta. Superficie curva y con gran pendiente. Lámina de 1,2 mm, armada con políester gris, vista. Fijación mecánica.



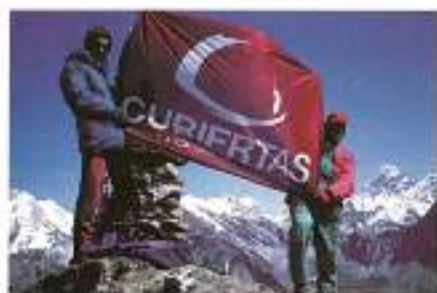
Embalse de Valle Molina: 80.000 m² de superficie. El mayor impermeabilizado en España. Lámina de 1,5 mm sin armar. Anclajes perimetrales cada 15 metros. (Taludes de 45 m de anchura).

SOLVAY LAMINAS INDUSTRIALES

Apartado de Correos, 9
Calle Barcelona, 3-5
E-08850 GAVÀ (Barcelona)
Teléfono (93) 638 28 00 - Fax (93) 638 01 30
Tlx. 94856 HULES

SLI
SOLVAY LAMINAS
INDUSTRIALES, S.A.





Pico GOKYO (Himalaya) 5.483 m.



Barcelona '92

Las cotas más altas

han sido cubiertas

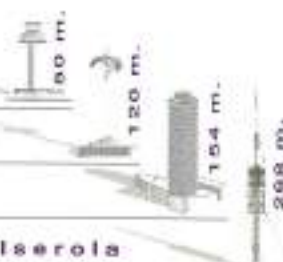


Torre Aeropuerto

Torre de Montjuic

Torre Mapfre

Torre de Collserola



CUBIERTAS
Y MZOV, S.A. CIA. GRAL. DE CONSTRUCCIONES