

MOD = 6 : MODELO 3D DE PORTICOS ORTOGONALES A PARTIR DE LAS RIGIDECES DE PISO o DISTRIBUCION DE LAS FUERZAS SISMICAS ENTRE LOS ELEMENTOS RESISTENTES DEL EDIFICIO

Las normas sismorresistentes de edificación – en la mayoría de países- coinciden en que la consideración de 2 modelos planos verticales ortogonales e independientes no es en general suficiente cuando la irregularidad geométrica o de masas hace aparecer los efectos de la torsión.

Este modelo ya fue presentado en el programa DINEST de la Colección Caminos y le vamos a volver a incluir aquí -en el programa SHEARWALL- pues realmente se trata de distribuir las fuerzas sísmicas que actúan en los pisos de un edificio entre los diferentes elementos verticales (Marcos+Muros).

Esta tipología de pórticos ortogonales, podría incluirse dentro de los modelos MOD=7 y 8 , que utilizan técnicas matriciales para distribuir las fuerzas sísmicas del edificio entre los diferentes pórticos, previo cálculo de sus rigideces laterales con el modelo MOD=5.

Sin embargo, la metodología del modelo MOD=6, trata globalmente la distribución de fuerzas en los pórticos en dirección X e Y respectivamente. Además la distribución de fuerzas entre los pórticos se realiza a partir de las rigideces de entreplanta, las cuales se determinan mediante fórmulas empíricas como las de Wilbur o bien son suministradas por el usuario, que las habrá determinado externamente.

La rigidez LATERAL del entrepiso i de un pórtico, es la relación $k_i = V_i / D_i$ entre el cortante V_i absorbido por el entrepiso y el desplazamiento horizontal D_i entre los niveles del entrepiso.

El problema que se resuelve es el siguiente :

Dadas las fuerzas sísmicas totales F_x, F_y que actúan en el cdg. De cada una de las NP plantas del edificio, y dadas las rigideces laterales K_x y K_y de cada una de las entreplantas de cada elemento resistente.

Se dará también la separación de cada elemento resistente s_{px} o s_{py} . Un elemento resistente estará constituido por un portico a base de pilares o pantallas verticales que tendrá la dirección X o Y .

Con el program, se calcularán los esfuerzos cortantes, torsores desplazamientos etc en todas las piezas de los elementos resistentes

4.- ANALISIS SISMICO DE ESTRUCTURAS ESPACIALES

- Compatibilidad en planta (traslacion+rotacion).

La consideración de dos modelos planos ortogonales para analizar el comportamiento sísmico de la estructura no es general suficiente.

En efecto, en las estructuras en que no coinciden el centro de masas y el de torsión, bien por irregularidad geométrica y mecánica, o bien por una distribución no uniforme de las masas, habrá que tener en cuenta el efecto de torsión que se produce. Además, según la Norma NCSE-94, es estructuras de edificación, se deberá considerar una excentricidad accidental extra, de la acción sísmica en cada planta, no menor de 1/20 de la mayor dimensión de la planta en el sentido perpendicular a la dirección del sismo.

Unicamente en edificios simétricos, la norma permite sustituir la excentricidad accidental y el consiguiente análisis de compatibilidad en planta, por la aplicación a cada elemento estructural de un coeficiente de mayoración cuyo valor se expresa en el artículo 3.7.6. Así pues en los casos de doble simetría en planta será suficiente el análisis de los elementos resistentes en dos direcciones ortogonales.

En todos los demás casos, se deberá tener en cuenta la compatibilidad de deformaciones en planta de todos los elementos estructurales, a partir del análisis de traslación y torsión combinadas de una planta respecto a la siguiente, para equilibrar la acción sísmica aplicada en el centro de masas de cada una, teniendo en cuenta la excentricidad accidental ya mencionada.

A continuación se describe el proceso de cálculo seguido por el programa DINEST, el cual coincide con lo estipulado en el artículo 3.7.5 de la norma.

Considérese un edificio con sistemas resistentes ortogonales. En la figura 8 se muestra la entreplanta de un edificio en el cual se indican con subíndices x , y , los sistemas (pórticos y/o muros) que resisten fuerzas paralelas a las direcciones X e Y respectivamente.

La rigidez lateral de cada elemento resistente j de la entreplanta se designa por $(K_x)_j$ o $(K_y)_j$, siendo estos valores conocidos del análisis plano previo.

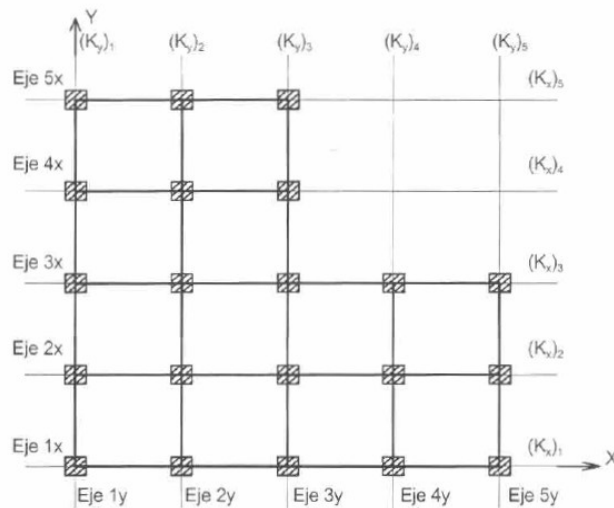


Figura 8. Elementos resistentes.

El procedimiento de distribución de las fuerzas sísmicas entre los elementos resistentes en la dirección X será el siguiente:

1º) Se determina la fuerza sísmica horizontal total F_x sobre el conjunto de pórticos paralelos a la dirección X . Dicho valor se obtiene para cada planta sumando los correspondientes a las obtenidas para todos los pórticos planos en dirección X .

2º) Cada una de las fuerzas F_x anteriores se suponen actuando en el centro de gravedad (X_g, Y_g) de cada planta, que deberá introducirse como dato al programa.

3º) Se obtiene por equilibrio estático, el centro de masas (X_m, Y_m) del conjunto de plantas por encima de la que se analiza. Para una planta i dada, la coordenada Y_m del centro de masas se determinará así.

$$(y_m)_i = \frac{\sum_{l=1}^n (F_x)_l \cdot (y_g)_l}{(V_x)_i}$$

4º) Se determinará la posición del centro de torsión de cada entreplanta. Este centro es el punto en el que debiera aplicarse el cortante sísmico V_x para que el movimiento relativo de los dos niveles consecutivos que limitan la entreplanta sea exclusivamente de traslación. En otro caso existiría torsión o rotación relativa entre ambos niveles.

Las expresiones para calcular el centro de torsión T de la planta i -sima son:

$$x_t = \frac{\sum (K_y)_j \cdot X_j}{\sum (K_y)_j} \quad \text{,,} \quad y_t = \frac{\sum (K_x)_j \cdot Y_j}{\sum (K_x)_j}$$

donde x_j, y_j son las coordenadas de los elementos resistentes, y $(K_x)_j,$

$(K_y)_j$, sus rigideces laterales. El centro de torsión es por tanto un centro de gravedad de rigideces o también un centro de esfuerzos cortantes tal como lo define la norma.

5º) La fuerza cortante que debe ser resistida por un elemento cualquiera, es suma del efecto traslacional, en el que se supone al cortante de piso actuando en el centro de torsión, más el efecto torsional, debido al momento torsor generado por el cortante y la excentricidad que realmente tiene.

Si nos fijamos en el elemento resistente j de dirección x , por efecto del cortante V_x aplicado en el centro de torsión, absorbe un cortante $(V_x)_j$ dado por

$$(V_x)_j = \frac{V_x \cdot (K_x)_j}{\sum (K_x)_j}$$

Es decir, corresponde a un reparto según su rigidez, y este valor debiera coincidir con el obtenido al analizar el elemento en un análisis plano.

Además, dicho elemento j de dirección x , sufrirá por efecto de la torsión, un cortante $(\Delta V_x)_j$ dado por:

$$(\Delta V_x)_j = \frac{M_{tx} \cdot (k_x)_j \cdot (y')_j}{k_t}$$

donde k_t es la constante de torsión de la planta o rigidez torsional de valor:

$$K_t = \sum (k_x)_j \cdot (y')_j^2 + \sum (k_y)_j \cdot (x')_j^2$$

$(x')_j$, $(y')_j$ son las coordenadas de los elementos resistentes j referidas al centro de torsión T de la planta.

M_{tx} es el momento torsor de la entreplanta producido por el cortante excéntrico V_x :

$$M_{tx} = V_x \cdot e_y$$

Ha de tenerse en cuenta que este torsor -generado por V_x - produce también en los elementos ortogonales Y , unos cortantes de valor:

$$(\Delta V_y)_j = \frac{M_{tx} \cdot (k_y)_j \cdot (x')_j}{k_t}$$

Hay que señalar, que aunque la excentricidad teórica de V_x es la distancia entre el centro de torsión y el de masas.:

$$e_y = y_t - y_m$$

la norma obliga a considerar una excentricidad adicional igual a $\pm b_y/20$, siendo b_y la máxima dimensión transversal de la planta considerada.

Por tanto, como no se precisa el signo de dicha excentricidad extra, deberán considerarse las dos excentricidades siguientes:

$$e_{y1} = e_y + b_y/20 \quad \text{,,} \quad e_{y2} = e_y - b_y/20$$

La cual dará lugar a dos torsores:

$$M_{tx1} = V_x \cdot e_{y1} \quad \text{,,} \quad M_{tx2} = V_x \cdot e_{y2}$$

cuyo efecto deberá ser analizado, escogiéndose el que produce el efecto más desfavorable.

La suma de los cortantes de traslación (V_x) y de torsión (ΔV_x) dará lugar al cortante total, el cual deberá sumarse al cortante (ΔV_x)_i debido a la torsión producida por el cortante ortogonal V_y . La suma total dará el cortante V'_x obtenido al compatibilizar en planta las deformaciones.

Pero el asunto, se complica todavía un poco más, pues la Norma NCSE-94, exige que para cada sistema plano, se calculen las fuerzas laterales debidas al 100% de los efectos del sismo en dirección X con el 30% de los efectos del sismo actuando en dirección Y, y viceversa.

El programa obtiene así los valores $V_x+0.3.V_y$ y $V_y+0.3.V_x$ considerando en cada planta el que sea mayor en valor absoluto ($V_{x\max}$).

Análogamente se procedería con los elementos resistentes en dirección Y, bastaría cambiar la x por la y en el proceso.

Como se puede comprobar, este proceso, aunque no es complejo, si que es bastante tedioso para ser realizado manualmente. El programa DINEST realiza esta tarea en un par de segundos, siguiendo todos los pasos descritos anteriormente:

Determinando para cada planta, los centros de masas, de torsión, excentricidades, torsores, rigidez torsional etc. y en unas tablas se obtiene la distribución de cortantes en los elementos resistentes en las direcciones X e Y, desglosando los efectos anteriores.

Finalmente en una tabla resumen, se obtienen los cortantes totales más desfavorables.

Como se podrá comprobar en el ejemplo que se incluye más adelante, los resultados obtenidos no necesitan de más explicación, dado que por otra parte se han calculado siguiendo la filosofía de la norma.

Sin embargo, el proceso anterior requiere una entrada de datos ordenada, que pasamos a describir:

- Datos de entrada.

(1) - Número de plantas del edificio (NP).

Para cada planta i del edificio, se indicarán los siguientes valores

(Pasos 2 a 9):

(2) - Título de la planta (Por ejemplo PLANTA3).

(3) - $F_x, F_y, X_g, Y_g, V_x, V_y$

siendo F_x, F_y las fuerzas sísmicas totales actuando en la planta i.

siendo X_g, Y_g las coordenadas del c.d.g de la planta i.

siendo V_x, V_y los cortantes sísmicos totales en la planta i, que se desean distribuir entre los distintos pórticos.

(4) - $N_x, N_y, N_{x0}, N_{y0}, X_o, Y_o$ siendo N_x el número de pórticos paralelos al eje x que hay en la planta i.

N_{x0} es el número del primero de esos pórticos.

Y_o es la posición del primero de esos pórticos.

Análogamente para N_y, N_{y0}, X_o .

En la fig. 9 resulta por ej.: $N_x=4, N_{x0}=1, Y_o=0; N_y=3, N_{y0}=3, X_o \neq 0$.

(5) (K_x)_j (con j = 1 a N_x), representa la rigidez lateral del pórtico j de dirección x, de la entreplanta i.

(6) (K_y)_j (con j = 1 a N_y), idem en dirección y,

(7) (Sep_x)_j (con j = 1 a N_x-1) expresa las separaciones de cada pórtico en dirección Y con el siguiente

(8) (Sep_y)_j (con j = 1 a N_y-1) idem en dirección X .

(9) B_x, B_y representa las máximas dimensiones en la planta i. (Fig10)

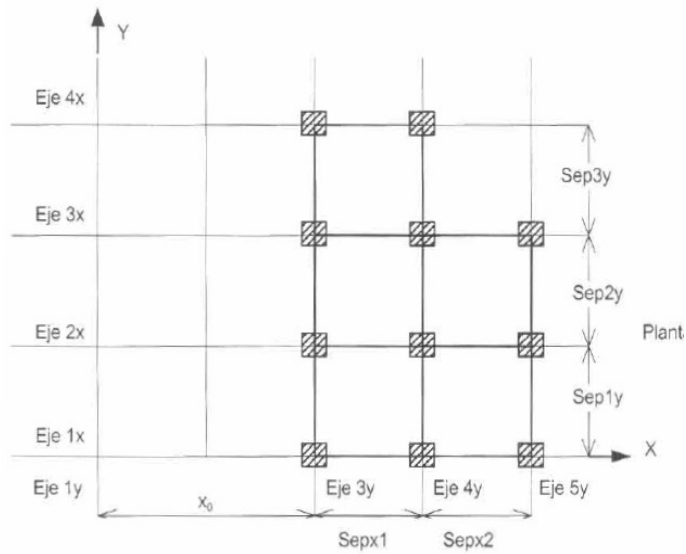


Figura 9. Elementos resistentes de planta i.

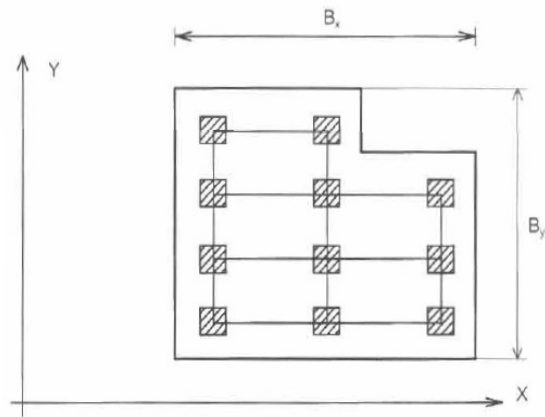
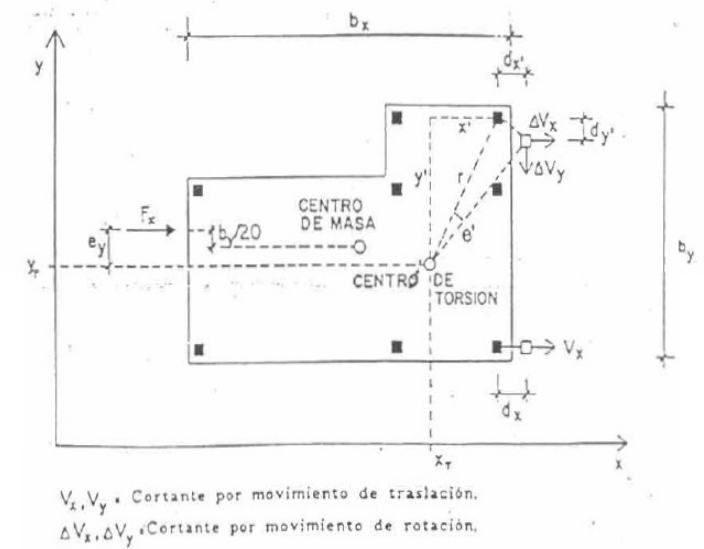


Figura 10. Máximas dimensiones de la planta i.

Los datos anteriores (2) a (9) serán requeridos por el programa consecutivamente para cada una de las plantas del edificio.

Puede resultar más operativo generar un fichero con los datos anteriores y en ese orden. Tal fichero se llamará DATPLAN.

Para analizar exactamente la estructura de tal fichero, es mejor, la primera vez que se utiliza el programa, introducir los datos desde las pantallas que se van presentando, y luego observar el fichero DATPLAN generado por el programa. Para realizar modificaciones sobre alguno de los datos anteriores se puede editar tal fichero o bien realizarlo directamente con el programa.



“Ejemplo de edificio tridimensional “ Bazan y Meli pag.96”

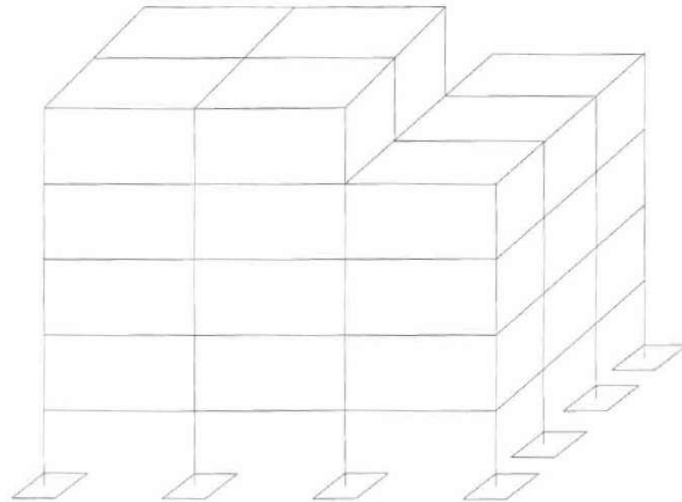


Figura1. Estructura espacial tridimensional.

Se considera el edificio de la figura 1, donde existe una falta de simetría geométrica y sobre todo una asimetría de las rigideces laterales de las entreplantas.(Figura 2)

Se suponen conocidas las fuerzas sísmicas F_x , F_y sobre cada planta, aplicadas en su c.d.g. que también se da como dato. Los cortantes V_x , V_y de cada entreplanta, son también conocidas del análisis plano según dos direcciones ortogonales. La separación entre los pórticos de cada entreplanta son datos que se obtienen de la figura anterior.

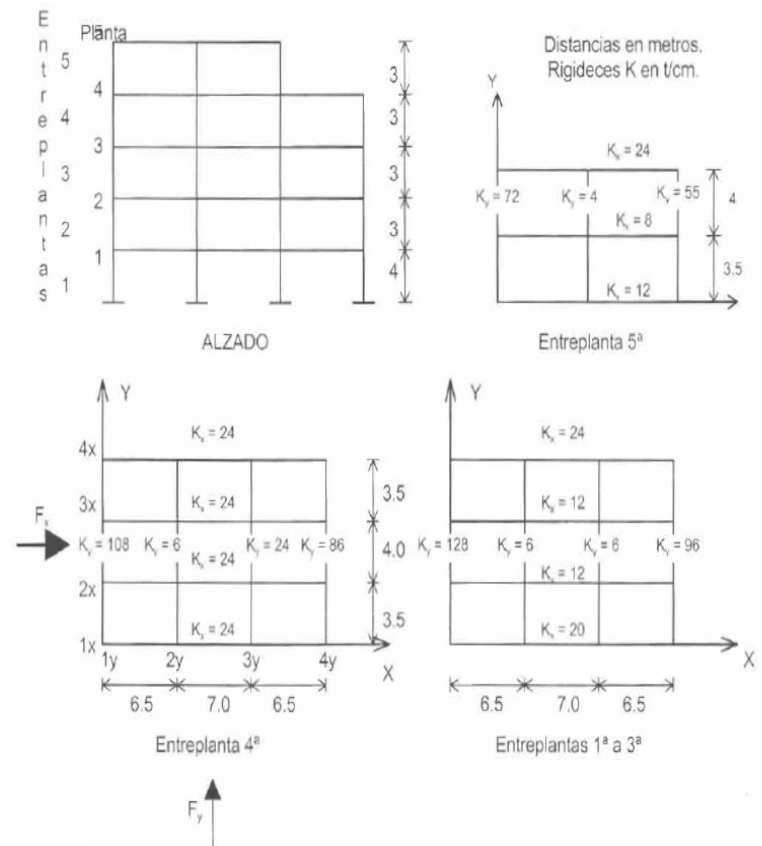
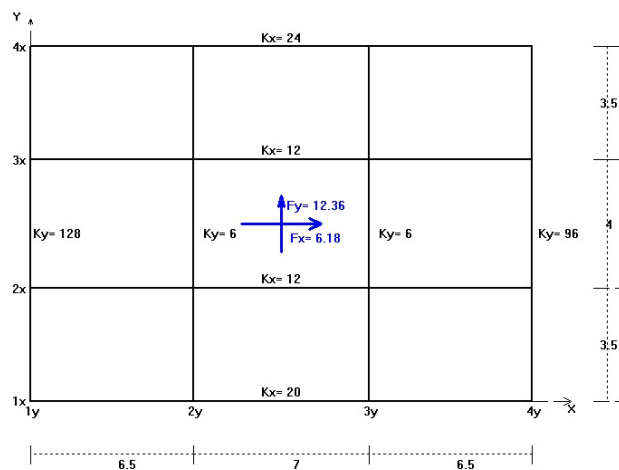


Figura 2. Alzado, plantas y rigideces.

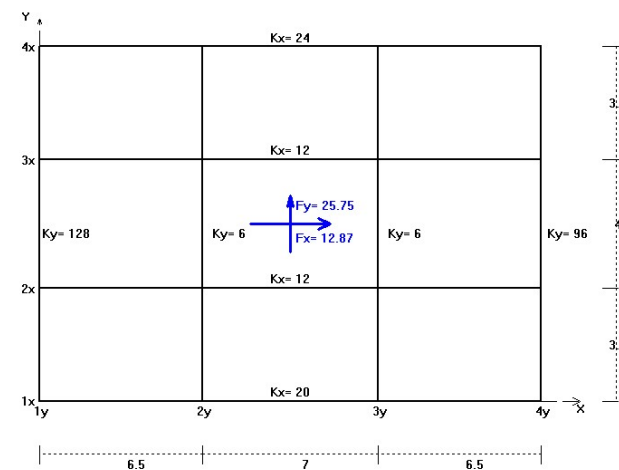
Las rigideces laterales de los pórticos de cada entreplanta son también conocidas. Recuerdese que K_x en una entreplanta se obtiene así:

$$K_x = \sum \frac{12EI}{h^3}$$

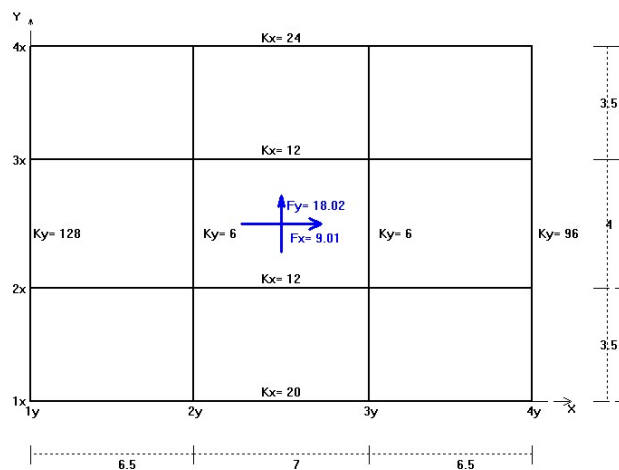
RIGIDEZES DE ENTREPLANTA Nº 1



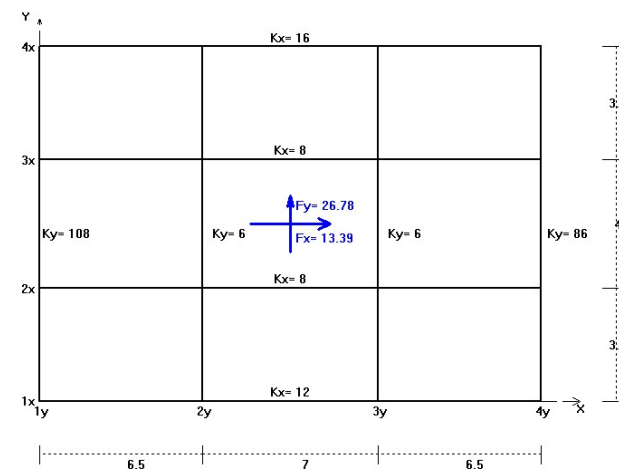
RIGIDEZES DE ENTREPLANTA Nº 3



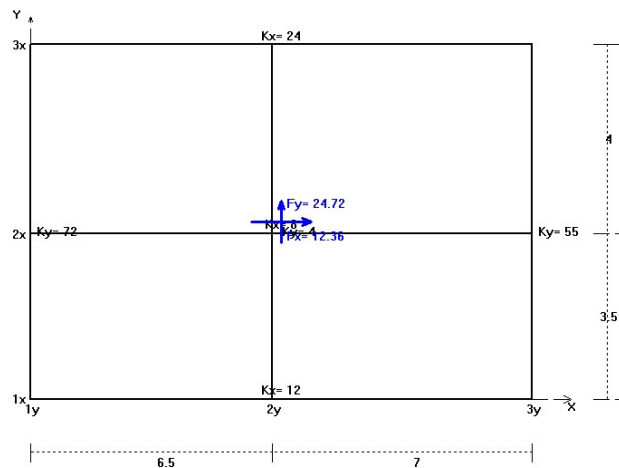
RIGIDEZES DE ENTREPLANTA Nº 2



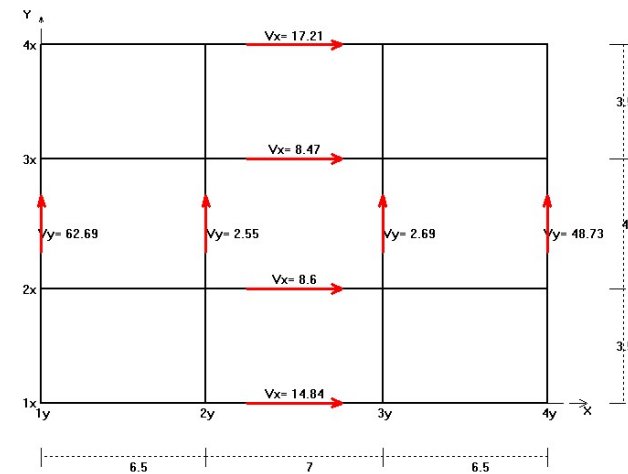
RIGIDEZES DE ENTREPLANTA Nº 4



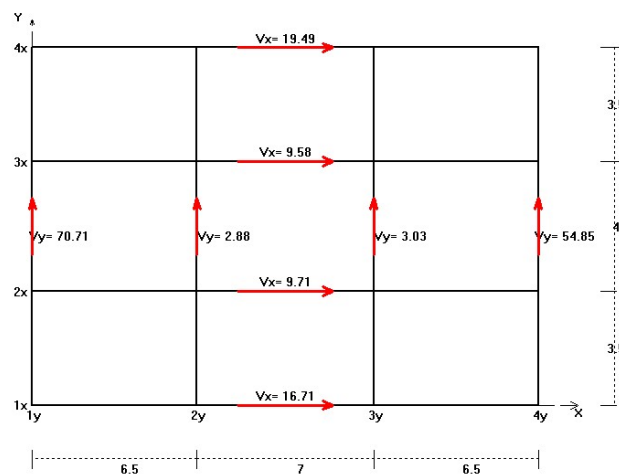
RIGIDEZES DE ENTREPLANTA Nº 5



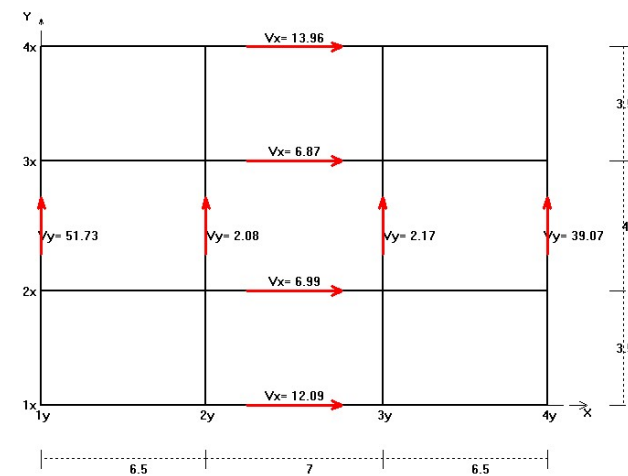
CORTANTES DE ENTREPLANTA Nº 2



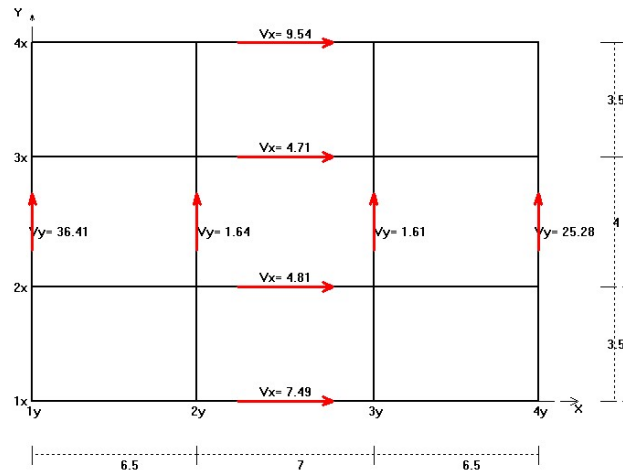
CORTANTES DE ENTREPLANTA Nº 1



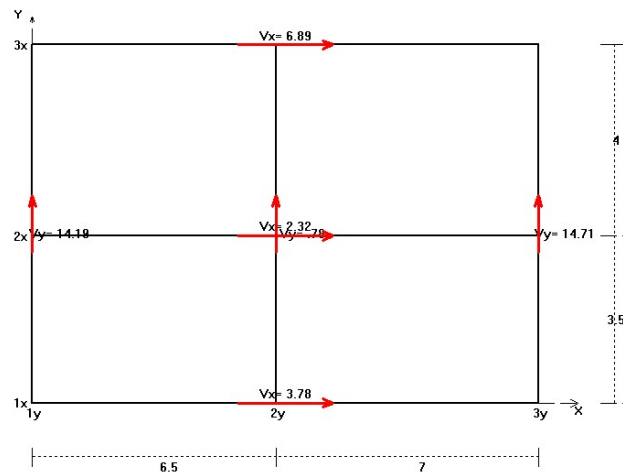
CORTANTES DE ENTREPLANTA Nº 3



CORTANTES DE ENTREPLANTA N° 4



CORTANTES DE ENTREPLANTA N° 5



```

=====
"                                     "
"          P R O G R A M A   S H E A R W A L L          "
"          =====          "
"                                     "
"      Edificios a base de muros y marcos, analizados   "
"      con varios modelos : Elementos Finitos MEF ,    "
"      Matricial de columna ancha MCA, Tridimensional   "
"      en edificios con pisos rigidos en planta, etc.   "
"                                     "
"      Version 1                      Fecha : 2/03/2019  "
"                                     "
"      Copyright : J.Diaz del Valle . SA-111-2019       "
"                                     "
"      E.T.S. de Ingenieros de Caminos de Santander.    "
"                                     "
=====
"                                     "
"          D A T O S   D E L   E J E M P L O          "
"          =====          "
"                                     "
"      DISTRIBUCION DE LAS FUERZAS SISMICAS ENTRE      "
"      LOS ELEMENTOS RESISTENTES DE UN EDIFICIO       "
"                                     "
"      Referencia: 'Manual de diseño sismico de edificios' "
"      Pagina 95 . E.Bazan y R.Meli. Editorial Limusa   "
"                                     "
"      Curso de Calculo Sismico de Edificios en el Colegio "
"      de Ingenieros de Caminos de Cantabria (Septbre 2025) "
"                                     "
=====

```

MODELO DE CALCULO

Sistemas planos verticales a base de Muros y Marcos :

- Pantalla con o sin huecos mediante elementos finitos MOD = 0
- Pantalla con o sin huecos como mensula a flexion y corte MOD = 1
- Sistema matricial plano de marcos con muros o columnas anchas.. MOD = 2
- Modelo de nucleo central + vigas rigidizantes en varias alturas MOD = 3
- Modelo Macro-Marco (Muros acoplados con vigas de gran canto) .. MOD = 4

Edificio completo de muros y marcos verticales + pisos horizontales :

- Modelo matricial 3D simplificado a muro + marco equivalente ... MOD = 5
- Modelo 3D de porticos ortogonales (Rigideces de entrepiso) MOD = 6
- Modelo matricial 3D de planta arbitraria de marcos + muros MOD = 7
- Idem. para edificios de un piso y tableros de puente MOD = 8
- Modelado en planta para ayuda al dibujo y al calculo MOD = 9

El modelo adoptado en este caso ha sido * MOD = 6

ORGANIZACION DATOS DE ENTRADA (Fichero DATPLAN) :

```

-----
Numero de plantas NP. K1,K2 y Kb Coef.excentricidad
Para cada planta se repiten las 8 lineas que siguen:
Titulo de la planta
Fx  Fy  Xg  Yg
Nx  Ny  Nx0 Ny0  Xo  Yo
Kxj  (j=1 a Nx)
Kyj  (j=1 a Ny)
Sepx  (j=1 a Nx-1)

```

Sepy (j=1 a Ny-1)
Bx By

DATOS DE ENTRADA (Fichero DATPLAN) :

```

5 1.5 1 0.1
PLANTA 1
6.18 12.36 8.5 6.3
4 4 1 1 0 0
20 12 12 24
128 6 6 96
3.5 4 3.5
6.5 7 6.5
20 11
PLANTA 2
9.01 18.02 9.2 5.5
4 4 1 1 0 0
20 12 12 24
128 6 6 96
3.5 4 3.5
6.5 7 6.5
20 11
PLANTA 3
12.87 25.75 9.2 5.5
4 4 1 1 0 0
20 12 12 24
128 6 6 96
3.5 4 3.5
6.5 7 6.5
20 11
PLANTA 4
13.39 26.78 9.2 5.5
4 4 1 1 0 0
12 8 8 16
108 6 6 86
3.5 4 3.5
6.5 7 6.5
20 11
PLANTA 5
12.36 24.72 6.75 3.75
3 3 1 1 0 0
12 8 24
72 4 55
3.5 4
6.5 7
13.5 7.5

```

DESCRIPCION DE LOS DATOS DE ENTRADA :

K1,K2 y Kb coeficientes de amplificacion de excentricidad
NP es el numero de plantas
Los datos siguientes corresponden a una planta i :
Fx Fy son las fuerzas sismicas actuantes en la planta
Xg Yg cdg de la planta (donde actuan Fx Fy)
Nx Numero de porticos en direccion X que hay en la planta
Nxo es el primero de dichos porticos
Yo es la posicion del primero de dichos porticos
Analogamente para Ny, Nyo, Xo en direccion Y.
Kxj (j=1 a Nx) es la rigidez lateral del portico j de
direccion X, de la entreplanta i (rigidez de entrepiso)
Kyj (j=1 a Ny) es la rigidez lateral del portico j de
direccion Y, de la entreplanta i (rigidez de entrepiso)
Sepxj (j=1 a Nx-1) es la separacion de cada portico j
en direccion Y con el siguiente
Sepyj (j=1 a Ny-1) es la separacion de cada portico j
en direccion X con el siguiente
Bx y By representan las dimensiones maximas de la planta

```

*****
"                                     "
"      COMPATIBILIDAD EN PLANTA (TRASLACION + TORSION)      "
"                                     "
*****

```

FUERZAS SISMICAS Fx,Fy, CORTANTES Vpx,Vpy, CENTROS DE MASAS Xm,Ym

Direccion paralela al eje X						

Planta	Fx	Vpx =	Yg	Fx*Yg	SFxFy =	Ym =
N°	(t)	Suma Fx	(m)	(t.m)	Suma FxYg	SFxFy/Vpx

5	12.36	12.36	3.75	46.35	46.35	3.75
4	13.39	25.75	5.50	73.65	120.00	4.66
3	12.87	38.62	5.50	70.78	190.78	4.94
2	9.01	47.63	5.50	49.56	240.34	5.05
1	6.18	53.81	6.30	38.93	279.27	5.19

Direccion paralela al eje Y						

Planta	Fy	Vpy =	Xg	Fy*Xg	SFyXg =	Xm =
N°	(t)	Suma Fy	(m)	(t.m)	Suma FyXg	SFyXg/Vpy

5	24.72	24.72	6.75	166.86	166.86	6.75
4	26.78	51.50	9.20	246.38	413.24	8.02
3	25.75	77.25	9.20	236.90	650.14	8.42
2	18.02	95.27	9.20	165.78	815.92	8.56
1	12.36	107.63	8.50	105.06	920.98	8.56

DISTRIBUCION DE CORTANTES EN LA PLANTA N° 1

La planta n° 1 esta compuesta por :
4 porticos o ejes paralelos al eje X (Ejes 1 X a 4 X)
4 porticos o ejes paralelos al eje Y (Ejes 1 Y a 4 Y)

Porticos paralelos al eje x							

Eje	Sepy	Y	Y'	Kx	Kx*Y	Kx*Y'	dx
N°	(m)	(m)	(m)	(t/m)	(t)	(t)	(cm)

1 X	0.00	0.00	-5.82	20.00	0.00	-116.47	79.13
2 X	3.50	3.50	-2.32	12.00	42.00	-27.88	79.13
3 X	4.00	7.50	1.68	12.00	90.00	20.12	79.13
4 X	3.50	11.00	5.18	24.00	264.00	124.24	79.13
Sumas				68.00	396.00	0.00	

Porticos paralelos al eje y							

Eje	Sepx	X	X'	Ky	Ky*X	Ky*X'	dy

N°	(m)	(m)	(m)	(t/m)	(t)	(t)	(cm)
1 X	0.00	0.00	-8.64	128.00	0.00	-1106.44	45.61
2 X	6.50	6.50	-2.14	6.00	39.00	-12.86	45.61
3 X	7.00	13.50	4.86	6.00	81.00	29.14	45.61
4 X	6.50	20.00	11.36	96.00	1920.00	1090.17	45.61
Sumas				236.00	2040.00	0.00	

Cortante total sobre la planta en direccion x Vpx = 53.81
Cortante total sobre la planta en direccion y Vpy = 107.63

Centro de masas de las plantas superiores :
Abscisa del centro de masas (m) Xm = Suma (Fy*Xg)/Vpy = 8.56
Ordenada del centro de masas (m) Ym = Suma (Fx*Yg)/Vpx = 5.19

Centro de torsion de la planta :
Abscisa centro torsion (m) Xt = Suma Ky*X /Suma Ky = 8.64
Ordenada centro torsion (m) Yt = Suma Kx*Y /Suma Kx = 5.82

X = Distancia al origen del elemento o eje resistente paralelo al eje Y
X' = X - Xt . Idem al centro de torsion.
Y = Distancia al origen del elemento o eje resistente paralelo al eje X
Y' = Y - Yt . Idem al centro de torsion.

Excentricidades (m) respecto al centro de torsion :
basica: ex = Xm - Xt ; accidental: ex1 =K1*ex+Kb*bx , ex2 =K2*ex-Kb*bx
ey = Ym - Yt ; ey1 =K1*ey+Kb*by , ey2 =K2*ey-Kb*by
Dimensiones maximas de planta bx = 20.000 by = 11.000
a) Excentricidad de Vx ey1 = 2.050 ey2 = -0.466
b) Excentricidad de Vy ex1 = 2.131 ex2 = -1.913

Momentos Torsores (txm) ;
a) Producidos por Vx Mtx1 = 110.33 Mtx2 = -25.10
b) Producidos por Vy Mty1 = 229.33 Mty2 = -205.88

Constante de torsion de la planta. Kt =Suma Ky*X'*X'+Kx*Y'*Y' = 23532.98

Reparto : Vx' = Vpx * Kx / Suma Kx Vy' = Vpy * Ky / Suma Ky
Torsion : Vx'' = Mtx * Kx * Y' / Kt Vy'' = Mty * Ky * X' / Kt

Desplazamiento relativo de entrepiso (cm) dx = 100 * Vx' / Kx
Desplazamiento relativo de entrepiso (cm) dy = 100 * Vy' / Ky

Distribucion de cortantes paralelos al eje x

Efecto de Vx				Efecto de Vy			
Eje N°	Reparto Vx'	Torsor Vx''	Total Vx	Torsor Vy	Total Vy	Torsor Vy	Total Vy
1 X	15.83	0.55	16.37	1.14	16.71	6.05	16.71
2 X	9.50	0.13	9.63	0.27	9.71	3.16	9.71
3 X	9.50	0.02	9.52	0.20	9.58	3.05	9.58
4 X	18.99	0.13	19.12	1.21	19.49	6.95	19.49

Distribucion de cortantes paralelos al eje y

Efecto de Vy				Efecto de Vx			
Eje N°	Reparto Vy'	Torsor Vy''	Total Vy	Torsor Vx	Total Vx	Torsor Vx	Total Vx
1 Y	58.38	10.78	69.16	5.19	70.71	25.93	70.71

2 Y	2.74	0.13	2.86	0.06	2.88	0.92	2.88
3 Y	2.74	0.25	2.99	0.14	3.03	1.03	3.03
4 Y	43.78	9.54	53.32	5.11	54.85	21.11	54.85

DISTRIBUCION DE CORTANTES EN LA PLANTA N° 2

La planta n° 2 esta compuesta por :
4 porticos o ejes paralelos al eje X (Ejes 1 X a 4 X)
4 porticos o ejes paralelos al eje Y (Ejes 1 Y a 4 Y)

Porticos paralelos al eje x

Eje N°	Sepy (m)	Y (m)	Y' (m)	Kx (t/m)	Kx*Y (t)	Kx*Y' (t)	dx (cm)
1 X	0.00	0.00	-5.82	20.00	0.00	-116.47	70.04
2 X	3.50	3.50	-2.32	12.00	42.00	-27.88	70.04
3 X	4.00	7.50	1.68	12.00	90.00	20.12	70.04
4 X	3.50	11.00	5.18	24.00	264.00	124.24	70.04
Sumas				68.00	396.00	0.00	

Porticos paralelos al eje y

Eje N°	Sepx (m)	X (m)	X' (m)	Ky (t/m)	Ky*X (t)	Ky*X' (t)	dy (cm)
1 X	0.00	0.00	-8.64	128.00	0.00	-1106.44	40.37
2 X	6.50	6.50	-2.14	6.00	39.00	-12.86	40.37
3 X	7.00	13.50	4.86	6.00	81.00	29.14	40.37
4 X	6.50	20.00	11.36	96.00	1920.00	1090.17	40.37
Sumas				236.00	2040.00	0.00	

Cortante total sobre la planta en direccion x Vpx = 47.63
Cortante total sobre la planta en direccion y Vpy = 95.27

Centro de masas de las plantas superiores :
Abscisa del centro de masas (m) Xm = Suma (Fy*Xg)/Vpy = 8.56
Ordenada del centro de masas (m) Ym = Suma (Fx*Yg)/Vpx = 5.05

Centro de torsion de la planta :
Abscisa centro torsion (m) Xt = Suma Ky*X /Suma Ky = 8.64
Ordenada centro torsion (m) Yt = Suma Kx*Y /Suma Kx = 5.82

X = Distancia al origen del elemento o eje resistente paralelo al eje Y
X' = X - Xt . Idem al centro de torsion.
Y = Distancia al origen del elemento o eje resistente paralelo al eje X
Y' = Y - Yt . Idem al centro de torsion.

Excentricidades (m) respecto al centro de torsion :
basica: ex = Xm - Xt ; accidental: ex1 =K1*ex+Kb*bx , ex2 =K2*ex-Kb*bx
ey = Ym - Yt ; ey1 =K1*ey+Kb*by , ey2 =K2*ey-Kb*by
Dimensiones maximas de planta bx = 20.000 by = 11.000
a) Excentricidad de Vx ey1 = 2.266 ey2 = -0.322
b) Excentricidad de Vy ex1 = 2.120 ex2 = -1.920

Momentos Torsores (txm) ;
a) Producidos por Vx Mtx1 = 107.95 Mtx2 = -15.35
b) Producidos por Vy Mty1 = 201.94 Mty2 = -182.94

Constante de torsion de la planta. $K_t = \text{Suma } K_y \cdot X' \cdot X' + K_x \cdot Y' \cdot Y' = 23532.98$

Reparto : $V_x' = V_{px} \cdot K_x / \text{Suma } K_x$ $V_y' = V_{py} \cdot K_y / \text{Suma } K_y$
Torsion : $V_x'' = M_{tx} \cdot K_x \cdot Y' / K_t$ $V_y'' = M_{ty} \cdot K_y \cdot X' / K_t$

Desplazamiento relativo de entrepiso (cm) $dx = 100 \cdot V_x' / K_x$
Desplazamiento relativo de entrepiso (cm) $dy = 100 \cdot V_y' / K_y$

Distribucion de cortantes paralelos al eje x

Eje N°	Efecto de V_x				Efecto de V_y			
	Reparto V_x'	Torsor +	M_{tx} V_x''	Total = V_x	Torsor V_y	M_{ty} V_y''	$V_x + 0.3V_y$	$V_y + 0.3V_x$
							V_{xmax}	
1 X	14.01	0.53	14.54	1.00	14.84	5.36	14.84	
2 X	8.41	0.13	8.53	0.24	8.60	2.80	8.60	
3 X	8.41	0.01	8.42	0.17	8.47	2.70	8.47	
4 X	16.81	0.08	16.89	1.07	17.21	6.13	17.21	

Distribucion de cortantes paralelos al eje y

Eje N°	Efecto de V_y				Efecto de V_x			
	Reparto V_y'	Torsor +	M_{ty} V_y''	Total = V_y	Torsor V_x	M_{tx} V_x''	$V_y + 0.3V_x$	$V_x + 0.3V_y$
							V_{ymax}	
1 Y	51.67	9.49	61.17	5.08	62.69	23.43	62.69	
2 Y	2.42	0.11	2.53	0.06	2.55	0.82	2.55	
3 Y	2.42	0.23	2.65	0.13	2.69	0.93	2.69	
4 Y	38.75	8.47	47.23	5.00	48.73	19.17	48.73	

DISTRIBUCION DE CORTANTES EN LA PLANTA N° 3

La planta n° 3 esta compuesta por :
4 porticos o ejes paralelos al eje X (Ejes 1 X a 4 X)
4 porticos o ejes paralelos al eje Y (Ejes 1 Y a 4 Y)

Porticos paralelos al eje x

Eje N°	Sepy (m)	Y (m)	Y' (m)	Kx (t/m)	Kx*Y (t)	Kx*Y' (t)	dx (cm)
1 X	0.00	0.00	-5.82	20.00	0.00	-116.47	56.79
2 X	3.50	3.50	-2.32	12.00	42.00	-27.88	56.79
3 X	4.00	7.50	1.68	12.00	90.00	20.12	56.79
4 X	3.50	11.00	5.18	24.00	264.00	124.24	56.79
Sumas				68.00	396.00	0.00	

Porticos paralelos al eje y

Eje N°	Sepx (m)	X (m)	X' (m)	Ky (t/m)	Ky*X (t)	Ky*X' (t)	dy (cm)
1 X	0.00	0.00	-8.64	128.00	0.00	-1106.44	32.73
2 X	6.50	6.50	-2.14	6.00	39.00	-12.86	32.73
3 X	7.00	13.50	4.86	6.00	81.00	29.14	32.73

4 X	6.50	20.00	11.36	96.00	1920.00	1090.17	32.73
Sumas				236.00	2040.00	0.00	

Cortante total sobre la planta en direccion x $V_{px} = 38.62$
Cortante total sobre la planta en direccion y $V_{py} = 77.25$

Centro de masas de las plantas superiores :
Abscisa del centro de masas (m) $X_m = \text{Suma } (F_y \cdot X_g) / V_{py} = 8.42$
Ordenada del centro de masas (m) $Y_m = \text{Suma } (F_x \cdot Y_g) / V_{px} = 4.94$

Centro de torsion de la planta :
Abscisa centro torsion (m) $X_t = \text{Suma } K_y \cdot X / \text{Suma } K_y = 8.64$
Ordenada centro torsion (m) $Y_t = \text{Suma } K_x \cdot Y / \text{Suma } K_x = 5.82$

X = Distancia al origen del elemento o eje resistente paralelo al eje Y
 $X' = X - X_t$. Idem al centro de torsion.
Y = Distancia al origen del elemento o eje resistente paralelo al eje X
 $Y' = Y - Y_t$. Idem al centro de torsion.

Excentricidades (m) respecto al centro de torsion :
basica: $ex = X_m - X_t$; accidental: $ex1 = K1 \cdot ex + K_b \cdot b_x$, $ex2 = K2 \cdot ex - K_b \cdot b_x$
 $ey = Y_m - Y_t$; $ey1 = K1 \cdot ey + K_b \cdot b_y$, $ey2 = K2 \cdot ey - K_b \cdot b_y$
Dimensiones maximas de planta $b_x = 20.000$ $b_y = 11.000$
a) Excentricidad de V_x $ey1 = 2.425$ $ey2 = -0.216$
b) Excentricidad de V_y $ex1 = 2.342$ $ex2 = -1.772$

Momentos Torsores (txm) ;
a) Producidos por V_x $M_{tx1} = 93.67$ $M_{tx2} = -8.36$
b) Producidos por V_y $M_{ty1} = 180.93$ $M_{ty2} = -136.88$

Constante de torsion de la planta. $K_t = \text{Suma } K_y \cdot X' \cdot X' + K_x \cdot Y' \cdot Y' = 23532.98$

Reparto : $V_x' = V_{px} \cdot K_x / \text{Suma } K_x$ $V_y' = V_{py} \cdot K_y / \text{Suma } K_y$
Torsion : $V_x'' = M_{tx} \cdot K_x \cdot Y' / K_t$ $V_y'' = M_{ty} \cdot K_y \cdot X' / K_t$

Desplazamiento relativo de entrepiso (cm) $dx = 100 \cdot V_x' / K_x$
Desplazamiento relativo de entrepiso (cm) $dy = 100 \cdot V_y' / K_y$

Distribucion de cortantes paralelos al eje x

Eje N°	Efecto de V_x				Efecto de V_y			
	Reparto V_x'	Torsor +	M_{tx} V_x''	Total = V_x	Torsor V_y	M_{ty} V_y''	$V_x + 0.3V_y$	$V_y + 0.3V_x$
							V_{xmax}	
1 X	11.36	0.46	11.82	0.90	12.09	4.44	12.09	
2 X	6.82	0.11	6.93	0.21	6.99	2.29	6.99	
3 X	6.82	0.01	6.82	0.15	6.87	2.20	6.87	
4 X	13.63	0.04	13.67	0.96	13.96	5.06	13.96	

Distribucion de cortantes paralelos al eje y

Eje N°	Efecto de V_y				Efecto de V_x			
	Reparto V_y'	Torsor +	M_{ty} V_y''	Total = V_y	Torsor V_x	M_{tx} V_x''	$V_y + 0.3V_x$	$V_x + 0.3V_y$
							V_{ymax}	
1 Y	41.90	8.51	50.40	4.40	51.73	19.53	51.73	
2 Y	1.96	0.10	2.06	0.05	2.08	0.67	2.08	
3 Y	1.96	0.17	2.13	0.12	2.17	0.76	2.17	
4 Y	31.42	6.34	37.76	4.34	39.07	15.67	39.07	

DISTRIBUCION DE CORTANTES EN LA PLANTA N° 4
=====

La planta n° 4 esta compuesta por :
4 porticos o ejes paralelos al eje X (Ejes 1 X a 4 X)
4 porticos o ejes paralelos al eje Y (Ejes 1 Y a 4 Y)

Porticos paralelos al eje x

Eje N°	Sepy (m)	Y (m)	Y' (m)	Kx (t/m)	Kx*Y (t)	Kx*Y' (t)	dx (cm)
1 X	0.00	0.00	-6.00	12.00	0.00	-72.00	58.52
2 X	3.50	3.50	-2.50	8.00	28.00	-20.00	58.52
3 X	4.00	7.50	1.50	8.00	60.00	12.00	58.52
4 X	3.50	11.00	5.00	16.00	176.00	80.00	58.52
Sumas				44.00	264.00	0.00	

Porticos paralelos al eje y

Eje N°	Sepx (m)	X (m)	X' (m)	Ky (t/m)	Ky*X (t)	Ky*X' (t)	dy (cm)
1 X	0.00	0.00	-8.93	108.00	0.00	-964.66	25.00
2 X	6.50	6.50	-2.43	6.00	39.00	-14.59	25.00
3 X	7.00	13.50	4.57	6.00	81.00	27.41	25.00
4 X	6.50	20.00	11.07	86.00	1720.00	951.84	25.00
Sumas				206.00	1840.00	-0.00	

Cortante total sobre la planta en direccion x Vpx = 25.75
Cortante total sobre la planta en direccion y Vpy = 51.50

Centro de masas de las plantas superiores :
Abscisa del centro de masas (m) Xm = Suma (Fy*Xg) / Vpy = 8.02
Ordenada del centro de masas (m) Ym = Suma (Fx*Yg) / Vpx = 4.66

Centro de torsion de la planta :
Abscisa centro torsion (m) Xt = Suma Ky*X / Suma Ky = 8.93
Ordenada centro torsion (m) Yt = Suma Kx*Y / Suma Kx = 6.00

X = Distancia al origen del elemento o eje resistente paralelo al eje Y
X' = X - Xt . Idem al centro de torsion.
Y = Distancia al origen del elemento o eje resistente paralelo al eje X
Y' = Y - Yt . Idem al centro de torsion.

Excentricidades (m) respecto al centro de torsion :
basica: ex = Xm - Xt ; accidental: ex1 = K1*ex+Kb*bx , ex2 = K2*ex-Kb*bx
ey = Ym - Yt ; ey1 = K1*ey+Kb*by , ey2 = K2*ey-Kb*by
Dimensiones maximas de planta bx = 20.000 by = 11.000
a) Excentricidad de Vx ey1 = 3.110 ey2 = 0.240
b) Excentricidad de Vy ex1 = 3.362 ex2 = -1.092

Momentos Torsores (txm) ;
a) Producidos por Vx Mtx1 = 80.08 Mtx2 = 6.18
b) Producidos por Vy Mty1 = 173.15 Mty2 = -56.24

Constante de torsion de la planta. Kt =Suma Ky*X'*X'+Kx*Y'*Y' = 20212.05

Reparto : Vx' = Vpx * Kx / Suma Kx Vy' = Vpy * Ky / Suma Ky
Torsion : Vx'' = Mtx * Kx * Y' / Kt Vy'' = Mty * Ky * X' / Kt

Desplazamiento relativo de entrepiso (cm) dx = 100 * Vx' / Kx
Desplazamiento relativo de entrepiso (cm) dy = 100 * Vy' / Ky

Distribucion de cortantes paralelos al eje x

Eje N°	Efecto de Vx			Efecto de Vy			
	Reparto Vx'	Torsor Vx''	Mtx	Total Vx	Torsor Vy	Mty	
1 X	7.02	0.29	7.31	0.62	7.49	2.81	7.49
2 X	4.68	0.08	4.76	0.17	4.81	1.60	4.81
3 X	4.68	-0.00	4.68	0.10	4.71	1.51	4.71
4 X	9.36	-0.02	9.34	0.69	9.54	3.49	9.54

Distribucion de cortantes paralelos al eje y

Eje N°	Efecto de Vy			Efecto de Vx			
	Reparto Vpy	Torsor Vy''	Mty	Total Vy	Torsor Vx	Mtx	
1 Y	27.00	8.26	35.26	3.82	36.41	14.40	36.41
2 Y	1.50	0.13	1.63	0.06	1.64	0.55	1.64
3 Y	1.50	0.08	1.58	0.11	1.61	0.58	1.61
4 Y	21.50	2.65	24.15	3.77	25.28	11.02	25.28

DISTRIBUCION DE CORTANTES EN LA PLANTA N° 5
=====

La planta n° 5 esta compuesta por :
3 porticos o ejes paralelos al eje X (Ejes 1 X a 3 X)
3 porticos o ejes paralelos al eje Y (Ejes 1 Y a 3 Y)

Porticos paralelos al eje x

Eje N°	Sepy (m)	Y (m)	Y' (m)	Kx (t/m)	Kx*Y (t)	Kx*Y' (t)	dx (cm)
1 X	0.00	0.00	-4.73	12.00	0.00	-56.73	28.09
2 X	3.50	3.50	-1.23	8.00	28.00	-9.82	28.09
3 X	4.00	7.50	2.77	24.00	180.00	66.55	28.09
Sumas				44.00	208.00	0.00	

Porticos paralelos al eje y

Eje N°	Sepx (m)	X (m)	X' (m)	Ky (t/m)	Ky*X (t)	Ky*X' (t)	dy (cm)
1 X	0.00	0.00	-5.87	72.00	0.00	-422.38	18.87
2 X	6.50	6.50	0.63	4.00	26.00	2.53	18.87
3 X	7.00	13.50	7.63	55.00	742.50	419.85	18.87
Sumas				131.00	768.50	0.00	

Cortante total sobre la planta en direccion x Vpx = 12.36
 Cortante total sobre la planta en direccion y Vpy = 24.72

Centro de masas de las plantas superiores :

Abscisa del centro de masas (m) Xm = Suma (Fy*Xg) / Vpy = 6.75
 Ordenada del centro de masas (m) Ym = Suma (Fx*Yg) / Vpx = 3.75

Centro de torsion de la planta :

Abscisa centro torsion (m) Xt = Suma Ky*X / Suma Ky = 5.87
 Ordenada centro torsion (m) Yt = Suma Kx*Y / Suma Kx = 4.73

X = Distancia al origen del elemento o eje resistente paralelo al eje Y
 X' = X - Xt . Idem al centro de torsion.

Y = Distancia al origen del elemento o eje resistente paralelo al eje X
 Y' = Y - Yt . Idem al centro de torsion.

Excentricidades (m) respecto al centro de torsion :

basica: ex = Xm - Xt ; accidental: ex1 = K1*ex+Kb*bx , ex2 = K2*ex-Kb*bx
 ey = Ym - Yt ; ey1 = K1*ey+Kb*by , ey2 = K2*ey-Kb*by

Dimensiones maximas de planta bx = 13.500 by = 7.500

a) Excentricidad de Vx ey1 = 2.216 ey2 = 0.227

b) Excentricidad de Vy ex1 = 0.025 ex2 = -2.234

Momentos Torsores (txm) ;

a) Producidos por Vx Mtx1 = 27.39 Mtx2 = 2.81

b) Producidos por Vy Mty1 = 0.61 Mty2 = -55.21

Constante de torsion de la planta. Kt = Suma Ky*X'*X' + Kx*Y'*Y' = 6149.14

Reparto : Vx' = Vpx * Kx / Suma Kx Vy' = Vpy * Ky / Suma Ky

Torsion : Vx'' = Mtx * Kx * Y' / Kt Vy'' = Mty * Ky * X' / Kt

Desplazamiento relativo de entrepiso (cm) dx = 100 * Vx' / Kx

Desplazamiento relativo de entrepiso (cm) dy = 100 * Vy' / Ky

Distribucion de cortantes paralelos al eje x

Eje N°	Efecto de Vx			Efecto de Vy			Total Vx	Torsor Vy	Vx+0.3Vy	Vy+0.3Vx	Vxmax
	Reparto Vx'	Torsor + Vx''	Mtx =	Torsor Vy	Mty Vx+0.3Vy	Mtx Vy+0.3Vx					
1 X	3.37	0.25	3.62	0.51	3.78	1.60	3.78				3.78
2 X	2.25	0.04	2.29	0.09	2.32	0.78	2.32				2.32
3 X	6.74	-0.03	6.71	0.60	6.89	2.61	6.89				6.89

Distribucion de cortantes paralelos al eje y

Eje N°	Efecto de Vy			Efecto de Vx			Total Vy	Torsor Vx	Vy+0.3Vx	Vx+0.3Vy	Vymax
	Reparto Vy'	Torsor + Vy''	Mty =	Torsor Vx	Mtx Vy+0.3Vx	Mty Vx+0.3Vy					
1 Y	13.59	0.04	13.63	1.88	14.19	5.97	14.19				14.19
2 Y	0.75	0.02	0.78	0.01	0.78	0.24	0.78				0.78
3 Y	10.38	3.77	14.15	1.87	14.71	6.11	14.71				14.71

TABLA RESUMEN DE LA DISTRIBUCION DE CORTANTES (t)

=====

Cortantes de entrepiso Vx en porticos paralelos a direccion X

Planta N°	Eje 1X (t)	Eje 2X (t)	Eje 3X (t)	Eje 4X (t)
5	3.78	2.32	6.89	-
4	7.49	4.81	4.71	9.54
3	12.09	6.99	6.87	13.96
2	14.84	8.60	8.47	17.21
1	16.71	9.71	9.58	19.49

Cortantes de entrepiso Vy en porticos paralelos a direccion Y

Planta N°	Eje 1Y (t)	Eje 2Y (t)	Eje 3Y (t)	Eje 4Y (t)
5	14.19	0.78	14.71	-
4	36.41	1.64	1.61	25.28
3	51.73	2.08	2.17	39.07
2	62.69	2.55	2.69	48.73
1	70.71	2.88	3.03	54.85