

#### 4.2.5. Cálculo informático.

De la misma manera que en la obtención de las matrices de rigidez del pórtico, el cálculo manual se complementó con los cálculos informáticos recogidos en el archivo de Excel Pórticos biempotrados a dos aguas simétricos. Para calcular los desplazamientos de los nudos, las solicitaciones de extremo de las barras y las reacciones externas se va a recurrir a una serie de hojas del mismo fichero. La secuencia de las hojas de cálculo coincide con la sucesión en los cálculos matriciales hasta llegar a los resultados finales de este bloque temático, pues se continúan hasta determinar el valor de la carga crítica de pandeo global de la estructura, que se analizará posteriormente.

En la hoja Cargas se introducen los valores de las cargas que actúan sobre el pórtico. En la parte superior se muestran los datos del pórtico introducidos en Kij barras, así como una tabla resumen de las longitudes de las barras y de los ángulos que forman los ejes globales del pórtico con los ejes locales de cada barra. Las casillas que hay que rellenar son:

C18	Peso propio del dintel, en t/m.
C19	Peso propio de la cubierta más las correas, en t/m.
C20	Sobrecarga que repercute sobre el dintel, en el caso de que exista, en t/m.
C21	Carga de nieve, en t/m.
I17	Carga puntual que actúa sobre los nudos 2 y 4, y que representa el peso propio del pilar, en kg.
F20	Carga de viento sobre el pilar de barlovento, en kg/cm.
F21	Carga de viento sobre el faldón de cubierta de barlovento, en kg/cm.
H20	Carga de viento sobre el pilar de sotavento, en kg/cm.
H21	Carga de viento sobre el faldón de cubierta de sotavento, en kg/cm.

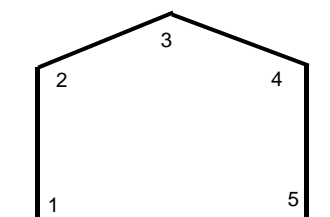
Una vez introducidos estos datos, en esta hoja de cálculo se muestran los valores de las reacciones de empotramiento de las barras en coordenadas locales y los valores de las cargas  $[P_a]_G$  en coordenadas globales. En la hoja de cálculo Matriz K aparecen las matrices  $[K]$ ,  $[K]^{-1}$ ,  $[K_r]$  y  $[P_a]_G$ , necesarias para la determinación de los desplazamientos de los nudos libres y de las reacciones externas.

En la hoja de cálculo Cij se muestran las submatrices de conversión  $[C_{ij}]$ , y en la hoja Esfuerzos se muestran los valores de las solicitaciones de extremo de las barras del pórtico. En la parte inferior aparecen todas las submatrices necesarias para obtener los valores finales, mientras que en la parte superior se recogen dos tablas de cálculos previos, una de los desplazamientos de los nudos y otra de las reacciones de empotramiento de las barras en coordenadas locales.

- Cargas

**Obtención de cargas**

Datos previos	Luz (m)	25		
	Altura pilares	5		
	Pendiente	10.00%		
	Pilar	HEB-280	I (cm <sup>4</sup> )	A (cm <sup>2</sup> )
	Dintel	IPE-450	19270	131
	E		33740	98.8
			2100000	
	0	Longitud (cm)	$\alpha$	
	Barra 1-2	500	90	
	Barra 2-3	1256.234453	5.710593137	
Barra 3-4	1256.234453	354.2894069		
Barra 4-5	500	270		



Datos	Peso propio	Dintel	
		0.0776	
	Sobrecarga	0.062395	
	Nieve	0	
	q (total)	0.398	
	q (total)	0.537995	
	q (kg/cm)	5.37995	

Carga en nudo superior del pilar (peso propio)		515	
	Viento	Viento	
Pilar 1-2	0	Pilar 4-5	0
Dintel 2-3	0	Dintel 3-4	0

**Reacciones de empotramiento en coordenadas locales**

**Barra 1-2**

Re1-2L	Ne1-2	0	Ne2-1	0	Re2-1L
	Te1-2	0	Te2-1	0	
	Me1-2	0	Me2-1	0	

**Barra 2-3**

Re2-3L	Ne2-3	334.5781453	Ne3-2	334.5781453	Re3-2L
	Te2-3	3345.781457	Te3-2	3345.781457	
	Me2-3	700514.3229	Me3-2	-700514.3229	

**Barra 3-4**

Re3-4L	Ne3-4	-334.5781453	Ne4-3	-334.5781453	Re4-3L
	Te3-4	3345.781457	Te4-3	3345.781457	
	Me3-4	700514.3229	Me4-3	-700514.3229	

**Barra 4-5**

Re4-5L	Ne4-5	0	Ne5-4	0	Re5-4L
	Te4-5	0	Te5-4	0	
	Me4-5	0	Me5-4	0	

**Cargas (coordenadas globales)**

P1	0 0 0			0 0 0			0 0 0
P2	0 -515 0	5.68434E-14 3362.46875 700514.3229		0 0 0	0 0 0		-5.6843E-14 -3877.46875 -700514.323
P3	0 0 0	5.68434E-14 3362.46875 -700514.3229	2.41411E-05 3362.46875 700514.3229	0 0 0	0 0 0		-2.4141E-05 -6724.9375 0
P4	0 -515 0	2.41411E-05 3362.46875 -700514.3229		0 0 0	0 0 0		-2.4141E-05 -3877.46875 700514.323
P5	0 0 0			0 0 0			0 0 0

- Cij

**Matrices Cij para la obtención de los esfuerzos en las barras**

BARRA 1-2									
C11	550200 0 0	0 3884.832 971208	0 971208 323736000	0 -1 0	1 0 0	0 0 1	0 -3884.832 -971208	550200 0 0	0 971208 323736000
C12	-550200 0 0	0 -3884.832 -971208	0 971208 161868000	0 -1 0	1 0 0	0 0 1	0 3884.832 971208	-550200 0 0	0 971208 161868000
C21	-550200 0 0	0 -3884.832 971208	0 -971208 161868000	0 -1 0	1 0 0	0 0 1	0 3884.832 -971208	-550200 0 0	0 -971208 161868000
C22	550200 0 0	0 3884.832 -971208	0 -971208 323736000	0 -1 0	1 0 0	0 0 1	0 -3884.832 971208	550200 0 0	0 -971208 323736000
BARRA 2-3									
C22	165160.253 0 0	0 428.8777535 269385.505	0 269385.505 225607568.2	0.99503719 -0.09950372 0	0.099503719 0.99503719 0	0 0 1	164340.5941 -42.6749314 -26804.8596	16434.05939 426.7493148 268048.5959	0 269385.505 225607568.2
C23	-165160.253 0 0	0 -428.877753 269385.505	0 -269385.505 112803784.1	0.99503719 -0.09950372 0	0.099503719 0.99503719 0	0 0 1	-164340.594 42.67493143 26804.85956	-16434.0594 -426.749315 -268048.596	0 269385.505 112803784.1
C32	-165160.253 0 0	0 -428.877753 -269385.505	0 269385.505 112803784.1	0.99503719 -0.09950372 0	0.099503719 0.99503719 0	0 0 1	-164340.594 42.67493143 -26804.8596	-16434.0594 -426.749315 268048.5959	0 -269385.505 112803784.1
C33	165160.253 0 0	0 428.8777535 -269385.505	0 -269385.505 225607568.2	0.99503719 -0.09950372 0	0.099503719 0.99503719 0	0 0 1	164340.5941 -42.6749314 26804.85956	16434.05939 426.7493148 -268048.596	0 -269385.505 225607568.2
BARRA 3-4									
C33	165160.253 0 0	0 428.8777535 269385.505	0 269385.505 225607568.2	0.99503719 0.099503726 0	-0.09950373 0.99503719 0	0 0 1	164340.5939 42.67493449 26804.86149	-16434.0606 426.7493145 268048.5957	0 269385.505 225607568.2
C34	-165160.253 0 0	0 -428.877753 269385.505	0 -269385.505 112803784.1	0.99503719 0.099503726 0	-0.09950373 0.99503719 0	0 0 1	-164340.594 -42.6749345 -26804.8615	16434.06057 -426.749314 -268048.596	0 269385.505 112803784.1
C43	-165160.253 0 0	0 -428.877753 -269385.505	0 269385.505 112803784.1	0.99503719 0.099503726 0	-0.09950373 0.99503719 0	0 0 1	-164340.594 -42.6749345 26804.86149	16434.06057 -426.7493145 268048.5957	0 -269385.505 112803784.1
C44	165160.253 0 0	0 428.8777535 -269385.505	0 -269385.505 225607568.2	0.99503719 0.099503726 0	-0.09950373 0.99503719 0	0 0 1	164340.5939 42.67493449 -26804.8615	-16434.0606 426.7493145 -268048.596	0 -269385.505 225607568.2

BARRA 4-5									
C44	550200	0	0	0	-1	0	0	-550200	0
	0	3884.832	971208	1	0	0	3884.832	0	971208
	0	971208	323736000	0	0	1	971208	0	323736000
C45	-550200	0	0	0	-1	0	0	550200	0
	0	-3884.832	971208	1	0	0	-3884.832	0	971208
	0	-971208	161868000	0	0	1	-971208	0	161868000
C54	-550200	0	0	0	-1	0	0	550200	0
	0	-3884.832	-971208	1	0	0	-3884.832	0	-971208
	0	971208	161868000	0	0	1	971208	0	161868000
C55	550200	0	0	0	-1	0	0	-550200	0
	0	3884.832	-971208	1	0	0	3884.832	0	-971208
	0	-971208	323736000	0	0	1	-971208	0	323736000

• Esfuerzos

Cálculo de los esfuerzos en las barras

Cálculos previos	Desplazamientos (cm y rad)							
		Nudo 2	Nudo 3	Nudo 4				
	$\delta_x$	-0.82164367	-4.4059E-08	0.82164364				
	$\delta_y$	-0.01315874	-8.6839318	-0.01315874				
$\theta$	-0.0040935	-9.3604E-12	0.0040935					
Cálculos previos	Reacciones en coordenadas locales (kg y cm)							
		N			T			M
	Re 1-2	0	0	0	Re 3-4	-334.578145	3345.78146	700514.323
	Re 2-1	0	0	0	Re 4-3	-334.578145	3345.78146	-700514.323
	Re 2-3	334.578145	3345.78146	700514.323	Re 4-5	0	0	0
	Re 3-2	334.578145	3345.78146	-700514.323	Re 5-4	0	0	0

Resultados	Barra 1-2		Barra 2-3		Barra 3-4		Barra 4-5	
	N12	7240	N23	7801	N34	7132	N45	7240
	T12	-7168	T23	5978	T34	713	T45	7168
	M12	-1460594	M23	2123201	M34	-1183936	M45	2123201
	N21	-7240	N32	-7132	N43	-7801	N54	-7240
	T21	7168	T32	713	T43	5978	T54	-7168
	M21	-2123201	M32	1183936	M43	-2123201	M54	1460594

N12	0	0	550200	0	0	0	-550200	0	-0.82164367
T12	0	-3884.832	0	971208	0	3884.832	0	971208	-0.01315874
M12	0	-971208	0	323736000	0	971208	0	161868000	-0.0040935
N21	0	0	-550200	0	0	0	550200	0	-0.82164367
T21	0	3884.832	0	-971208	0	-3884.832	0	-971208	-0.01315874
M21	0	-971208	0	161868000	0	971208	0	323736000	-0.0040935
N23	334.578145	164340.594	16434.0594	0	-0.82164367	-164340.594	-16434.0594	0	-4.4059E-08
T23	3345.78146	-42.6749314	426.749315	269385.505	-0.01315874	42.6749314	-426.749315	269385.505	-8.6839318
M23	700514.323	-26804.8596	268048.596	225607568	-0.0040935	26804.8596	-268048.596	112803784	-9.3604E-12
N32	334.578145	-164340.594	-16434.0594	0	-0.82164367	164340.594	16434.0594	0	-4.4059E-08
T32	3345.78146	42.6749314	-426.749315	-269385.505	-0.01315874	-42.6749314	426.749315	-269385.505	-8.6839318
M32	-700514.323	-26804.8596	268048.596	112803784	-0.0040935	26804.8596	-268048.596	225607568	-9.3604E-12
N34	-334.578145	164340.594	-16434.0606	0	-4.4059E-08	-164340.594	16434.0606	0	0.82164364
T34	3345.78146	-42.6749345	426.749314	269385.505	-8.6839318	-42.6749345	-426.749314	269385.505	-0.01315874
M34	700514.323	26804.8615	268048.596	225607568	-9.3604E-12	-26804.8615	-268048.596	112803784	0.0040935
N43	-334.578145	-164340.594	16434.0606	0	-4.4059E-08	164340.594	-16434.0606	0	0.82164364
T43	3345.78146	-42.6749345	-426.749314	-269385.505	-8.6839318	42.6749345	426.749314	-269385.505	-0.01315874
M43	-700514.323	26804.8615	268048.596	112803784	-9.3604E-12	-26804.8615	-268048.596	225607568	0.0040935
N45	0	0	-550200	0	0.82164364	0	550200	0	0
T45	0	3884.832	0	971208	-0.01315874	-3884.832	0	971208	0
M45	0	971208	0	323736000	0.0040935	-971208	0	161868000	0
N54	0	0	550200	0	0.82164364	0	-550200	0	0
T54	0	-3884.832	0	-971208	-0.01315874	3884.832	0	-971208	0
M54	0	971208	0	161868000	0.0040935	-971208	0	323736000	0

- Matriz K

Matriz K									
167414.0813	16310.03713	944403.1404	-163529.2493	-16310.03713	-26804.85956	0	0	0	
16310.03713	552259.8815	268048.5959	-16310.03713	-2059.881465	268048.5959	0	0	0	
944403.1404	268048.5959	549343568.2	26804.85956	-268048.5959	112803784.1	0	0	0	
-163529.2493	-16310.03713	26804.85956	327058.4983	-0.001159283	53609.72105	-163529.249	16310.03829	26804.86149	
-16310.03713	-2059.881465	-268048.5959	-0.001159283	4119.763164	-0.000192448	16310.03829	-2059.881699	268048.5957	
-26804.85956	268048.5959	112803784.1	53609.72105	-0.000192448	451215136.5	-26804.86149	-268048.5957	112803784.1	
0	0	0	-163529.249	16310.03829	-26804.86149	167414.081	-16310.03829	944403.1385	
0	0	0	16310.03829	-2059.881699	-268048.5957	-16310.03829	552259.8817	-268048.5957	
0	0	0	26804.86149	268048.5957	112803784.1	944403.1385	-268048.5957	549343568.2	

Matriz K1									
-3884.832	0	-971208	0	0	0	0	0	0	0
0	-550200	0	0	0	0	0	0	0	0
971208	0	161868000	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	-3885	0	-971208	0
0	0	0	0	0	0	0	-550200	0	0
0	0	0	0	0	0	971208	0	161868000	0

Matriz P		Matriz K-1								
-5.68434E-14	0.000267708	1.22937E-07	-4.67607E-07	0.000253706	0.000115474	2.49742E-07	0.000239598	-1.22937E-07	-5.31972E-07	
-3877.46875	1.22937E-07	1.81746E-06	-4.91749E-10	2.13788E-07	9.0876E-07	-8.44566E-10	1.22937E-07	5.78687E-11	-4.91749E-10	
-700514.3229	-4.67607E-07	-4.91749E-10	3.04473E-09	-5.00003E-07	3.90877E-07	-9.98969E-10	-5.31972E-07	4.91749E-10	9.53581E-10	
-2.41411E-05	0.000253706	2.13788E-07	-5.00003E-07	0.000256826	4.42121E-12	2.49377E-07	0.000253706	-2.13788E-07	-5.00003E-07	
-6724.9375	0.000115474	9.0876E-07	3.90877E-07	4.42121E-12	0.001208822	-3.78905E-16	-0.000115474	9.0876E-07	-3.90877E-07	
0	2.49742E-07	-8.44566E-10	-9.98969E-10	2.49377E-07	-3.78913E-16	2.71677E-09	2.49742E-07	8.44566E-10	-9.98969E-10	
-2.41411E-05	0.000239598	1.22937E-07	-5.31972E-07	0.000253706	-0.000115474	2.49742E-07	0.000267708	-1.22937E-07	-4.67607E-07	
-3877.46875	-1.22937E-07	5.78687E-11	4.91749E-10	-2.13788E-07	9.0876E-07	8.44566E-10	-1.22937E-07	1.81746E-06	4.91749E-10	
700514.3229	-5.31972E-07	-4.91749E-10	9.53581E-10	-5.00003E-07	-3.90877E-07	-9.98969E-10	-4.67607E-07	4.91749E-10	3.04473E-09	

Desplazamientos (cm y rad)			
δ2x	-0.821643668		-0.822
δ2y	-0.013158738	d2	-0.013
θ2	-0.004093504		-0.004
δ3x	-4.40587E-08		0.000
δ3y	-8.683931795	d3	-8.684
θ3	-9.36039E-12		0.000
δ4x	0.821643643		0.822
δ4y	-0.013158738	d4	-0.013
θ4	0.004093504		0.004

Reacciones (kg y cm)		
R1	Rx	7167.591289
	Ry	7239.937478
	M	-1460594.183
R7	Rx	-7167.59124
	Ry	7239.937523
	M	1460594.167