

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA  
Facultad de Ciencias y Humanidades  
Departamento de Ingeniería Civil



**PROPUESTA DE UN MÉTODO SIMPLIFICADO PARA LA  
DETERMINACIÓN DE ALGUNOS FACTORES DE  
CALIDAD EN LA INTEGRACIÓN DEL FACTOR R DEL  
CÓDIGO AGIES 1996**

Elsa Guillermina Cabrera Romero

Trabajo de Graduación presentado para optar al grado  
académico de Master en Ingeniería Estructural



Guatemala  
2003

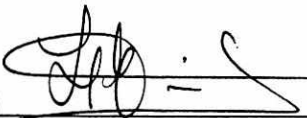
**PROPUESTA DE UN MÉTODO SIMPLIFICADO PARA LA  
DETERMINACIÓN DE ALGUNOS FACTORES DE  
CALIDAD EN LA INTEGRACIÓN DEL FACTOR R DEL  
CÓDIGO AGIES 1996**

Vo.Bo.:

(f)   
Ing. Milton Roberto Matus Izaguirre

Tribunal:

(f)   
Ing. Franklin Matzdorf Monroy

(f)   
Ing. Luis Arnoldo Córdova Mejía

(f)   
Ing. Milton Roberto Matus Izaguirre

Fecha de aprobación:

Guatemala, 12 de febrero de 2003.

# CONTENIDO

Página

LISTA DE FIGURAS .....	v
------------------------	---

## Capítulos

1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. HIPÓTESIS .....	4
3. OBJETIVOS .....	5
4. FACTORES DE REDUCCIÓN DE RESPUESTA SÍSMICA .....	6
5. PROPUESTA DE UN MÉTODO SIMPLIFICADO PARA LA DETERMINACIÓN DE ALGUNOS FACTORES DE CALIDAD EN LA INTEGRACIÓN DEL FACTOR R DEL CÓDIGO AGIES 1996 .....	31
6. EJEMPLOS .....	33
7. DISCUSIÓN DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES .....	102
8. RECOMENDACIONES .....	106
9. BIBLIOGRAFÍA .....	107
10. APÉNDICES .....	108

## LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1. Tramos estructurales.....	8
2. Ejes estructurales: planta.....	9
3. Ejes estructurales: elevación.....	9
4. Muros de cortante.....	11
5. Arriostramientos con juntas desfasadas.....	12
6. Componentes de los sistemas estructurales.....	13
7. Ejes estructurales.....	16
8. Numeración de elementos.....	16
9. Numeración de desplazamientos.....	17
10. Diagrama de fuerzas y desplazamientos.....	18
11. Simetría en planta.....	20
12. Falsa simetría.....	20
13. Formas sencillas y complejas en planta.....	21
14. Formas sencillas y complejas en elevación.....	22
15. Piso suave o débil.....	24
16. Muros de cortante discontinuos.....	24
17. Planta caso 1.....	37
18. Planta caso 2.....	38
19. Planta caso 3.....	39
20. Planta caso 4.....	40
21. Planta caso 5.....	41
22. Planta caso 6.....	42
23. Planta caso 7.....	43
24. Planta caso 8.....	44
25. Planta caso 9.....	45
26. Planta caso 10.....	46

27. Planta caso 11.....	47
28. Planta caso 12.....	48
29. Planta caso 13.....	49
30. Planta caso 14.....	50
31. Elevación típica 1.....	51
32. Elevación típica 2.....	51
33. Elevación típica 3.....	52
34. Elevación típica 4.....	52
35. Elevación típica 5.....	53
36. Elevación típica 6.....	53
37. Elevación típica 7.....	54
38. Elevación típica 8.....	54
39. Elevación típica 9.....	55
40. Elevación típica 10.....	55
41. Elevación típica 11.....	56
42. Elevación típica 12.....	56
43. Modelo típico A: numeración elementos.....	57
44. Modelo típico A: numeración desplazamientos.....	58
45. Modelo típico B: numeración elementos.....	59
46. Modelo típico B: numeración desplazamientos.....	60
47. Modelo típico C: numeración elementos.....	61
48. Modelo típico C: numeración desplazamientos.....	62
49. Modelo típico D: numeración elementos.....	63
50. Modelo típico D: numeración desplazamientos.....	64
51. Modelo típico E: numeración elementos.....	65
52. Modelo típico E: numeración desplazamientos.....	66
53. Modelo típico F: numeración elementos.....	67
54. Modelo típico F: numeración desplazamientos.....	68
55. Modelo típico G: numeración elementos.....	69
56. Modelo típico G: numeración desplazamientos.....	70

# 1. INTRODUCCIÓN

Guatemala, por su situación geológica, presenta una alta actividad sísmica. Se encuentra localizada en una zona en donde convergen tres placas tectónicas importantes, que son la placa de Norteamérica, la placa de Cocos y la placa del Caribe. El movimiento relativo de las placas tectónicas genera actividad sísmica a lo largo de las zonas en las que existe contacto. Además, debido a la interacción de las tres placas, se han generado zonas de fallas secundarias que son capaces de producir sismos. Es atravesada por una cadena volcánica, conocida como el Cinturón de Fuego del Pacífico, por lo que se pueden producir sismos de origen volcánico.

El movimiento que producen los sismos en el terreno es impredecible, y por lo tanto también lo son los efectos a los que se ven sometidos los elementos de una estructura.

La experiencia acumulada por sismos pasados ha mostrado que las edificaciones que presentan configuraciones sencillas, continuas, simétricas, rectilíneas y repetitivas, han sido las que han presentado un mejor comportamiento ante los efectos sísmicos. Si se pueden prever estos efectos, entonces se pueden calcular edificaciones que los resistan. Este no es el caso en edificaciones en las que se presenta asimetría horizontal y asimetría vertical, que producen efectos de torsión y volteo respectivamente, los cuales son difíciles de establecer con un grado de certeza aceptable. Tampoco tienen buen comportamiento las configuraciones en las que se presentan cambios de resistencia y rigidez entre niveles.

Por lo anterior, es importante tener conocimiento de los factores que afectan la configuración de una edificación, es decir, de los factores de calidad, ya que son los que se utilizan para integrar el valor del factor de reducción de respuesta sísmica.

La mayoría de los países han creado reglamentos de construcción en los que se especifican normas a seguir para el diseño y la construcción de estructuras seguras. En Guatemala desde 1986, con el afán de uniformar el

criterio para la construcción sismoresistente de acuerdo a condiciones locales, la Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica, AGIES, elaboró las "Normas Estructurales de Diseño y Construcción Recomendadas para la República de Guatemala".

Esta norma, en uno de sus capítulos para la integración de los efectos sísmicos, propone valores de los factores de calidad basándose en aspectos de la configuración. De acuerdo con las normas, lo que se pretende es calificar la edificación con aspectos que sean entendibles por diseñadores y propietarios.

Estos factores de calidad se relacionan con aspectos de la configuración, que de acuerdo con la norma AGIES 1996, sección 3-1.4, son:

Con base en la redundancia estructural:

- q1: número de tramos
- q2: número de ejes estructurales
- q3: presencia de muros o riostras

Con base en la configuración en planta:

- q4: regularidad en planta
- q5: excentricidades en planta
- q6: isotropía en planta

Con base en la configuración vertical:

- q7: regularidad en elevación
- q8: condición de piso suave.

Los anteriores factores están determinados en alto porcentaje por las características de rigidez de las estructuras, por lo tanto en la fase de diseño es importante que se determinen configuraciones que sean favorables ante los efectos sísmicos que le pudieran afectar, ya que esto ayuda a establecer puntos en los que la estructura pudiera resultar dañada.

En el presente trabajo de tesis se pretende explicar e ilustrar los aspectos que afectan la configuración de una edificación, siguiendo los temas que especifica la norma AGIES 1996 en cuanto a redundancia estructural, configuración vertical y configuración horizontal. Todo esto se presenta en la sección 3-1 de la norma. Para lo anterior se presenta una definición y una

ilustración, con lo que se espera que se tenga una mejor comprensión de los términos. Además, se presentan valores prácticos para definir algunas características de las edificaciones.

Algunos de los métodos utilizados para determinar características de rigidez se definen en forma teórica, para luego proponer un método, que a nuestro criterio, sea sencillo y práctico de usar.

Se presenta la planta de una edificación, variando algunas características. Con base en esto y para una mejor comprensión del uso de las normas, se analizan ejemplos prácticos que ayuden a determinar rangos para valores de los factores de calidad. Para esto se aplican los métodos expuestos.

## 2. HIPÓTESIS

Las características de rigidez se pueden establecer por métodos bien definidos y rigurosos, que normalmente requieren del uso de sofisticados programas de computadora o bien, cálculos matemáticos que consumen tiempo.

Se considera que puede plantearse un método simplificado para determinar algunos de los valores de los factores de calidad en la integración del factor R del código de AGIES, basándose en las normas con la designación NR 96. Este método puede utilizarse tanto en la etapa de prediseño, como en la etapa de diseño final.

## **3. OBJETIVOS**

### **3.1 General**

Contribuir a la explicación y divulgación de la Norma AGIES 1996 en cuanto a aspectos sísmicos se refiere.

### **3.2 Específicos**

- Explicar la configuración estructural de una edificación y los aspectos que influyen sobre ella.
- Presentar una explicación de los factores de calidad con base en lo expuesto en las normas de AGIES.
- Proponer un método simplificado para el cálculo de algunos de los factores de calidad utilizados en el código de AGIES.
- Presentar valores para los factores de calidad, de acuerdo a resultados obtenidos de ejemplos prácticos.

## 4. FACTORES DE REDUCCIÓN DE RESPUESTA SÍSMICA

### 4.1 DEFINICIÓN

El factor de reducción de respuesta sísmica es aquel cuyo propósito es reducir el valor del sismo elástico a otro con el que se diseña una edificación. Está relacionado con las características geométricas y dinámicas de la misma, por lo que es un valor que depende, hasta cierto punto, de las decisiones del diseñador. Por esto la configuración de la edificación, tanto vertical como horizontal, se debe conocer para determinar sus valores.

En las primeras etapas del diseño de una edificación es importante definir la configuración, materiales y sistema estructural. Estas características se deben elegir en función de la ubicación y uso de la misma, tratando de que sea segura, económica y que mantenga una buena arquitectura.

La configuración se define como el tamaño y la forma en conjunto de una edificación, junto con el tamaño, naturaleza y disposición de todos los elementos que son significativos en el comportamiento sísmico de la misma. Esto incluye elementos como muros, columnas, losas, ductos de servicio y gradas, así como la forma en que los muros exteriores se dejan sólidos o con aberturas para iluminación natural y ventilación. (Arnold y Reitherman, 1991)

Las soluciones para la configuración de una edificación deben ser sencillas, continuas, simétricas, rectilíneas y repetitivas, de tal manera que se obtenga una estructura confiable.

La configuración influye en el comportamiento de la edificación ante los efectos de un sismo. Es determinante para establecer los puntos en los que pudieran ocurrir daños considerables, que pueden llevar a que la edificación falle.

La norma AGIES 1996 presenta el factor de reducción de respuesta sísmica,  $R$ , en el numeral 3-1.2.1. El valor de  $R$  lo determina con la siguiente

ecuación:

$$R = 1.2 R_0 Q \quad \text{Ecuación 3-1/1, AGIES}$$

donde,

$R_0$ : es el factor genérico de reducción de respuesta, que depende del sistema estructural y del sistema vertical sísmoresistente, y cuyo valor numérico se especifica en el Cuadro 3-1/A que se adjunta en el apéndice;

$Q$ : es un factor específico de calidad sísmoresistente, específico para cada proyecto en particular y para cada dirección de análisis. Su valor numérico se integra, para cada dirección de análisis, con la siguiente ecuación:

$$Q = 1.00 + 0.01 \sum q_i \quad \text{Ecuación 3-1/2, AGIES}$$

El valor de  $Q$ , en cada dirección de análisis, debe ser mayor que 0.8, de lo contrario se deberá modificar el proyecto. Su valor básico es 1.00, pudiendo subir a 1.15 para estructuraciones favorables. Los índices de calidad  $q_i$  se obtienen con base en la configuración de la edificación, sección 3-1.4, numerales 3-1.4.1, 3-1.4.2 y 3-1.4.3 de la norma AGIES 1996. El cuadro 3-1/B que se adjunta en el apéndice, sirve de guía para la integración de sus valores.

## 4.2 ASPECTOS QUE AFECTAN LA CONFIGURACIÓN DE UNA EDIFICACIÓN

### 4.2.1 Redundancia Estructural

#### 4.2.1.1 Tramos

Un tramo de una estructura es el espacio existente entre dos soportes consecutivos, considerándose su longitud como el claro libre entre estos. Una estructura puede tener varios o ningún tramo, caso en el que la estructura será del tipo péndulo invertido.

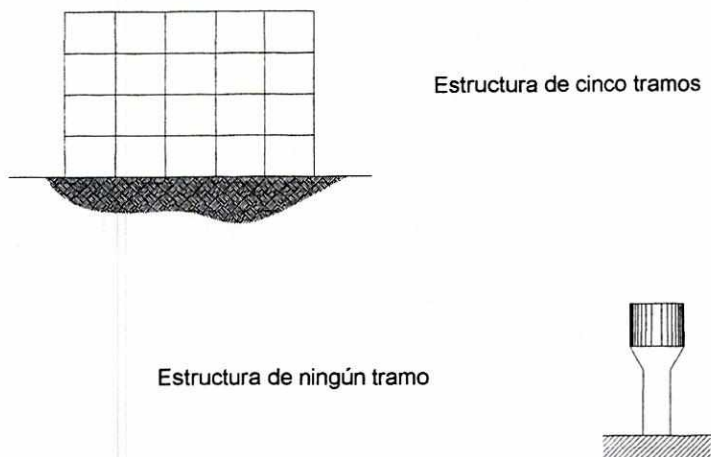


Figura 1 – Tramos estructurales

#### 4.2.1.2 Ejes estructurales

Un eje estructural es una sucesión lineal de tramos y soportes. Una estructura puede tener varios ejes estructurales en los sentidos de análisis. La distancia entre ejes estructurales se considera de centro a centro de cada eje.

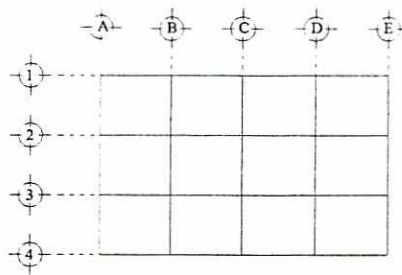


Figura 2 – Ejes estructurales: planta

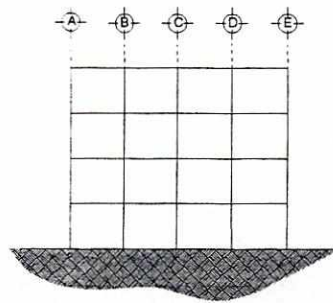


Figura 3 – Ejes estructurales: elevación

#### 4.2.1.3 Sistemas estructurales

Para resistir las fuerzas sísmicas, se utilizan conjuntos de elementos que combinados y unidos en el plano horizontal por medio de diafragmas, forman sistemas resistentes completos.

Es recomendable que se tengan configuraciones en las que existan elementos interiores resistentes a fuerzas laterales, esto es, mayor cantidad de

vigas y columnas. Las ventajas son que se tienen más uniones para distribuir las cargas, las luces de las vigas son más pequeñas y los elementos resistentes se distribuyen de manera regular.

La distribución de los muros, tanto dentro como en el perímetro de la edificación, es importante para evitar variaciones de resistencia y rigidez. La condición ideal sería tener muros en el perímetro, ya que contribuyen a resistir movimientos de volteo y de torsión.

Los elementos no estructurales pueden llegar a ser parte del sistema resistente si no se aíslan adecuadamente, redistribuyendo cargas y cambiando el comportamiento de la estructura. Un grave problema de cambio de rigidez se presenta por el uso de rellenos no estructurales de mampostería, provocando áreas de mayor rigidez, que al no estar diseñadas para soportar esfuerzos, fallan.

La norma AGIES (1996:3-1/6) divide los sistemas estructurales en cinco grupos, que se definen a continuación:

«E1, Sistemas de cajón: es un sistema estructural integrado con muros estructurales que soportan toda o casi toda la carga vertical. Las fuerzas sísmicas deben ser resistidas por los propios muros estructurales y/o por marcos arriostrados. Los muros y marcos deben estar unidos por diafragmas en el plano horizontal.»

«E2, Sistemas de marcos: es un sistema integrado con marcos espaciales resistentes a flexión que soportan la carga vertical y además todas las sollicitaciones sísmicas. Todos los marcos deben estar unidos por diafragmas horizontales.»

«E3, Sistema combinado de muros y marcos: es un sistema estructural constituido por un marco especial que soporta la carga vertical. La totalidad de las sollicitudes sísmicas deben ser resistidas con muros estructurales o marcos arriostrados incorporados en algunos de los marcos. Todos los marcos deberán estar unidos por diafragmas en el plano horizontal. Por sollicitaciones laterales, los marcos pueden limitarse a que, sin menoscabo de su capacidad portante vertical, acepten las acciones inducidas por las derivas laterales de la estructura.»

«E4, Sistema dual de muros y marcos: es un sistema estructural constituido por un marco especial que soporta la carga vertical. Las solicitaciones sísmicas se resisten con muros estructurales incorporados en algunos de los marcos o incluyendo marcos arriostrados (las riostras deben ser del tipo excéntrico). Los marcos deben estar unidos por diafragmas horizontales y deben resistir las solicitaciones sísmicas en proporción a sus rigideces relativas, tomando en cuenta la interacción entre muros y marcos. Los marcos especiales deben resistir por sí mismos el 25 por ciento de las solicitaciones sísmicas especificadas cuando en el modelo estructural se anula la rigidez lateral de los muros (pero no su rigidez axial) y la rigidez de las riostras.»

«E5, Péndulo invertido: es un sistema estructural en el cual los elementos que soportan la carga vertical resisten todas las fuerzas sísmicas actuando esencialmente como voladizos verticales aislados, sin acción de marco.»

Los muros resistentes al cortante o muros de cortante son muros verticales en voladizo que se han diseñado para coleccionar las fuerzas laterales de los diafragmas y transmitirlas al suelo. En la figura 4 se ilustra un edificio con muros de cortante en sus extremos. El movimiento del suelo mueve al edificio y a los diafragmas, los que transmiten este movimiento a los muros de cortante, y éstos lo transmiten a la cimentación.

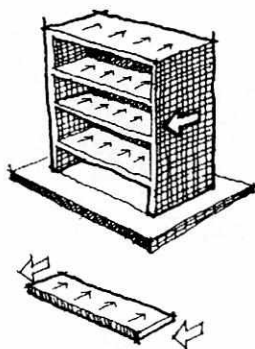


Figura 4 – Muros de cortante

El comportamiento de los marcos arriostrados es similar al de los muros de cortante. Es común encontrar arriostramientos con juntas desfasadas, lo que contribuye a retardar el colapso debido al pandeo de las columnas por el diseño en el que las vigas fallarán antes que las columnas.

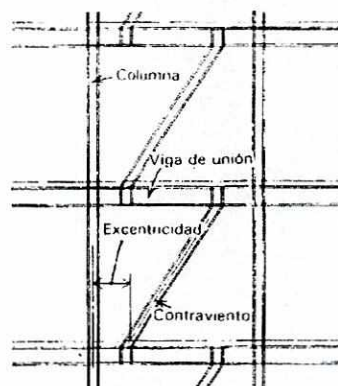
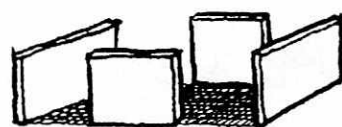


Figura 5 – Arriostramientos con juntas desfasadas

En los marcos resistentes a momento, las fuerzas laterales son resistidas por medio de flexión y cortante de columnas y vigas conectadas por medio de conexiones de momento.

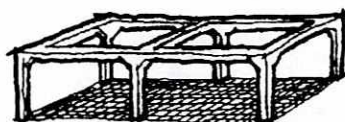
En la configuración son importantes los sistemas de marcos desde el punto de vista arquitectónico ya que evita el uso de muros de cortante o marcos arriostrados que restringen circulación, ventilación e iluminación. El uso de este sistema da más flexibilidad en el diseño de elementos no estructurales como muros de relleno y divisiones, con lo que se aprovechan mejor los espacios.



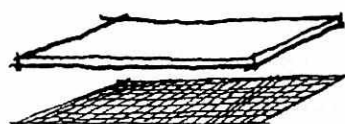
Muros resistentes al cortante



Marcos contraventeados



Marcos resistentes a momento



Diafragmas

Figura 6 – Componentes de los sistemas estructurales

#### 4.2.2 Configuración horizontal y vertical

La configuración horizontal incluye sencillez, uniformidad y simetría y rigidez torsional. La configuración vertical incluye uniformidad y continuidad, así como proporción.

No todas las edificaciones se comportan de la misma manera aun cuando sus configuraciones son similares. Una de las principales razones es el tamaño de la edificación. En estructuras pequeñas, como casas, se pueden llegar a contradecir algunos de los principios de la configuración sin que se llegue a perjudicar la estructura, pero en estructuras grandes, como edificios, esto no es así. Por esto no se deben generalizar las configuraciones. Del tamaño de la

edificación dependerá el material del que se construya, que influye directamente en el peso de la estructura.

La planta de la edificación, aunque sea sencilla y simétrica, si es demasiado grande, puede provocar que no se obtenga una respuesta adecuada ante el movimiento del suelo. La suposición de que todos los puntos del edificio se ven afectados por el movimiento del suelo en un mismo instante no es válida en este caso. Los elementos presentan desplazamientos, velocidades y aceleraciones diferentes, dependiendo de sus características estructurales y de las características del suelo. En el caso de tener plantas demasiado grandes, se pueden agregar muros o marcos que reduzcan su tamaño. Las formas excesivamente alargadas son poco convenientes debido a que se reduce la rigidez de la losa en su plano para trabajar como diafragma.

Para no tener formas muy alargadas se debe mantener la proporción o relación lado mayor a lado menor de la edificación, menor que tres. (Meli, 1987)

En el caso de plantas en forma de T o L, la relación entre el largo de las patas y el largo de la edificación, debe ser mayor que 0.2. Para formas C y H, la relación entre el ancho del entrante y el largo de la planta en la misma dirección, se debe mantener mayor a 0.2. (Meli, 1987)

La proporción o relación alto a ancho de una edificación puede ser más importante que su tamaño absoluto. Se debe tratar de que las edificaciones no sean muy esbeltas, ya que los efectos de volteo se pueden volver críticos. La relación alto a ancho se debe limitar a tres o cuatro. (Arnold y Reitherman, 1991; Dowrick, 1984)

De acuerdo con la norma AGIES 1996, numeral 3-1.4.2 Configuración en planta, un edificio se considera como regular en planta si cumple con todas las siguientes condiciones:

- Más del setenta y cinco por ciento del área del edificio sobre el nivel del suelo lo constituyen plantas regulares que no presentan entrantes o salientes de dimensiones significativas. No se consideran los sótanos que están confinados por el terreno. Una planta es regular si el área real del diafragma limitado por los ejes estructurales exteriores, descontando agujeros interiores

y sin considerar los voladizos que se encuentren fuera de los mismos ejes, no es menor que el setenta y cinco por ciento del área nominal del rectángulo que limitan los ejes estructurales exteriores.

- Cuando ningún piso presenta excesiva excentricidad entre el centro de masa y el centro de rigidez. No se considera esta condición para los pisos que sumen menos del quince por ciento de la masa del edificio sobre el nivel del suelo. La excentricidad se verifica con las relaciones  $e_x$  a  $L_x$  o  $e_y$  a  $L_y$ , en donde  $e_x$  es la distancia en dirección  $x$ , entre el centro de masa y el centro de rigidez del piso, y  $L_x$  es la distancia entre los ejes estructurales extremos en dirección  $x$ . Esto es similar para la dirección  $y$ . También se puede verificar por medio del radio de resiliencia, que es la raíz cuadrada de la relación de rigidez torsional a rigidez traslacional. La excentricidad será excesiva si  $e_x$  a  $L_x$  o  $e_y$  a  $L_y$  en el piso es mayor que 0.15 o si excede el veinte por ciento del radio de resiliencia, y grande  $e_x$  a  $L_x$  o  $e_y$  a  $L_y$  es mayor que 0.10 o si excede el quince por ciento del radio de resiliencia.
- Ningún piso presenta excesiva anisotropía de rigideces. La anisotropía se verifica por medio de la relación de rigideces traslacionales, para cada dirección y con la relación  $L_x$  a  $L_y$ . La anisotropía de rigideces en un piso será excesiva si la relación entre rigideces traslacionales en cada dirección no está entre 0.67 y 1.50, y si la relación  $L_x$  a  $L_y$  no está entre 0.33 y 3.0. Un piso será isotrópico si la relación de rigideces traslacionales está entre 0.75 y 1.33 y si la relación  $L_x$  a  $L_y$  está entre 0.5 y 2.0.

La rigidez lateral o traslacional es la rigidez que presenta la estructura debida a las fuerzas horizontales, siendo la que las distribuye en cada eje y en cada nivel de la estructura. Para determinarla se puede seguir el procedimiento que se describe a continuación.

Teniendo la planta y la elevación de la estructura, se determina la rigidez para cada eje en cada dirección de análisis, esto es, ejes letra y ejes número. En la figura 7 se presenta un ejemplo de una planta de una edificación y la forma como se deben identificar los ejes estructurales.

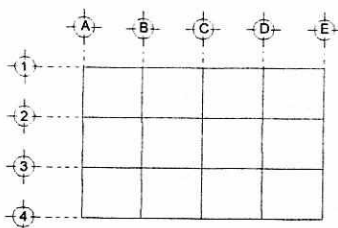


Figura 7 – Ejes estructurales

Para esto se debe determinar la matriz de rigidez de cada eje en cada dirección de análisis. En la elevación, se procede a numerar los elementos de la estructura, primero las columnas y luego las vigas, empezando del primer nivel. En la figura 8 se muestra un ejemplo de numeración de elementos. Luego se numeran los grados de libertad o desplazamientos, primero los debidos a la flexión en columnas y luego los debidos al axial en columnas y a la flexión en vigas. En la figura 9 se muestra una elevación típica con la numeración de grados de libertad.

	33	34	35	
17		18	19	20
	30	31	32	
13		14	15	16
	27	28	29	
9		10	11	12
	24	25	26	
5		6	7	8
	21	22	23	
1		2	3	4

Figura 8 – Numeración de elementos

	38	40	42	44
5	39	41	43	45
	30	32	34	36
4	31	33	35	37
	22	24	26	28
3	23	25	27	29
	14	16	18	20
2	15	17	19	21
	6	8	10	12
1	7	9	11	13

### NUMERACIÓN DESPLAZAMIENTOS

	desplazamiento horizontal	desplazamiento vertical
		giro

Nota: esta es la convención utilizada en este estudio para numerar desplazamientos.

Figura 9 – Numeración de desplazamientos

Conociendo la matriz de rigidez de todos los ejes letra y número, se determina la matriz de rigidez del edificio para los ejes letra y los ejes número. La rigidez del edificio en el sentido letra será igual a la sumatoria de las matrices de rigidez de los ejes letra, y para el sentido número, la sumatoria de las matrices de rigidez de los ejes número.

Teniendo la matriz de rigidez de todo el eje, se obtiene la matriz de rigidez condensada del eje. La diagonal principal de la matriz ( $k_{ii}$  o  $k_{jj}$ ) proporciona la rigidez lateral para cada nivel. Al condensar la matriz de rigidez de todo el eje, se trabaja con un modelo de masas concentradas.

La rigidez torsional es la que se presenta en una estructura debido a la distribución de las masas y rigideces de los elementos de la misma. Para determinarla se puede seguir el procedimiento que se describe a continuación, con referencia al diagrama de fuerzas y desplazamientos, figura 10.

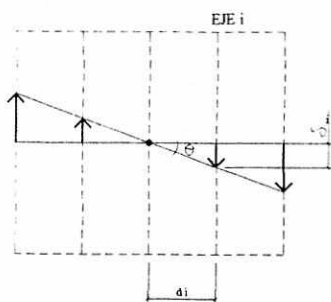


Figura 10 – Diagrama de fuerzas y desplazamientos

El desplazamiento debido al giro es igual al giro por la distancia del centro de masa del nivel al centro de rigidez del eje en consideración.

$$\delta_i = \theta * d_i$$

La fuerza debida a este desplazamiento es igual a la rigidez del eje por el desplazamiento.

$$f_i = k_i * \delta_i$$

El momento torsionante es igual a la sumatoria de las fuerzas por el brazo o distancia del centro de masa del nivel al centro de rigidez del eje en consideración.

$$M_T = \sum f * \text{brazo} = \sum (k_i * \theta * d_i) * d_i = \sum k_i * \theta * d_i^2$$

Para un giro igual a la unidad, el momento torsionante se denomina rigidez torsional, por lo que la rigidez torsional es igual a la sumatoria de la rigidez por la distancia del centro de masa al centro de rigidez del eje elevada al cuadrado, de todos los ejes letra y número.

$$k_T = \sum k * d^2$$

Para la excentricidad accidental se puede tomar un valor de cinco por ciento de la dimensión en planta del entrepiso del edificio, perpendicular a la dirección del movimiento del terreno aplicado. Se considera como un incremento o decremento en la excentricidad correspondiente a la distancia entre los centros de masa y de rigidez.

En la norma AGIES 1996, numeral 3-1.4.3 Configuración vertical, se clasifican como regulares en elevación, las edificaciones que cumplan con lo siguiente:

- La estructura tiene una configuración geométrica vertical aproximadamente constante y no presenta escalonamientos de un tramo o más. No se consideran escalonamientos entre el cuerpo del edificio y los sótanos y los escalonamientos que ocurren en el primer quince por ciento de la altura del edificio.
- Cuando la relación masa a rigidez no presenta cambios de más del quince por ciento entre pisos adyacentes. No se requiere una verificación del último piso.
- Todos los elementos no estructurales, como tabiques y sillares, están ubicados y aislados adecuadamente de modo que no produzcan cambios de resistencia y rigidez de un piso a otro. Se prefiere que estos se dispongan fuera del plano de las columnas.

#### **4.2.2.1 Regularidad horizontal**

La simetría indica una propiedad geométrica de la configuración de la edificación. Al analizar un edificio en planta, se dirá que es simétrico respecto a dos ejes si su geometría es idéntica en cualquiera de los lados de cualquiera de los ejes que se estén considerando. Se obtendrá simetría con respecto a un solo eje si solamente con respecto a un eje es geoméricamente idéntico, pero no con respecto a otros ejes, ver figura 11. (Arnold y Reitherman, 1991)

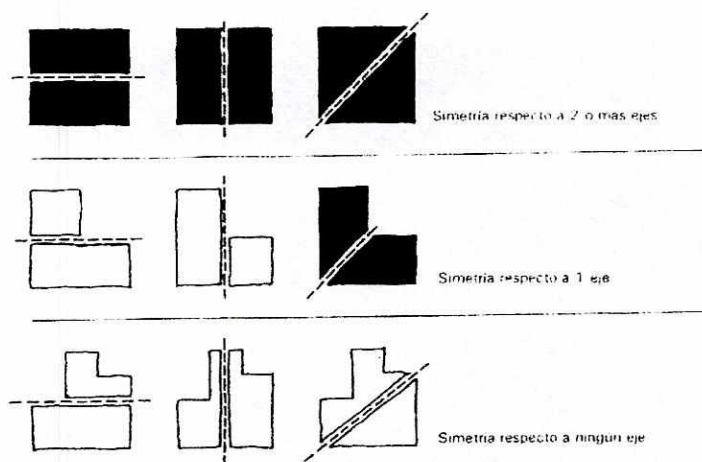


Figura 11 – Simetría en planta

La simetría también se refiere a la distribución de los elementos estructurales y no estructurales dentro del edificio. Cuando los muros de cortante no se pueden ubicar en las fachadas de los edificios debido a requisitos arquitectónicos, se ubican en núcleos o módulos de servicios. Se pueden tener configuraciones simétricas en las que los módulos de servicio estén ubicados asimétricamente, incrementando la posibilidad de que exista torsión, o bien configuraciones aparentemente asimétricas que actúan estructuralmente simétricas debido a la ubicación de elementos estructurales. Con estas condiciones se presentan los edificios con la llamada falsa simetría, figura 12.

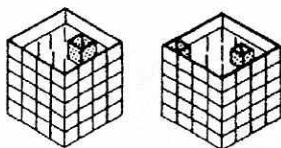


Figura 12 – Falsa simetría

La planta de una edificación será compleja si al conectar dos puntos dentro de la figura mediante una línea, se cruzan sus límites. De lo contrario se considera como sencilla. Esto incluye configuraciones con esquinas interiores o entrantes, características comunes de muchos edificios. Pueden tener la forma de T, L, U, H o cruz, o una combinación que lleva a una forma más compleja.

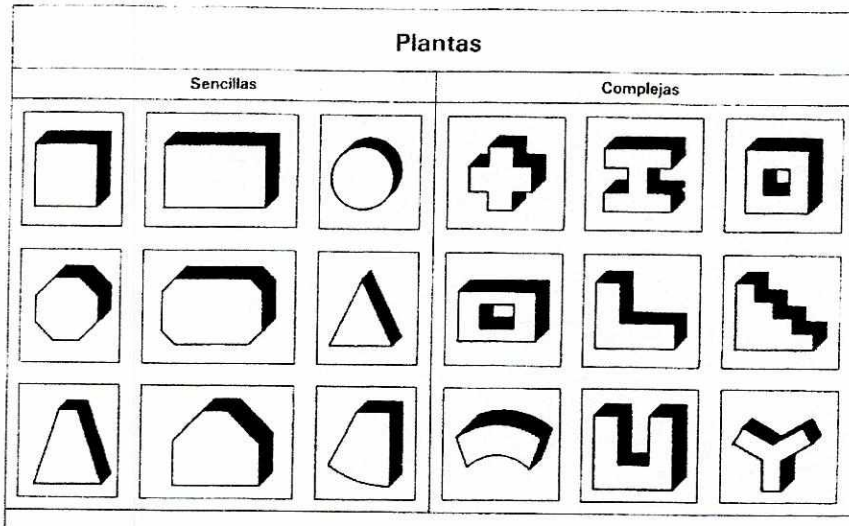


Figura 13 – Formas sencillas y complejas en planta

#### 4.2.2.2 Excentricidad horizontal

Se dice que se tiene simetría estructural o que no existe excentricidad, cuando el centro de masa y el centro de rigidez se ubican en el mismo punto.

Se deben preferir las formas simétricas, ya que la asimetría, por la diferente ubicación del centro de masa y el centro de rigidez, produce torsión.

En el diseño se debe tratar de que, en el perímetro, todos los lados tengan resistencia y rigidez aproximadamente iguales. Con esto se trata de que el centro de masa y el centro de rigidez coincidan, con lo que se disminuye la torsión.

#### 4.2.2.3 Isotropía en planta

La isotropía, para edificios, se refiere a que la planta de todos los niveles tenga las mismas características de rigidez en los dos ejes principales. Esto es importante ya que permite que se mantenga una sola línea para la transmisión de esfuerzos hacia la cimentación.

#### 4.2.2.4 Regularidad vertical

La simetría vertical es tan importante como la simetría en planta, ya que la edificación se verá simétrica en elevación, pero desde el punto de vista estructural no lo es ya que en un extremo está libre y en el otro está empotrada.

Una edificación presenta una configuración regular verticalmente si no presenta escalonamientos normales o invertidos abruptos. Esto provoca cambios en las dimensiones de un piso a otro, por lo tanto, cambios de resistencia y rigidez. Las elevaciones sin escalonamientos se denominan sencillas y las que presenten escalonamientos, complejas.

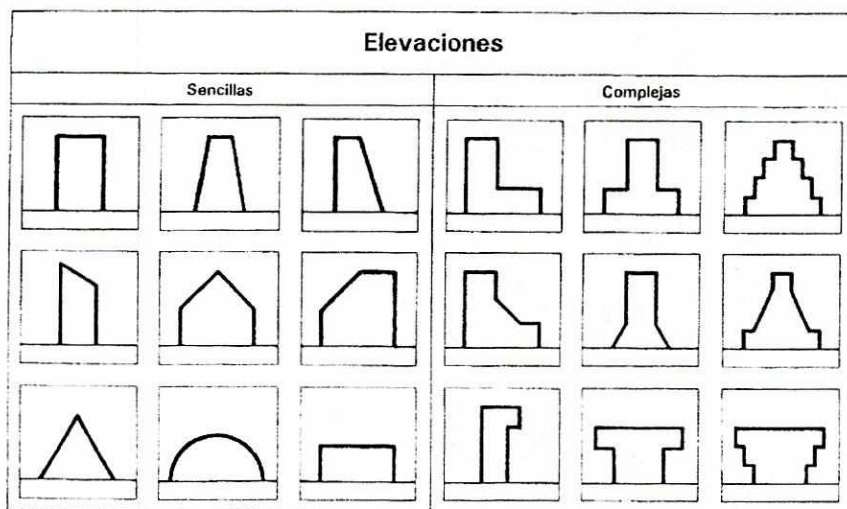


Figura 14 – Formas sencillas y complejas en elevación

Para edificaciones con escalonamientos graduales respecto de la altura, los mismos no deben ser mayores que el diez por ciento de la dimensión mayor de la edificación, en la dirección del escalonamiento. La acumulación total de escalonamientos no debe exceder el veinticinco por ciento del lado mayor de la edificación. Lo anterior no es aplicable si el escalonamiento ocurre dentro del quince por ciento inferior de la altura total de la edificación. Cuando se presente un escalonamiento abrupto, su dimensión no debe ser mayor que el veinticinco por ciento de la dimensión mayor de la edificación.

En escalonamientos invertidos, ningún piso debe tener un área mayor que el veinte por ciento del área del piso inmediato inferior, a excepción de el último piso.

#### **4.2.2.5 Condición de piso suave o débil**

Las discontinuidades de resistencia y rigidez se presentan cuando hay zonas débiles en la trayectoria que deben seguir las fuerzas a través de la estructura. El caso más conocido es el llamado piso suave o débil, que se presenta en edificaciones en las que existe una discontinuidad significativa de resistencia y rigidez entre uno de los pisos y los pisos superiores o inferiores. Es más grave cuando se presenta por un cambio de rigidez entre el primero y segundo piso. Los casos más comunes se tienen cuando el primer piso es más alto que el resto de pisos, cuando no continúan algunas columnas hasta la cimentación, o cuando un piso abierto soporta muros superiores pesados, sean o no estructurales. Al presentarse la condición de piso débil, éste será el piso más castigado por los esfuerzos y daños, ya que será en donde se presenten deformaciones mayores. Los muros de cortante discontinuos son un caso de piso débil, en el que se interrumpe el muro de cortante en un piso, y con esto, la trayectoria de cargas hacia la cimentación, siendo la situación más común y la más grave el caso en el que se interrumpe en el primer nivel.

La condición de piso suave se presenta cuando la rigidez lateral de un piso es menor que el setenta por ciento de la rigidez del piso superior o menor que el ochenta por ciento del promedio de rigideces de los tres pisos superiores.

La resistencia del piso es la resistencia total de todos los elementos sismoresistentes compartiendo el corte de piso para la dirección en consideración.

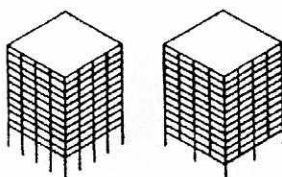


Figura 15 – Piso suave o débil: columnas en primer nivel más altas, interrupción de columnas en el primer nivel

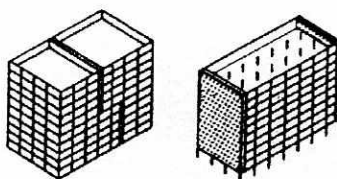


Figura 16 – Muros de cortante discontinuos

Son deseables las estructuras con resistencia y rigidez uniforme. En el diseño se debe tratar de cumplir con la condición de columna fuerte, viga débil. Con esto lo que se pretende es que las vigas se encuentren en el rango inelástico antes que las columnas, con lo que se evita el caso común de que la edificación colapse por sobreesfuerzo en las columnas y muros estructurales.

Todos los problemas de variación y discontinuidad de resistencia y rigidez se deben evitar, ya sea modificando el diseño arquitectónico o bien utilizando otro sistema estructural que se adapte a las condiciones arquitectónicas.

## 4.3 MÉTODOS PARA DETERMINAR CARACTERÍSTICAS DE RIGIDEZ

### 4.3.1 MÉTODOS MATEMÁTICOS COMPLETOS

Teniendo la planta y la elevación de la estructura, se determina la rigidez para cada eje en cada dirección de análisis, esto es, ejes letra y ejes número. Los ejes estructurales se ilustraron anteriormente en la figura 7.

Para esto se debe determinar la matriz de rigidez de cada eje en cada dirección de análisis. En la elevación, se procede a numerar los elementos de la estructura, primero las columnas y luego las vigas, empezando del primer nivel. Luego se numeran los grados de libertad, primero los debidos al desplazamiento lateral del nivel y luego los debidos a la deformación vertical y al giro del nudo. En la figura 8 se ilustró la numeración de elementos y en la figura 9, la numeración de desplazamientos o grados de libertad.

El elemento  $k_{ij}$  de una matriz de rigideces  $K$  es la fuerza o momento que se necesita aplicar a la estructura en la dirección del grado de libertad  $i$  para que se produzca un desplazamiento unitario en la dirección del grado de libertad  $j$ . El conjunto ordenado de los valores de  $k_{ij}$  constituye la matriz de rigideces. Las matrices de rigideces son cuadradas, simétricas y su tamaño es igual al número de grados de libertad.

Conociendo la matriz de rigidez de todos los ejes letra y número, se condensan para luego sumarlas y obtener la matriz de rigidez del edificio para los ejes letra y los ejes número. La rigidez del edificio en el sentido letra será igual a la sumatoria de las matrices de rigidez de los ejes letra, y para el sentido número, la sumatoria de las matrices de rigidez de los ejes número.

La diagonal principal de la matriz ( $k_{ij}$  o  $k_{jj}$ ) proporciona la rigidez lateral para cada nivel en cada sentido. Al condensar la matriz de rigidez del eje, se trabaja con el modelo de masas concentradas.

El proceso de condensación clasifica los datos de la matriz de rigidez en

dos grupos. El grupo "a" representa los grados de libertad debidos a la deformación lateral del nivel, y el grupo "b", los grados de libertad debidos al desplazamiento vertical y al giro de los nudos. Matricialmente se tiene lo siguiente:

Matriz de rigideces x vector de deformaciones = vector de cargas

$$\begin{bmatrix} K_{aa} & K_{ab} \\ K_{ba} & K_{bb} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} D_a \\ D_b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Q_a \\ Q_b \end{bmatrix}$$

De esto se obtienen las siguientes ecuaciones:

- Ecuación # 1

$$K_{aa} D_a + K_{ab} D_b = Q_a$$

- Ecuación # 2

$$K_{ba} D_a + K_{bb} D_b = Q_b$$

Despejando para  $K_{bb} D_b$ :

$$K_{bb} D_b = Q_b - K_{ba} D_a$$

Multiplicando por  $K_{bb}^{-1}$ :

$$K_{bb}^{-1} K_{bb} D_b = K_{bb}^{-1} (Q_b - K_{ba} D_a)$$

$$D_b = K_{bb}^{-1} Q_b - K_{bb}^{-1} K_{ba} D_a$$

Sustituyendo  $D_b$  en la ecuación # 1, se tiene:

$$K_{aa} D_a + K_{ab} (K_{bb}^{-1} Q_b - K_{bb}^{-1} K_{ba} D_a) = Q_a$$

$$K_{aa} D_a + K_{ab} K_{bb}^{-1} Q_b - K_{ab} K_{bb}^{-1} K_{ba} D_a = Q_a$$

Reagrupando términos comunes:

$$(K_{aa} - K_{ab} K_{bb}^{-1} K_{ba}) D_a = Q_a - K_{ab} K_{bb}^{-1} Q_b$$

De esto se tiene que la matriz de rigidez condensada es:

$$K_{\text{cond}} = K_{aa} - K_{ab} K_{bb}^{-1} K_{ba}$$

### 4.3.2 MÉTODO PROPUESTO POR AGIES 1996

La norma AGIES 1996 propone algunas suposiciones para el análisis estructural, sin proponer un método específico para determinar la rigidez de la estructura. Deja a criterio del analista el método a utilizar.

En la norma no sólo se hace énfasis en la resistencia de la estructura sino también en su rigidez. Las deformaciones en las estructuras no deben ser excesivas, siendo importantes en el caso de sismo por la seguridad de los ocupantes y por la reducción en los daños de la edificación, tanto en elementos estructurales como en no estructurales.

Propone que el modelo analítico de la estructura sea un marco de elementos elásticos unidos por nudos rígidos, pudiéndose utilizar modelos más elaborados que los lineales-elásticos. Los elementos deben modelar vigas, columnas, dinteles y muros de la estructura real.

Se deben considerar las deformaciones debidas a esfuerzos de flexión, corte y axiales, quedando a criterio del analista cuáles de estos esfuerzos son importantes para cada estructura.

### 4.3.3 MÉTODOS SIMPLIFICADOS

Los métodos simplificados son útiles en las primeras etapas de análisis y definición de las dimensiones de los elementos de la estructura, así como para verificar que no se tengan errores en los resultados de métodos más complejos.

#### 4.3.3.1 Fórmulas de Wilbur

Las fórmulas de Wilbur se pueden aplicar a marcos regulares formados por piezas de momentos de inercia constante. Bazán y Meli (1989) presentan las fórmulas basadas en lo siguiente:

- Los giros en todos los nudos de un nivel y de los dos niveles adyacentes son iguales, excepto en el nivel de desplante, en donde puede suponerse empotramiento o articulación según el caso.
- Las fuerzas cortantes en los dos entrepisos adyacentes al que interesa son iguales a la de éste.

De lo anterior, se tienen las siguientes expresiones.

- Para el primer entrepiso:

Suponiendo las columnas empotradas en la cimentación:

$$R_1 = \frac{48E}{h_1 [(4h_1 / \Sigma K_{C1}) + ((h_1 + h_2) / (\Sigma K_{t1} + (\Sigma K_{C1} / 12)))]} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Suponiendo las columnas articuladas en la cimentación:

$$R_1 = \frac{24E}{h_1 [(8h_1 / \Sigma K_{C1}) + ((2h_1 + h_2) / \Sigma K_{t1})]} \quad (\text{Ecuación 2})$$

- Para el segundo entrepiso:

Suponiendo las columnas empotradas en la cimentación:

$$R_2 = \frac{48E}{h_2 [(4h_2 / \Sigma K_{C2}) + ((h_1 + h_2) / (\Sigma K_{t1} + (\Sigma K_{C1} / 12)))] + ((h_2 + h_3) / \Sigma K_{t2})]} \quad (\text{Ecuación 3})$$

Suponiendo las columnas articuladas en la cimentación:

$$R_2 = \frac{48E}{h_2 [(4h_2 / \Sigma K_{C2}) + ((h_2 + h_3) / \Sigma K_{t2}) + ((2h_1 + h_2) / \Sigma K_{t1})]} \quad (\text{Ecuación 4})$$

- Para entrepisos intermedios:

$$R_n = \frac{48E}{h_n [(4h_n / \Sigma K_{cn}) + ((h_m + h_n) / \Sigma K_{tm}) + ((h_n + h_o) / \Sigma K_{tn})]} \quad (\text{Ecuación 5})$$

En las ecuaciones anteriores,

$R_n$  = rigidez del entrepiso en cuestión,

$K_{tn}$  = rigidez ( $= I / L$ ) de las vigas del nivel sobre el entrepiso n,

$K_{cn}$  = rigidez ( $= I / L$ ) de las columnas del entrepiso n,

m, n, o = índices que identifican tres niveles consecutivos de abajo hacia arriba,

$h_n$  = altura del entrepiso n.

Para el entrepiso superior, si se acepta que el cortante del penúltimo piso es el doble que el del último, se encuentra que es aplicable la fórmula para entrepisos intermedios, poniendo  $2h_m$  en vez de  $h_m$  y haciendo  $h_o$  igual a cero.

#### 4.3.3.2 Método para calcular la rigidez de muros de cortante

Las fórmulas de Wilbur son aplicables solamente a marcos regulares. Sin embargo, es necesario tomar en consideración los muros que se puedan tener en las edificaciones.

En el caso de los muros, la deformación lateral viene dada por la suma de la deformación por flexión más la deformación por cortante, para una fuerza de magnitud unitaria, esto es,

$$\delta_{total} = \delta_{flexión} + \delta_{cortante}$$

$$\delta_{total} = \frac{h^3}{3EI} + \frac{h}{GA}$$

donde,

$h$  = altura del muro,

$I$  = momento de inercia de la sección transversal,

$A$  = área de la sección transversal,

$E$  = módulo de elasticidad,

$G$  = módulo de cortante.

La rigidez, incluyendo flexión y cortante de los muros viene dada por

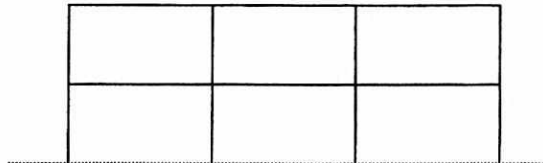
$$R_{\text{total}} = \frac{1}{\delta_{\text{total}}}$$

## 5. PROPUESTA DE UN MÉTODO SIMPLIFICADO PARA LA DETERMINACIÓN DE ALGUNOS FACTORES DE CALIDAD EN LA INTEGRACIÓN DEL FACTOR R DEL CÓDIGO DE AGIES

La aplicación de métodos exactos para calcular rigideces puede llegar a ser un tanto complicada y generalmente se necesita de programas de computadora para poder realizarlos en menor tiempo. Por esto se utilizan los métodos aproximados.

De los resultados obtenidos con los ejemplos que se exponen, podemos ver que los métodos aproximados son bastante inexactos, a pesar de que mantienen una tendencia en los valores que proporcionan.

Como método simplificado para cálculo de rigideces se propone que se calculen las rigideces traslacionales de la edificación, considerando la modificación incluida para el caso en el que se presenten muros en la edificación. El procedimiento a seguir se explica a continuación.



Hay que considerar que las columnas tanto del nivel superior como las del nivel inferior presentan la condición de empotramiento. Al aplicar una fuerza unitaria, sin permitir giros en las columnas y vigas, se tiene que la deformación viene dada por:

$$\delta_{\text{flexión}} = \sum \frac{h^3}{12EI}$$

donde,

h = altura de la columna o el muro,

$I$  = momento de inercia de la sección transversal,

$E$  = módulo de elasticidad.

Para considerar la deformación por cortante en los muros, tenemos que

$$\delta_{\text{cortante}} = \Sigma \frac{1.2 h}{AG}$$

donde,

$h$  = altura del muro,

$A$  = área de la sección transversal,

$G$  = módulo de cortante.

Para obtener la deformación total, se suman la deformación por flexión y la deformación por cortante, obteniendo:

$$\delta_{\text{total}} = \delta_{\text{flexión}} + \delta_{\text{cortante}}$$

$$\delta_{\text{total}} = \frac{h^3}{12EI} + \frac{1.2 h}{GA}$$

La rigidez viene dada por

$$R_{\text{total}} = \frac{1}{\delta_{\text{total}}}$$

Para obtener valores aproximados a los exactos, es necesario multiplicar la rigidez traslacional obtenida por un factor. Se propone lo siguiente, con base en los resultados de los ejemplos que se presentan:

- Para marcos simples, multiplicar la rigidez traslacional por 0.75.
- Para marcos con muros que no tienen la longitud del tramo completo, multiplicar la rigidez traslacional por 10.5.
- Para marcos con muros en uno o varios tramos completos, por 4.25.

## 6. EJEMPLOS

Para llegar a proponer un método simplificado, es necesario analizar ejemplos a los que se les aplicarán los métodos expuestos anteriormente, así como el método propuesto.

Se considera un edificio de ocho niveles, de concreto reforzado (ver plantas y elevaciones). Cada nivel tiene una altura de 3.20 metros, para un alto total del edificio de 25.60 metros.

Se presentarán dos modelos:

- Modelo planta cuadrada
- Modelo planta rectangular

Para cada modelo se presentan casos, en los que se varía la ubicación y tamaño de elementos, específicamente, columnas y muros. Los sistemas estructurales considerados son sistema de marcos y sistema de marcos y muros.

Todos los marcos y muros estarán unidos por un diafragma rígido de concreto, con un espesor de doce centímetros.

Para el modelo de planta cuadrada, se tienen tres tramos y cuatro marcos en cada sentido de análisis, mientras que para el modelo de planta rectangular se tienen tres tramos y seis marcos en un sentido, el lado menor, y cinco tramos y cuatro marcos en el otro sentido, el lado mayor.

La planta y elevación para todos los modelos es regular, sin entrantes o salientes y sin escalonamientos.

A continuación se presenta una descripción de cada caso.

### **CASO 1: Sólo columnas**

Planta cuadrada de 23 x 23 metros

Columnas 60 x 60 centímetros

Vigas 30 x 50 centímetros

**CASO 2: Sólo columnas, columnas exteriores más rígidas**

Planta cuadrada de 23 x 23 metros

Columnas interiores 60 x 60 centímetros

Columnas exteriores 100 x 100 centímetros

Vigas 30 x 50 centímetros

De este caso se derivan los casos 15 y 16.

**CASO 3: Muros al centro**

Planta cuadrada de 23 x 23 metros

Columnas 60 x 60 centímetros

Vigas 30 x 50 centímetros

Muros 30 centímetros de espesor

De este caso se deriva el caso 25.

**CASO 4: Muros exteriores, eje completo**

Planta cuadrada de 23 x 23 metros

Columnas 60 x 60 centímetros

Vigas 30 x 50 centímetros

Muros 30 centímetros de espesor

**CASO 5: Muros al centro + muros exteriores, eje completo**

Planta cuadrada de 23 x 23 metros

Columnas 60 x 60 centímetros

Vigas 30 x 50 centímetros

Muros 30 centímetros de espesor

**CASO 6: Muros exteriores, solo un tramo por eje**

Planta cuadrada de 23 x 23 metros

Columnas 60 x 60 centímetros

Vigas 30 x 50 centímetros

Muros 30 centímetros de espesor

De este caso se derivan los casos 29 y 30.

**CASO 7: Muros exteriores en esquinas**

Planta cuadrada de 23 x 23 metros

Columnas 60 x 60 centímetros

Vigas 30 x 50 centímetros

Muros 30 centímetros de espesor

De este caso se derivan los casos 20 y 21.

**CASO 8: Sólo columnas**

Planta rectangular de 23 x 37 metros

Columnas 60 x 60 centímetros

Vigas 30 x 50 centímetros

**CASO 9: Sólo columnas, columnas exteriores más rígidas**

Planta rectangular de 23 x 37 metros

Columnas interiores 60 x 60 centímetros

Columnas exteriores 100 x 100 centímetros

Vigas 30 x 50 centímetros

De este caso se derivan los casos 17, 18 y 19.

**CASO 10: Muros al centro**

Planta rectangular de 23 x 37 metros

Columnas 60 x 60 centímetros

Vigas 30 x 50 centímetros

Muros 30 centímetros de espesor

De este caso se derivan los casos 26, 27 y 28.

**CASO 11: Muros exteriores, eje completo**

Planta rectangular de 23 x 37 metros

Columnas 60 x 60 centímetros  
Vigas 30 x 50 centímetros  
Muros 30 centímetros de espesor

**CASO 12: Muros al centro + muros exteriores, eje completo**

Planta rectangular de 23 x 37 metros  
Columnas 60 x 60 centímetros  
Vigas 30 x 50 centímetros  
Muros 30 centímetros de espesor

**CASO 13: Muros exteriores, solo un tramo por eje**

Planta rectangular de 23 x 37 metros  
Columnas 60 x 60 centímetros  
Vigas 30 x 50 centímetros  
Muros 30 centímetros de espesor

**CASO 14: Muros exteriores en esquinas**

Planta rectangular de 23 x 37 metros  
Columnas 60 x 60 centímetros  
Vigas 30 x 50 centímetros  
Muros 30 centímetros de espesor

De este caso se derivan los casos 22, 23 y 24.

Para comparar las rigideces de los ejes típicos, las mismas se calcularon por medio del método de rigideces, utilizando un programa de computadora, y por medio del método de Wilbur.

A continuación se presentan los cálculos de áreas, inercias y pesos para cada eje típico y las rigideces obtenidas. Del programa utilizado, se obtuvieron los datos de comparación de rigideces entre ejes, los radios de resiliencia, la relación de masas con rigideces y la relación de rigideces entre niveles.

## CASO 1

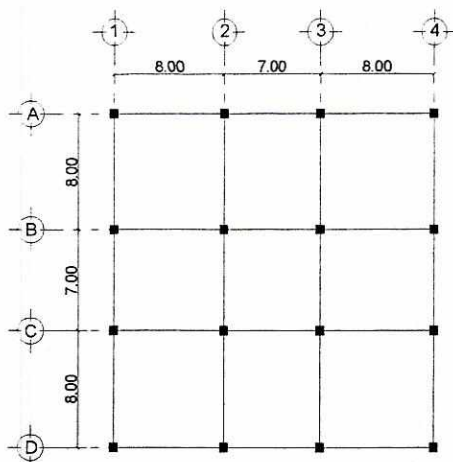


Figura 17 - Planta caso 1

Nivel	Radios de resiliencia		Excentricidad	
	RR x	RR y	e x	e y
1	1202.01	1202.01	0	0
2	1202.01	1202.01	0	0
3	1202.01	1202.01	0	0
4	1202.01	1202.01	0	0
5	1202.01	1202.01	0	0
6	1202.01	1202.01	0	0
7	1202.01	1202.01	0	0
8	1202.01	1202.01	0	0

q5	2.5	2.5
----	-----	-----

Relaciones de masas con rigideces

Nivel	Ejes número	Ejes letra
1	8.43E-05	8.43E-05
2	9.47E-05	9.47E-05
3	9.57E-05	9.57E-05
4	9.58E-05	9.58E-05
5	9.60E-05	9.60E-05
6	9.78E-05	9.78E-05
7	1.27E-04	1.27E-04
8	4.99E-04	4.99E-04

q7	-1.5	-1.5
----	------	------

Comparación de rigidez entre ejes letra y número

Nivel	
1	1
2	1
3	1
4	1
5	1
6	1
7	1
8	1

q6	2.5
----	-----

Relación de rigideces entre niveles

Niveles	Ejes número	Ejes letra
1 - 2	1.12	1.12
2 - 3	1.01	1.01
3 - 4	1.00	1.00
4 - 5	1.00	1.00
5 - 6	1.02	1.02
6 - 7	1.30	1.30
7 - 8	4.33	4.33

q8	0	0
----	---	---

## CASO 2

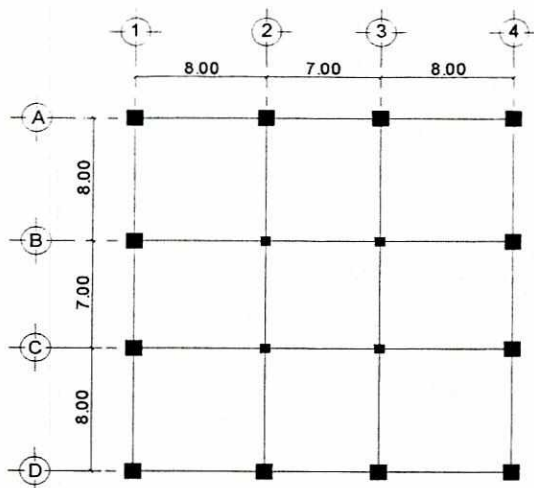


Figura 18 - Planta caso 2

Nivel	Radios de resiliencia		Excentricidad	
	RR x	RR y	e x	e y
1	1,329.50	1,329.50	0.00	0.00
2	1,329.00	1,329.00	0.00	0.00
3	1,329.00	1,329.00	0.00	0.00
4	1,329.00	1,329.00	0.00	0.00
5	1,329.00	1,329.00	0.00	0.00
6	1,329.00	1,329.00	0.00	0.00
7	1,327.50	1,327.50	0.00	0.00
8	1,320.60	1,320.60	0.00	0.00

q5	2.5	2.5
----	-----	-----

Comparación de rigidez entre ejes letra y número

Nivel	
1	1.11
2	1.13
3	1.13
4	1.13
5	1.13
6	1.13
7	1.18
8	2.01

q6	2.5
----	-----

Relaciones de masas con rigideces

Nivel	Ejes número	Ejes letra
1	2.04E-05	1.83E-05
2	2.34E-05	2.07E-05
3	2.36E-05	2.09E-05
4	2.36E-05	2.10E-05
5	2.37E-05	2.10E-05
6	2.42E-05	2.14E-05
7	3.37E-05	2.85E-05
8	1.55E-04	7.71E-05

q7	-1.5	-1.5
----	------	------

Relación de rigideces entre niveles

Niveles	Ejes número	Ejes letra
1 - 2	1.15	1.13
2 - 3	1.01	1.01
3 - 4	1.00	1.00
4 - 5	1.00	1.00
5 - 6	1.02	1.02
6 - 7	1.39	1.33
7 - 8	5.56	3.27

q8	0	0
----	---	---

## CASO 3

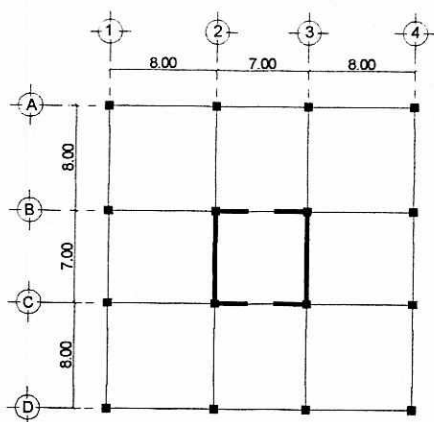


Figura 19 - Planta caso 3

Nivel	Radios de resiliencia		Excentricidad	
	RR x	RR y	e x	e y
1	724.50	541.80	0.00	0.00
2	736.40	524.00	0.00	0.00
3	734.00	523.90	0.00	0.00
4	733.70	523.90	0.00	0.00
5	733.30	523.90	0.00	0.00
6	730.70	523.10	0.00	0.00
7	746.10	498.00	0.00	0.00
8	802.40	470.50	0.00	0.00

q5	2.5	2.5
----	-----	-----

Relaciones de masas con rigideces

Nivel	Ejes número	Ejes letra
1	8.50E-06	1.52E-05
2	8.39E-06	1.66E-05
3	8.43E-06	1.66E-05
4	8.44E-06	1.66E-05
5	8.45E-06	1.66E-05
6	8.50E-06	1.66E-05
7	8.85E-06	1.99E-05
8	2.60E-05	7.55E-05

q7	0	-1.5
----	---	------

Comparación de rigidez entre ejes letra y número

Nivel	
1	0.56
2	0.51
3	0.51
4	0.51
5	0.51
6	0.51
7	0.45
8	0.34

q6	-3
----	----

Relación de rigideces entre niveles

Niveles	Ejes número	Ejes letra
1 - 2	0.99	1.09
2 - 3	1.00	1.00
3 - 4	1.00	1.00
4 - 5	1.00	1.00
5 - 6	1.01	1.00
6 - 7	1.04	1.20
7 - 8	3.46	4.49

q8	-3	0
----	----	---

## CASO 4

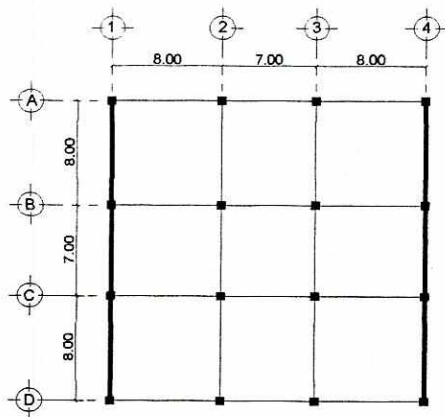


Figura 20 - Planta caso 4

Nivel	Radios de resiliencia		Excentricidad	
	RR x	RR y	e x	e y
1	6,839.70	1,151.50	0.00	0.00
2	7,397.30	1,151.30	0.00	0.00
3	7,432.90	1,151.30	0.00	0.00
4	7,434.00	1,151.30	0.00	0.00
5	7,437.30	1,151.30	0.00	0.00
6	7,503.40	1,151.30	0.00	0.00
7	8,522.20	1,151.00	0.00	0.00
8	11,068.10	1,150.60	0.00	0.00

q5	2.5	2.5
----	-----	-----

Relaciones de masas con rigideces

Nivel	Ejes número	Ejes letra
1	3.24E-06	1.14E-04
2	3.11E-06	1.28E-04
3	3.11E-06	1.30E-04
4	3.11E-06	1.30E-04
5	3.12E-06	1.30E-04
6	3.12E-06	1.33E-04
7	3.13E-06	1.72E-04
8	6.45E-06	5.97E-04

q7	0	-1.5
----	---	------

Comparación de rigidez entre ejes letra y número

Nivel	
1	0.03
2	0.02
3	0.02
4	0.02
5	0.02
6	0.02
7	0.02
8	0.01

q6	-3
----	----

Relación de rigideces entre niveles

Niveles	Ejes número	Ejes letra
1 - 2	0.96	1.12
2 - 3	1.00	1.01
3 - 4	1.00	1.00
4 - 5	1.00	1.00
5 - 6	1.00	1.02
6 - 7	1.00	1.30
7 - 8	2.57	4.33

q8	-3	0
----	----	---

## CASO 5

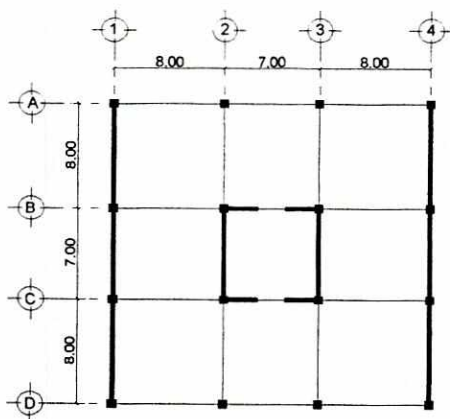


Figura 21 - Planta caso 5

Nivel	Radios de resiliencia		Excentricidad	
	RR x	RR y	e x	e y
1	2,729.50	1,029.80	0.00	0.00
2	2,904.60	1,030.50	0.00	0.00
3	2,901.20	1,030.90	0.00	0.00
4	2,900.30	1,030.90	0.00	0.00
5	2,899.50	1,031.00	0.00	0.00
6	2,900.90	1,031.40	0.00	0.00
7	3,162.60	1,032.30	0.00	0.00
8	4,158.40	1,056.30	0.00	0.00

q5	2.5	2.5
----	-----	-----

Relaciones de masas con rigideces

Nivel	Ejes número	Ejes letra
1	2.62E-06	1.84E-05
2	2.52E-06	2.00E-05
3	2.53E-06	2.00E-05
4	2.53E-06	2.00E-05
5	2.53E-06	2.00E-05
6	2.54E-06	2.01E-05
7	2.56E-06	2.40E-05
8	5.47E-06	8.48E-05

q7	0	-1.5
----	---	------

Comparación de rigidez entre ejes letra y número

Nivel	
1	0.14
2	0.13
3	0.13
4	0.13
5	0.13
6	0.13
7	0.11
8	0.06

q6	-3
----	----

Relación de rigideces entre niveles

Niveles	Ejes número	Ejes letra
1 - 2	0.96	1.09
2 - 3	1.00	1.00
3 - 4	1.00	1.00
4 - 5	1.00	1.00
5 - 6	1.00	1.00
6 - 7	1.01	1.20
7 - 8	2.72	4.49

q8	-3	0
----	----	---

## CASO 6

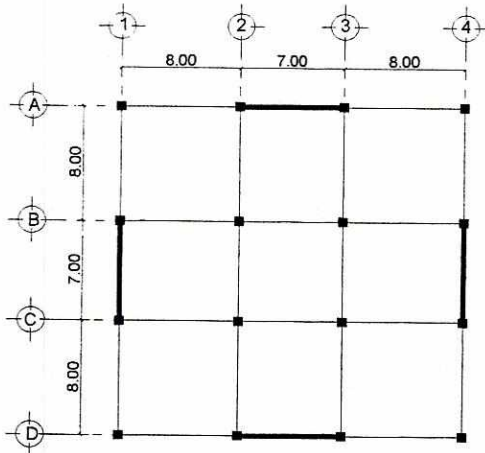


Figura 22 - Planta caso 6

Nivel	Radios de resiliencia		Excentricidad	
	RR x	RR y	e x	e y
1	1,594.50	1,594.50	0.00	0.00
2	1,598.40	1,598.40	0.00	0.00
3	1,598.60	1,598.60	0.00	0.00
4	1,598.60	1,598.60	0.00	0.00
5	1,598.60	1,598.60	0.00	0.00
6	1,599.00	1,599.00	0.00	0.00
7	1,604.40	1,604.40	0.00	0.00
8	1,608.80	1,608.80	0.00	0.00

q5	2.5	2.5
----	-----	-----

Relaciones de masas con rigideces

Nivel	Ejes número	Ejes letra
1	8.74E-06	8.74E-06
2	8.63E-06	8.63E-06
3	8.67E-06	8.67E-06
4	8.68E-06	8.68E-06
5	8.69E-06	8.69E-06
6	8.75E-06	8.75E-06
7	9.10E-06	9.10E-06
8	2.64E-05	2.64E-05

q7	0	0
----	---	---

Comparación de rigidez entre ejes letra y número

Nivel	
1	1.00
2	1.00
3	1.00
4	1.00
5	1.00
6	1.00
7	1.00
8	1.00

q6	2.5
----	-----

Relación de rigideces entre niveles

Niveles	Ejes número	Ejes letra
1 - 2	0.99	0.99
2 - 3	1.00	1.00
3 - 4	1.00	1.00
4 - 5	1.00	1.00
5 - 6	1.01	1.01
6 - 7	1.04	1.04
7 - 8	3.46	3.46

q8	-3	-3
----	----	----

## CASO 7

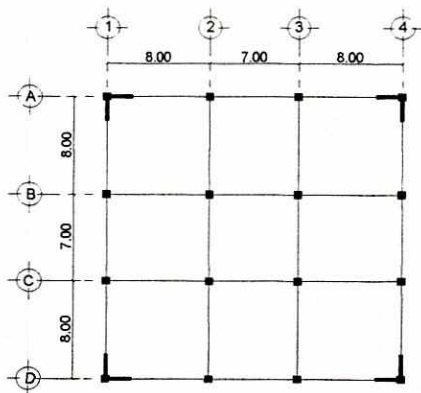


Figura 23 - Planta caso 7

Nivel	Radios de resiliencia		Excentricidad	
	RR x	RR y	e x	e y
1	1,568.70	1,568.70	0.00	0.00
2	1,570.20	1,570.20	0.00	0.00
3	1,570.90	1,570.90	0.00	0.00
4	1,570.90	1,570.90	0.00	0.00
5	1,571.00	1,571.00	0.00	0.00
6	1,572.00	1,572.00	0.00	0.00
7	1,575.30	1,575.30	0.00	0.00
8	1,568.30	1,568.30	0.00	0.00

q5	2.5	2.5
----	-----	-----

Relaciones de masas con rigideces

Nivel	Ejes número	Ejes letra
1	1.44E-05	1.44E-05
2	1.58E-05	1.58E-05
3	1.58E-05	1.58E-05
4	1.58E-05	1.58E-05
5	1.58E-05	1.58E-05
6	1.58E-05	1.58E-05
7	1.93E-05	1.93E-05
8	8.20E-05	8.20E-05

q7	-1.5	-1.5
----	------	------

Comparación de rigidez entre ejes letra y número

Nivel	
1	1.00
2	1.00
3	1.00
4	1.00
5	1.00
6	1.00
7	1.00
8	1.00

q6	2.5
----	-----

Relación de rigideces entre niveles

Niveles	Ejes número	Ejes letra
1 - 2	1.10	1.10
2 - 3	1.00	1.00
3 - 4	1.00	1.00
4 - 5	1.00	1.00
5 - 6	1.00	1.00
6 - 7	1.22	1.22
7 - 8	4.91	4.91

q8	0	0
----	---	---

## CASO 8

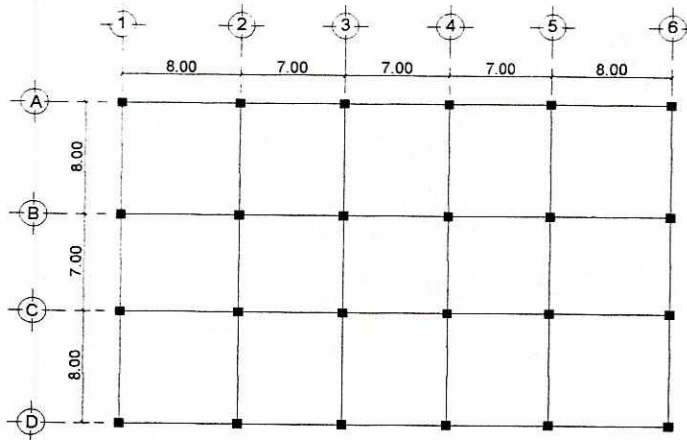


Figura 24 - Planta caso 8

Nivel	Radios de resiliencia		Excentricidad	
	RR x	RR y	e x	e y
1	1,504.70	1,508.40	0.00	0.00
2	1,502.40	1,509.40	0.00	0.00
3	1,502.10	1,509.60	0.00	0.00
4	1,502.00	1,509.60	0.00	0.00
5	1,501.90	1,509.70	0.00	0.00
6	1,501.20	1,510.00	0.00	0.00
7	1,493.90	1,513.60	0.00	0.00
8	1,475.90	1,522.50	0.00	0.00

q5	2.5	2.5
----	-----	-----

Relaciones de masas con rigideces

Nivel	Ejes número	Ejes letra
1	8.87E-05	8.83E-05
2	9.97E-05	9.87E-05
3	1.01E-04	9.97E-05
4	1.01E-04	9.98E-05
5	1.01E-04	1.00E-04
6	1.03E-04	1.02E-04
7	1.33E-04	1.30E-04
8	5.28E-04	4.96E-04

q7	-1.5	-1.5
----	------	------

Comparación de rigidez entre ejes letra y número

Nivel	
1	1.00
2	1.01
3	1.01
4	1.01
5	1.01
6	1.01
7	1.03
8	1.06

q6	2.5
----	-----

Relación de rigideces entre niveles

Niveles	Ejes número	Ejes letra
1 - 2	1.12	1.12
2 - 3	1.01	1.01
3 - 4	1.00	1.00
4 - 5	1.00	1.00
5 - 6	1.02	1.02
6 - 7	1.30	1.28
7 - 8	4.33	4.18

q8	0	0
----	---	---

## CASO 9

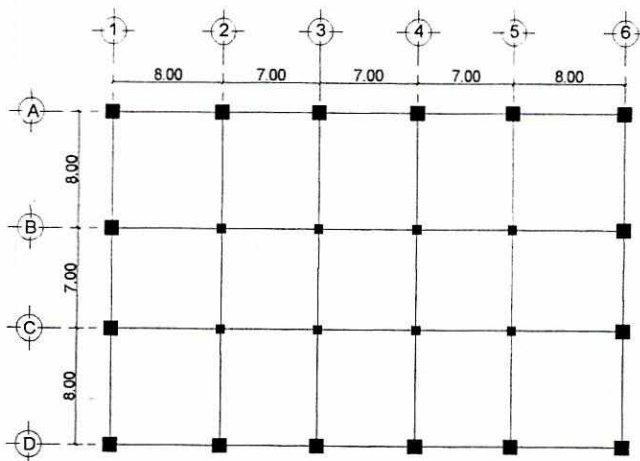


Figura 25 - Planta caso 9

Nivel	Radios de resiliencia		Excentricidad	
	RR x	RR y	e x	e y
1	1,695.20	1,696.30	0.00	0.00
2	1,693.60	1,695.80	0.00	0.00
3	1,693.40	1,695.80	0.00	0.00
4	1,693.40	1,695.80	0.00	0.00
5	1,693.40	1,695.90	0.00	0.00
6	1,693.10	1,695.90	0.00	0.00
7	1,687.20	1,694.80	0.00	0.00
8	1,664.70	1,687.90	0.00	0.00

q5	2.5	2.5
----	-----	-----

Relaciones de masas con rigideces

Nivel	Ejes número	Ejes letra
1	2.28E-05	2.28E-05
2	2.62E-05	2.61E-05
3	2.65E-05	2.64E-05
4	2.65E-05	2.64E-05
5	2.65E-05	2.64E-05
6	2.71E-05	2.70E-05
7	3.77E-05	3.73E-05
8	1.76E-04	1.71E-04

q7	-1.5	-1.5
----	------	------

Comparación de rigidez entre ejes letra y número

Nivel	
1	1.00
2	1.00
3	1.00
4	1.00
5	1.00
6	1.00
7	1.01
8	1.03

q6	2.5
----	-----

Relación de rigideces entre niveles

Niveles	Ejes número	Ejes letra
1 - 2	1.15	1.15
2 - 3	1.01	1.01
3 - 4	1.00	1.00
4 - 5	1.00	1.00
5 - 6	1.02	1.02
6 - 7	1.39	1.38
7 - 8	5.53	5.43

q8	0	0
----	---	---

## CASO 10

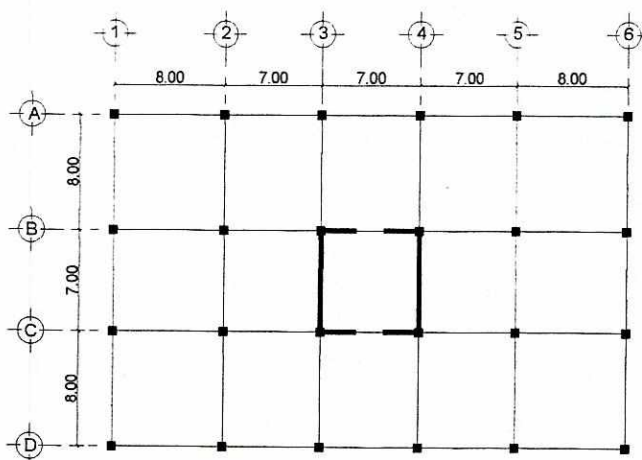


Figura 26 - Planta caso 10

Nivel	Radios de resiliencia		Excentricidad	
	RR x	RR y	e x	e y
1	875.30	665.30	0.00	0.00
2	880.60	638.20	0.00	0.00
3	877.30	637.50	0.00	0.00
4	877.00	637.60	0.00	0.00
5	876.50	637.60	0.00	0.00
6	872.50	635.80	0.00	0.00
7	875.30	596.10	0.00	0.00
8	923.60	556.90	0.00	0.00

q5	2.5	2.5
----	-----	-----

Relaciones de masas con rigideces

Nivel	Ejes número	Ejes letra
1	1.21E-05	2.10E-05
2	1.20E-05	2.29E-05
3	1.21E-05	2.29E-05
4	1.21E-05	2.29E-05
5	1.21E-05	2.29E-05
6	1.22E-05	2.30E-05
7	1.28E-05	2.76E-05
8	3.89E-05	1.07E-04

q7	0	-1.5
----	---	------

Comparación de rigidez entre ejes letra y número

Nivel	
1	0.58
2	0.53
3	0.53
4	0.53
5	0.53
6	0.53
7	0.46
8	0.36

q6	-3
----	----

Relación de rigideces entre niveles

Niveles	Ejes número	Ejes letra
1 - 2	0.99	1.09
2 - 3	1.01	1.00
3 - 4	1.00	1.00
4 - 5	1.00	1.00
5 - 6	1.01	1.00
6 - 7	1.05	1.20
7 - 8	3.48	4.44

q8	-3	0
----	----	---

## CASO 11

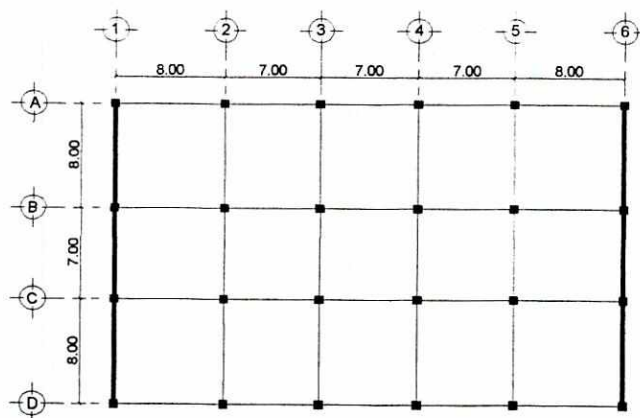


Figura 27 - Planta caso 11

Nivel	Radios de resiliencia		Excentricidad	
	RR x	RR y	e x	e y
1	8,949.80	1,837.00	0.00	0.00
2	9,660.30	1,838.90	0.00	0.00
3	9,703.30	1,839.00	0.00	0.00
4	9,704.20	1,839.00	0.00	0.00
5	9,707.70	1,839.00	0.00	0.00
6	9,787.00	1,839.20	0.00	0.00
7	11,039.20	1,841.70	0.00	0.00
8	14,087.70	1,845.20	0.00	0.00

q5	2.5	2.5
----	-----	-----

Relaciones de masas con rigideces

Nivel	Ejes número	Ejes letra
1	4.55E-06	1.08E-04
2	4.38E-06	1.21E-04
3	4.39E-06	1.22E-04
4	4.39E-06	1.22E-04
5	4.39E-06	1.22E-04
6	4.40E-06	1.25E-04
7	4.43E-06	1.59E-04
8	9.56E-06	5.57E-04

q7	0	-1.5
----	---	------

Comparación de rigidez entre ejes letra y número

Nivel	
1	0.04
2	0.04
3	0.04
4	0.04
5	0.04
6	0.04
7	0.03
8	0.02

q6	-3
----	----

Relación de rigideces entre niveles

Niveles	Ejes número	Ejes letra
1 - 2	0.96	1.12
2 - 3	1.00	1.01
3 - 4	1.00	1.00
4 - 5	1.00	1.00
5 - 6	1.00	1.02
6 - 7	1.01	1.28
7 - 8	2.58	4.18

q8	-3	0
----	----	---

## CASO 12

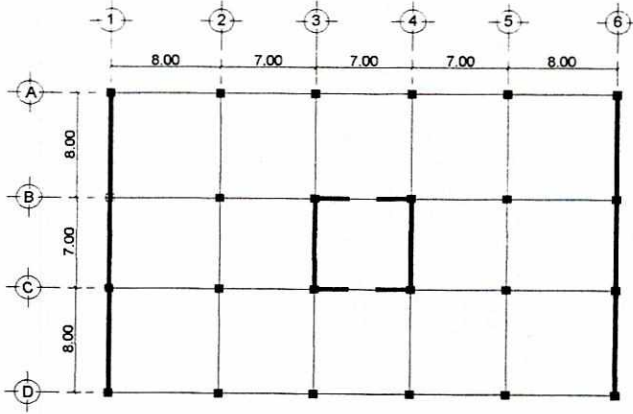


Figura 28 - Planta caso 12

Nivel	Radios de resiliencia		Excentricidad	
	RR x	RR y	e x	e y
1	4,171.30	1,624.80	0.00	0.00
2	4,445.40	1,628.50	0.00	0.00
3	4,441.90	1,629.20	0.00	0.00
4	4,440.60	1,629.20	0.00	0.00
5	4,439.50	1,629.30	0.00	0.00
6	4,443.70	1,630.20	0.00	0.00
7	4,855.90	1,634.90	0.00	0.00
8	6,377.00	1,681.40	0.00	0.00

q5	2.5	2.5
----	-----	-----

Relaciones de masas con rigideces

Nivel	Ejes número	Ejes letra
1	3.64E-06	2.40E-05
2	3.51E-06	2.62E-05
3	3.52E-06	2.62E-05
4	3.52E-06	2.62E-05
5	3.52E-06	2.62E-05
6	3.53E-06	2.62E-05
7	3.57E-06	3.15E-05
8	8.03E-06	1.16E-04

q7	0	-1.5
----	---	------

Comparación de rigidez entre ejes letra y número

Nivel	
1	0.15
2	0.13
3	0.13
4	0.13
5	0.13
6	0.13
7	0.11
8	0.07

q6	-3
----	----

Relación de rigideces entre niveles

Niveles	Ejes número	Ejes letra
1 - 2	0.97	1.09
2 - 3	1.00	1.00
3 - 4	1.00	1.00
4 - 5	1.00	1.00
5 - 6	1.00	1.00
6 - 7	1.01	1.20
7 - 8	2.73	4.44

q8	-3	0
----	----	---

## CASO 13

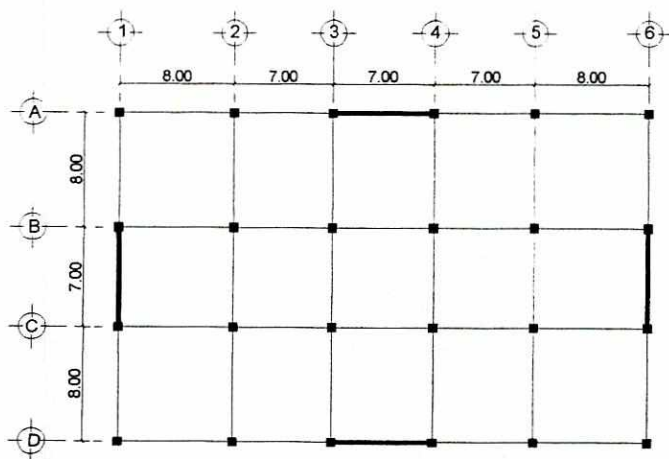


Figura 29 - Planta caso 13

Nivel	Radios de resiliencia		Excentricidad	
	RR x	RR y	e x	e y
1	2,106.40	2,107.70	0.00	0.00
2	2,113.30	2,116.70	0.00	0.00
3	2,118.30	2,115.10	0.00	0.00
4	2,117.40	2,115.50	0.00	0.00
5	2,115.50	2,116.30	0.00	0.00
6	2,116.00	2,117.10	0.00	0.00
7	2,127.00	2,129.10	0.00	0.00
8	2,135.10	2,139.10	0.00	0.00

q5	2.5	2.5
----	-----	-----

Relaciones de masas con rigideces

Nivel	Ejes número	Ejes letra
1	1.18E-05	1.17E-05
2	1.17E-05	1.16E-05
3	1.17E-05	1.17E-05
4	1.17E-05	1.17E-05
5	1.17E-05	1.17E-05
6	1.18E-05	1.18E-05
7	1.24E-05	1.24E-05
8	3.81E-05	3.80E-05

q7	0	0
----	---	---

Comparación de rigidez entre ejes letra y número

Nivel	
1	1.00
2	1.00
3	1.00
4	1.00
5	1.00
6	1.00
7	1.00
8	1.00

q6	2.5
----	-----

Relación de rigideces entre niveles

Niveles	Ejes número	Ejes letra
1 - 2	0.99	0.99
2 - 3	1.01	1.01
3 - 4	1.00	1.00
4 - 5	1.00	1.00
5 - 6	1.01	1.01
6 - 7	1.05	1.05
7 - 8	3.48	3.48

q8	-3	-3
----	----	----

## CASO 14

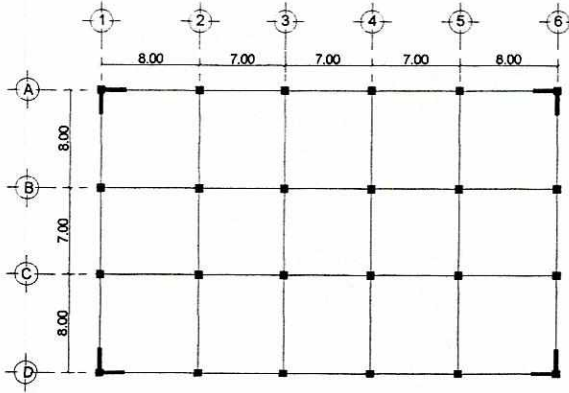


Figura 30 - Planta caso 14

Nivel	Radios de resiliencia		Excentricidad	
	RR x	RR y	e x	e y
1	2,052.20	2,053.70	0.00	0.00
2	2,054.30	2,056.90	0.00	0.00
3	2,055.60	2,058.30	0.00	0.00
4	2,055.70	2,058.40	0.00	0.00
5	2,055.80	2,058.60	0.00	0.00
6	2,057.50	2,060.60	0.00	0.00
7	2,061.90	2,067.90	0.00	0.00
8	2,040.30	2,055.20	0.00	0.00

q5	2.5	2.5
----	-----	-----

Relaciones de masas con rigideces

Nivel	Ejes número	Ejes letra
1	1.92E-05	1.92E-05
2	2.11E-05	2.11E-05
3	2.11E-05	2.10E-05
4	2.11E-05	2.10E-05
5	2.11E-05	2.10E-05
6	2.12E-05	2.11E-05
7	2.59E-05	2.58E-05
8	1.15E-04	1.13E-04

q7	-1.5	-1.5
----	------	------

Comparación de rigidez entre ejes letra y número

Nivel	
1	1.00
2	1.00
3	1.00
4	1.00
5	1.00
6	1.00
7	1.01
8	1.01

q6	2.5
----	-----

Relación de rigideces entre niveles

Niveles	Ejes número	Ejes letra
1 - 2	1.10	1.10
2 - 3	1.00	1.00
3 - 4	1.00	1.00
4 - 5	1.00	1.00
5 - 6	1.00	1.00
6 - 7	1.22	1.22
7 - 8	4.87	4.83

q8	0	0
----	---	---

## CASO 15

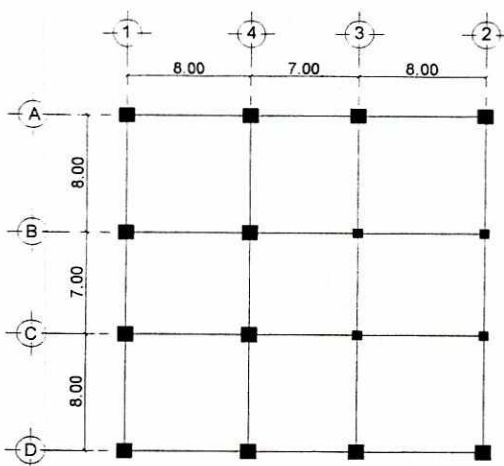


Figura 31 - Planta caso 15

Nivel	Radios de resiliencia		Excentricidad	
	RR x	RR y	e x	e y
1	1,260.50	1,260.50	152.80	0.00
2	1,260.30	1,260.30	151.91	0.00
3	1,260.30	1,260.30	151.93	0.00
4	1,260.30	1,260.30	151.93	0.00
5	1,260.30	1,260.30	151.94	0.00
6	1,260.30	1,260.30	151.91	0.00
7	1,259.60	1,259.60	149.46	0.00
8	1,256.40	1,256.40	138.00	0.00

Nivel	15%		20%	
	RR x	RR y	RR x	RR y
1	189.08	189.08	252.10	252.10
2	189.05	189.05	252.06	252.06
3	189.05	189.05	252.06	252.06
4	189.05	189.05	252.06	252.06
5	189.05	189.05	252.06	252.06
6	189.05	189.05	252.06	252.06
7	188.94	188.94	251.92	251.92
8	188.46	188.46	251.28	251.28

q5	2.5	2.5
----	-----	-----

## CASO 16

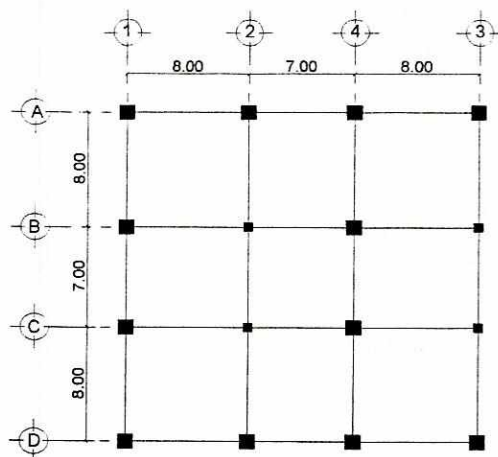


Figura 32 - Planta caso 16

Nivel	Radios de resiliencia		Excentricidad	
	RR x	RR y	e x	e y
1	1,265.40	1,265.40	81.52	0.00
2	1,265.20	1,265.20	81.05	0.00
3	1,265.20	1,265.20	81.05	0.00
4	1,265.20	1,265.20	81.06	0.00
5	1,265.20	1,265.20	81.06	0.00
6	1,265.20	1,265.20	81.05	0.00
7	1,264.40	1,264.40	79.74	0.00
8	1,260.90	1,260.90	73.62	0.00

Nivel	15%		20%	
	RR x	RR y	RR x	RR y
1	189.81	189.81	253.08	253.08
2	189.78	189.78	253.04	253.04
3	189.78	189.78	253.04	253.04
4	189.78	189.78	253.04	253.04
5	189.78	189.78	253.04	253.04
6	189.78	189.78	253.04	253.04
7	189.66	189.66	252.88	252.88
8	189.14	189.14	252.18	252.18

q5	2.5	2.5
----	-----	-----

## CASO 17

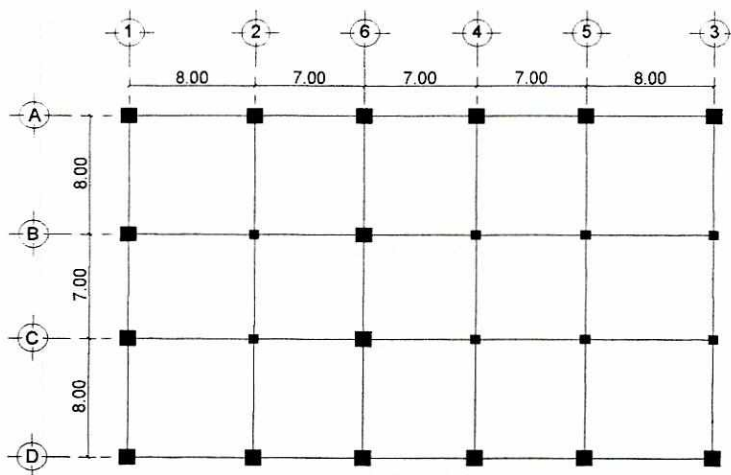


Figura 33 - Planta caso 17

Nivel	Radios de resiliencia		Excentricidad	
	RR x	RR y	e x	e y
1	1,591.00	1,592.10	169.52	0.00
2	1,589.90	1,592.00	168.47	0.00
3	1,589.80	1,592.00	168.49	0.00
4	1,589.80	1,592.00	168.50	0.00
5	1,589.80	1,592.10	168.51	0.00
6	1,589.50	1,592.20	168.48	0.00
7	1,585.30	1,592.40	165.58	0.00
8	1,569.90	1,591.80	152.18	0.00

Nivel	15%		20%	
	RR x	RR y	RR x	RR y
1	238.65	238.82	318.20	318.42
2	238.49	238.80	317.98	318.40
3	238.47	238.80	317.96	318.40
4	238.47	238.80	317.96	318.40
5	238.47	238.82	317.96	318.42
6	238.43	238.83	317.90	318.44
7	237.80	238.86	317.06	318.48
8	235.49	238.77	313.98	318.36

q5	2.5	2.5
----	-----	-----

## CASO 18

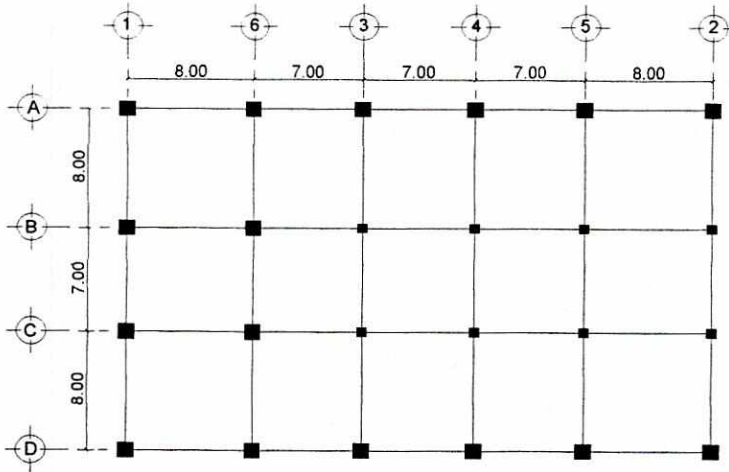


Figura 34 - Planta caso 18

Nivel	Radios de resiliencia		Excentricidad	
	RR x	RR y	e x	e y
1	1,616.90	1,617.90	223.41	0.00
2	1,615.60	1,617.70	222.03	0.00
3	1,615.50	1,617.80	222.06	0.00
4	1,615.50	1,617.80	222.07	0.00
5	1,615.50	1,617.80	222.08	0.00
6	1,615.20	1,617.90	222.04	0.00
7	1,610.50	1,617.80	218.23	0.00
8	1,593.40	1,615.70	200.56	0.00

Nivel	15%		20%	
	RR x	RR y	RR x	RR y
1	242.54	242.69	323.38	323.58
2	242.34	242.66	323.12	323.54
3	242.33	242.67	323.10	323.56
4	242.33	242.67	323.10	323.56
5	242.33	242.67	323.10	323.56
6	242.28	242.69	323.04	323.58
7	241.58	242.67	322.10	323.56
8	239.01	242.36	318.68	323.14

q5	2.5	2.5
----	-----	-----

## CASO 19

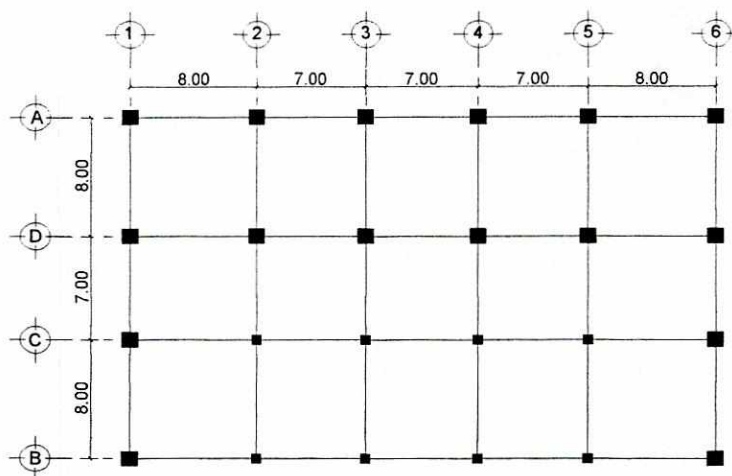


Figura 35 - Planta caso 19

Nivel	Radios de resiliencia		Excentricidad	
	RR x	RR y	e x	e y
1	1,613.70	1,614.80	0.00	230.89
2	1,612.50	1,614.60	0.00	229.13
3	1,612.40	1,614.70	0.00	229.10
4	1,612.40	1,614.70	0.00	229.11
5	1,612.40	1,614.70	0.00	229.10
6	1,612.10	1,614.80	0.00	228.94
7	1,607.50	1,614.70	0.00	223.56
8	1,590.40	1,612.60	0.00	201.02

Nivel	15%		20%	
	RR x	RR y	RR x	RR y
1	242.06	242.22	322.74	322.96
2	241.88	242.19	322.50	322.92
3	241.86	242.21	322.48	322.94
4	241.86	242.21	322.48	322.94
5	241.86	242.21	322.48	322.94
6	241.82	242.22	322.42	322.96
7	241.13	242.21	321.50	322.94
8	238.56	241.89	318.08	322.52

q5	2.5	2.5
----	-----	-----

## CASO 20

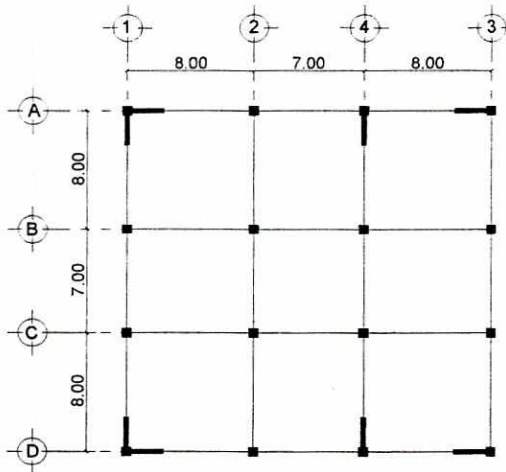


Figura 36 - Planta caso 20

Nivel	Radios de resiliencia		Excentricidad	
	RR x	RR y	e x	e y
1	1,391.40	1,391.40	312.63	0.00
2	1,392.20	1,392.20	314.16	0.00
3	1,392.60	1,392.60	314.88	0.00
4	1,392.60	1,392.60	314.94	0.00
5	1,392.70	1,392.70	315.02	0.00
6	1,393.20	1,393.20	316.01	0.00
7	1,395.00	1,395.00	319.48	0.00
8	1,391.20	1,391.20	312.17	0.00

Nivel	15%		20%	
	RR x	RR y	RR x	RR y
1	208.71	208.71	278.28	278.28
2	208.83	208.83	278.44	278.44
3	208.89	208.89	278.52	278.52
4	208.89	208.89	278.52	278.52
5	208.91	208.91	278.54	278.54
6	208.98	208.98	278.64	278.64
7	209.25	209.25	279.00	279.00
8	208.68	208.68	278.24	278.24

q5	-3	2.5
----	----	-----

## CASO 21

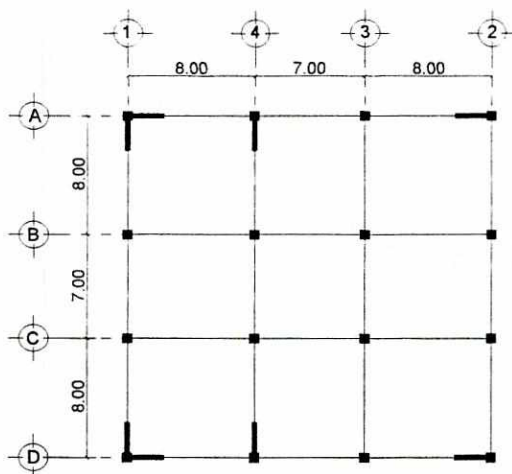


Figura 37 - Planta caso 21

Nivel	Radios de resiliencia		Excentricidad	
	RR x	RR y	e x	e y
1	1,376.30	1,376.30	586.94	0.00
2	1,377.10	1,377.10	589.80	0.00
3	1,377.40	1,377.40	591.15	0.00
4	1,377.40	1,377.40	591.26	0.00
5	1,377.50	1,377.50	591.42	0.00
6	1,378.00	1,378.00	593.28	0.00
7	1,379.60	1,379.60	599.78	0.00
8	1,376.10	1,376.10	586.06	0.00

Nivel	15%		20%	
	RR x	RR y	RR x	RR y
1	206.45	206.45	275.26	275.26
2	206.57	206.57	275.42	275.42
3	206.61	206.61	275.48	275.48
4	206.61	206.61	275.48	275.48
5	206.63	206.63	275.50	275.50
6	206.70	206.70	275.60	275.60
7	206.94	206.94	275.92	275.92
8	206.42	206.42	275.22	275.22

q5	-3	2.5
----	----	-----

## CASO 22

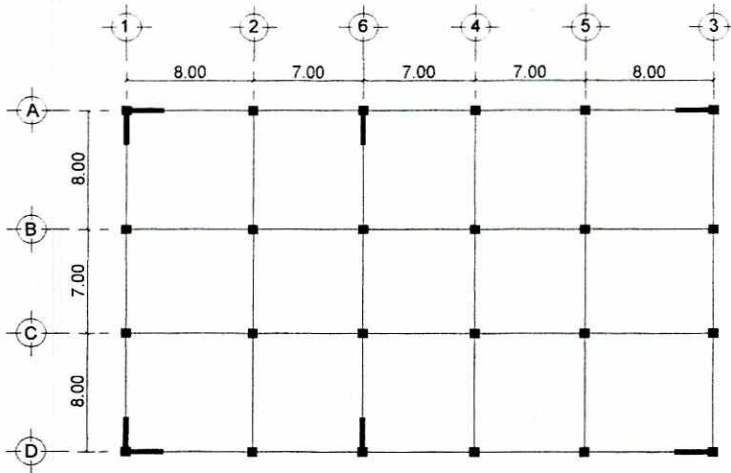


Figura 38 - Planta caso 22

Nivel	Radios de resiliencia		Excentricidad	
	RR x	RR y	e x	e y
1	1,682.40	1,683.70	813.90	0.00
2	1,682.90	1,684.90	819.33	0.00
3	1,683.30	1,685.50	821.92	0.00
4	1,683.30	1,685.50	822.12	0.00
5	1,683.30	1,685.60	822.43	0.00
6	1,683.80	1,686.30	825.97	0.00
7	1,684.50	1,689.30	838.46	0.00
8	1,674.00	1,686.20	812.23	0.00

Nivel	15%		20%	
	RR x	RR y	RR x	RR y
1	252.36	252.56	336.48	336.74
2	252.44	252.74	336.58	336.98
3	252.50	252.83	336.66	337.10
4	252.50	252.83	336.66	337.10
5	252.50	252.84	336.66	337.12
6	252.57	252.95	336.76	337.26
7	252.68	253.40	336.90	337.86
8	251.10	252.93	334.80	337.24

q5	-3	2.5
----	----	-----

## CASO 23

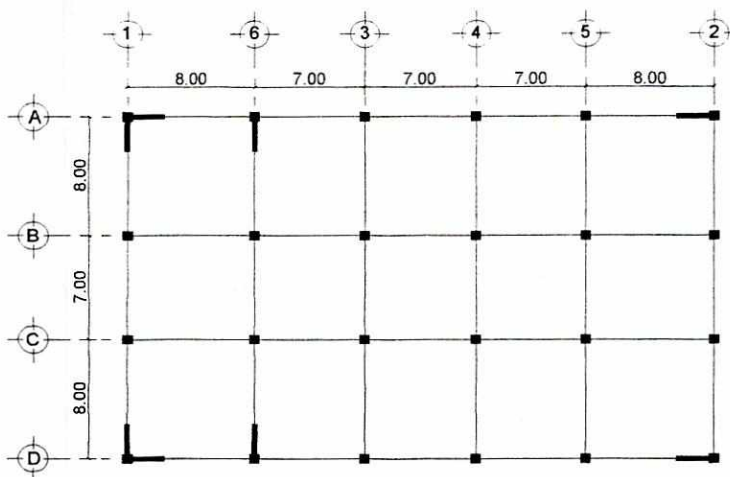


Figura 39 - Planta caso 23

Nivel	Radios de resiliencia		Excentricidad	
	RR x	RR y	e x	e y
1	1,778.60	1,779.90	1,078.09	0.00
2	1,779.50	1,781.70	1,085.25	0.00
3	1,780.20	1,782.50	1,088.66	0.00
4	1,780.20	1,782.50	1,088.92	0.00
5	1,780.30	1,782.60	1,089.34	0.00
6	1,781.10	1,783.70	1,094.01	0.00
7	1,782.80	1,787.90	1,110.46	0.00
8	1,769.30	1,782.20	1,075.90	0.00

Nivel	15%		20%	
	RR x	RR y	RR x	RR y
1	266.79	266.99	355.72	355.98
2	266.93	267.26	355.90	356.34
3	267.03	267.38	356.04	356.50
4	267.03	267.38	356.04	356.50
5	267.05	267.39	356.06	356.52
6	267.17	267.56	356.22	356.74
7	267.42	268.19	356.56	357.58
8	265.40	267.33	353.86	356.44

q5	-3	2.5
----	----	-----

## CASO 24

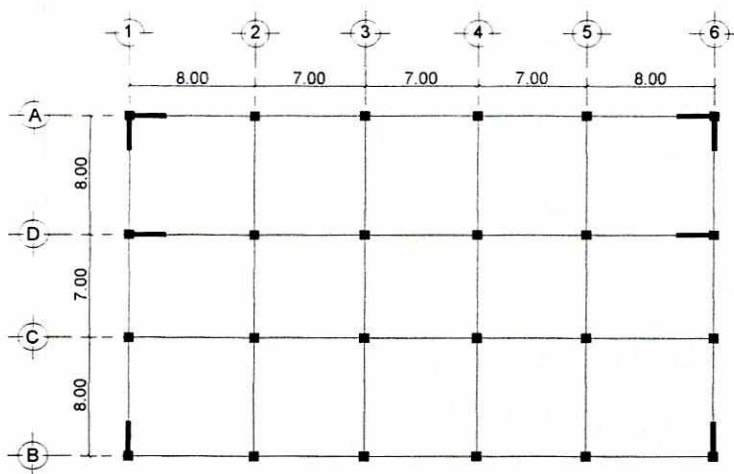


Figura 40 - Planta caso 24

Nivel	Radios de resiliencia		Excentricidad	
	RR x	RR y	e x	e y
1	1,924.40	1,925.90	0.00	557.16
2	1,926.00	1,928.40	0.00	560.34
3	1,927.00	1,929.50	0.00	562.02
4	1,927.10	1,929.60	0.00	562.14
5	1,927.20	1,929.80	0.00	562.34
6	1,928.50	1,931.30	0.00	564.59
7	1,931.60	1,937.20	0.00	571.48
8	1,913.60	1,927.60	0.00	548.71

Nivel	15%		20%	
	RR x	RR y	RR x	RR y
1	288.66	288.89	384.88	385.18
2	288.90	289.26	385.20	385.68
3	289.05	289.43	385.40	385.90
4	289.07	289.44	385.42	385.92
5	289.08	289.47	385.44	385.96
6	289.28	289.70	385.70	386.26
7	289.74	290.58	386.32	387.44
8	287.04	289.14	382.72	385.52

q5	2.5	-3
----	-----	----

## CASO 25

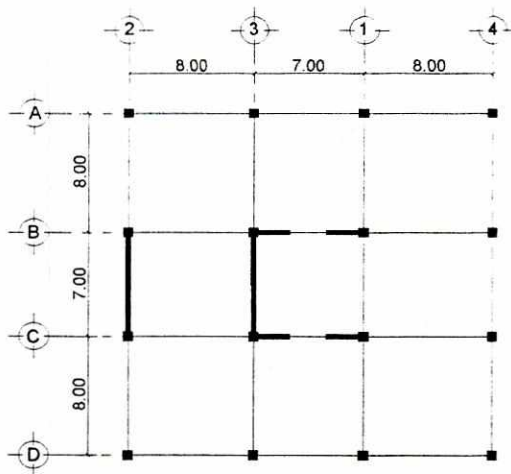


Figura 41 - Planta caso 25

Nivel	Radios de resiliencia		Excentricidad	
	RR x	RR y	e x	e y
1	1,160.90	868.10	617.94	0.00
2	1,208.70	860.10	625.72	0.00
3	1,205.20	860.20	626.05	0.00
4	1,204.60	860.20	626.05	0.00
5	1,204.00	860.20	626.07	0.00
6	1,201.30	860.00	626.78	0.00
7	1,272.20	849.30	637.65	0.00
8	1,427.20	836.90	646.53	0.00

Nivel	15%		20%	
	RR x	RR y	RR x	RR y
1	174.14	130.22	232.18	173.62
2	181.31	129.02	241.74	172.02
3	180.78	129.03	241.04	172.04
4	180.69	129.03	240.92	172.04
5	180.60	129.03	240.80	172.04
6	180.20	129.00	240.26	172.00
7	190.83	127.40	254.44	169.86
8	214.08	125.54	285.44	167.38

q5	-3	2.5
----	----	-----

## CASO 26

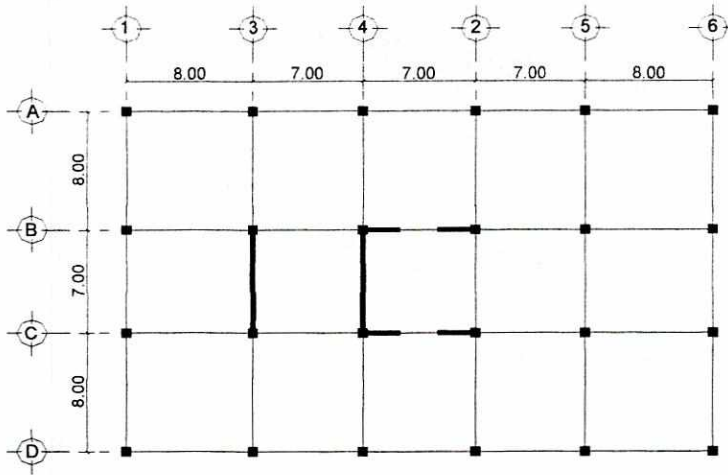


Figura 42 - Planta caso 26

Nivel	Radios de resiliencia		Excentricidad	
	RR x	RR y	e x	e y
1	1,192.40	906.40	570.99	0.00
2	1,228.30	890.10	581.06	0.00
3	1,224.40	889.80	581.49	0.00
4	1,223.90	889.80	581.49	0.00
5	1,223.30	889.80	581.52	0.00
6	1,219.80	888.80	582.44	0.00
7	1,271.60	866.00	596.69	0.00
8	1,399.50	843.80	608.49	0.00

Nivel	15%		20%	
	RR x	RR y	RR x	RR y
1	178.86	135.96	238.48	181.28
2	184.25	133.52	245.66	178.02
3	183.66	133.47	244.88	177.96
4	183.59	133.47	244.78	177.96
5	183.50	133.47	244.66	177.96
6	182.97	133.32	243.96	177.76
7	190.74	129.90	254.32	173.20
8	209.93	126.57	279.90	168.76

q5	-3	2.5
----	----	-----

## CASO 27

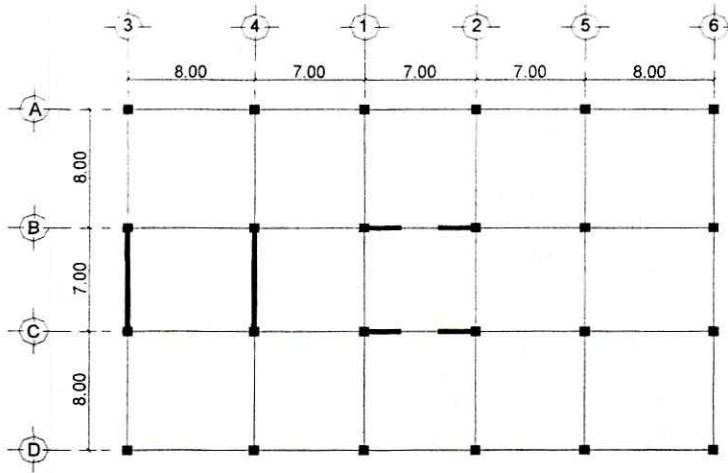


Figura 43 - Planta caso 27

Nivel	Radios de resiliencia		Excentricidad	
	RR x	RR y	e x	e y
1	1,908.10	1,450.40	1,183.83	0.00
2	1,997.40	1,447.50	1,204.70	0.00
3	1,992.10	1,447.70	1,205.59	0.00
4	1,991.20	1,447.70	1,205.58	0.00
5	1,990.30	1,447.70	1,205.64	0.00
6	1,986.80	1,447.70	1,207.54	0.00
7	2,120.50	1,444.10	1,237.08	0.00
8	2,387.40	1,439.50	1,261.52	0.00

Nivel	15%		20%	
	RR x	RR y	RR x	RR y
1	286.22	217.56	381.62	290.08
2	299.61	217.13	399.48	289.50
3	298.82	217.16	398.42	289.54
4	298.68	217.16	398.24	289.54
5	298.55	217.16	398.06	289.54
6	298.02	217.16	397.36	289.54
7	318.08	216.62	424.10	288.82
8	358.11	215.93	477.48	287.90

q5	-3	2.5
----	----	-----

## CASO 28

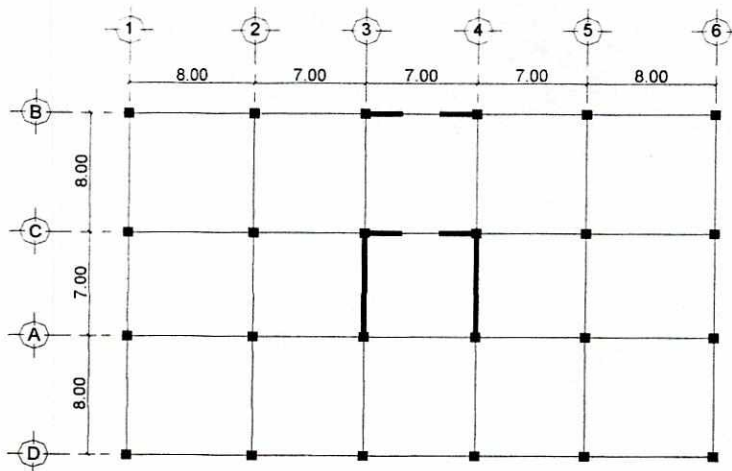


Figura 44 - Planta caso 28

Nivel	Radios de resiliencia		Excentricidad	
	RR x	RR y	e x	e y
1	1,096.30	833.30	0.00	558.32
2	1,101.90	798.50	0.00	562.24
3	1,099.80	799.20	0.00	563.86
4	1,099.60	799.40	0.00	563.98
5	1,099.30	799.60	0.00	564.16
6	1,096.70	799.20	0.00	566.36
7	1,102.10	750.50	0.00	575.58
8	1,137.90	686.10	0.00	566.48

Nivel	15%		20%	
	RR x	RR y	RR x	RR y
1	164.45	125.00	219.26	166.66
2	165.29	119.78	220.38	159.70
3	164.97	119.88	219.96	159.84
4	164.94	119.91	219.92	159.88
5	164.90	119.94	219.86	159.92
6	164.51	119.88	219.34	159.84
7	165.32	112.58	220.42	150.10
8	170.69	102.92	227.58	137.22

q5	2.5	-3
----	-----	----

## CASO 29

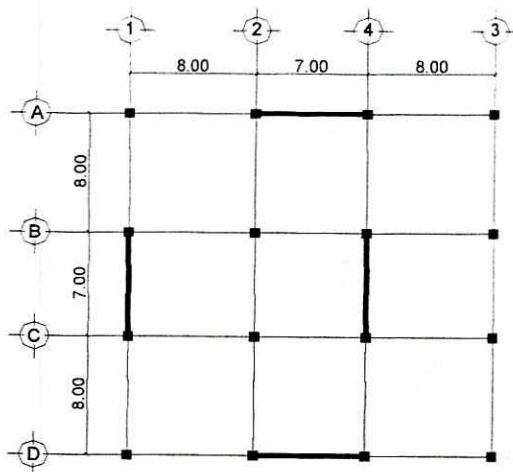


Figura 45 - Planta caso 29

Nivel	Radios de resiliencia		Excentricidad	
	RR x	RR y	e x	e y
1	1,403.30	1,403.30	330.83	0.00
2	1,405.50	1,405.50	334.99	0.00
3	1,405.50	1,405.50	335.16	0.00
4	1,405.50	1,405.50	335.16	0.00
5	1,405.60	1,405.60	335.17	0.00
6	1,405.70	1,405.70	335.55	0.00
7	1,408.70	1,408.70	341.35	0.00
8	1,411.10	1,411.10	346.08	0.00

Nivel	15%		20%	
	RR x	RR y	RR x	RR y
1	210.50	210.50	280.66	280.66
2	210.83	210.83	281.10	281.10
3	210.83	210.83	281.10	281.10
4	210.83	210.83	281.10	281.10
5	210.84	210.84	281.12	281.12
6	210.86	210.86	281.14	281.14
7	211.31	211.31	281.74	281.74
8	211.67	211.67	282.22	282.22

q5	-3	2.5
----	----	-----

## CASO 30

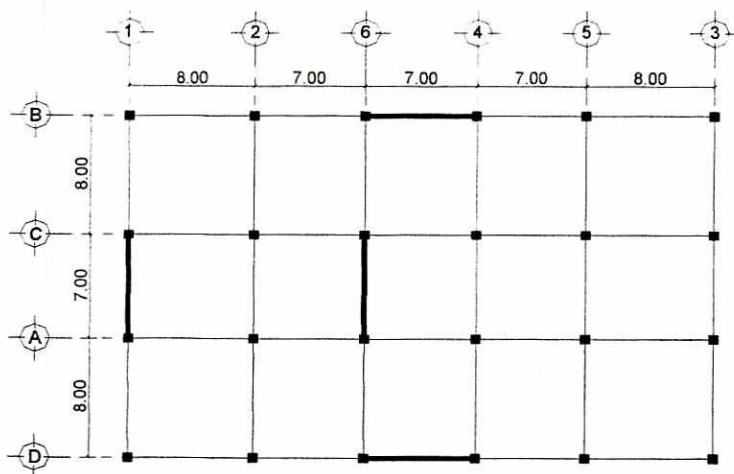


Figura 46 - Planta caso 30

Nivel	Radios de resiliencia		Excentricidad	
	RR x	RR y	e x	e y
1	1,693.90	1,694.90	899.14	0.00
2	1,695.70	1,698.50	914.97	0.00
3	1,698.70	1,696.20	915.64	0.00
4	1,698.20	1,696.60	915.64	0.00
5	1,697.00	1,697.60	915.69	0.00
6	1,697.10	1,698.00	917.13	0.00
7	1,700.50	1,702.20	939.53	0.00
8	1,702.70	1,705.90	958.07	0.00

Nivel	15%		20%	
	RR x	RR y	RR x	RR y
1	254.09	254.24	338.78	338.98
2	254.36	254.78	339.14	339.70
3	254.81	254.43	339.74	339.24
4	254.73	254.49	339.64	339.32
5	254.55	254.64	339.40	339.52
6	254.57	254.70	339.42	339.60
7	255.08	255.33	340.10	340.44
8	255.41	255.89	340.54	341.18

q5	-3	2.5
----	----	-----

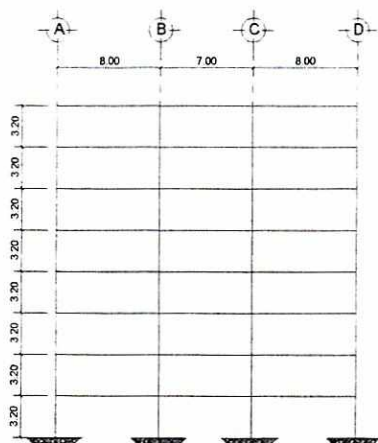


Figura 47 – Elevación típica 1, ejes número  
 Casos 1, 2, 8 y 9, todos los ejes  
 Caso 3, ejes 1 y 4  
 Casos 4, 6, 7 y 12, ejes 2 y 3  
 Caso 10, ejes 1, 2, 5 y 6  
 Casos 13 y 14, ejes 2, 3, 4 y 5

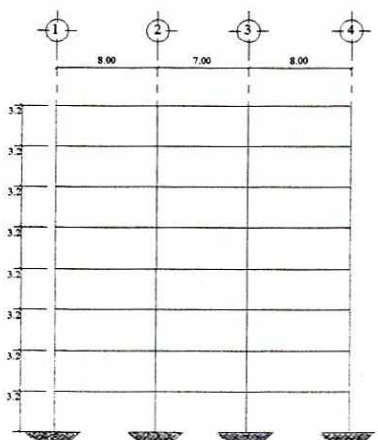


Figura 48 – Elevación típica 2, eje letra  
 Casos 1, 2 y 4, todos los ejes  
 Casos 3 y 5, ejes A y D  
 Casos 6 y 7, ejes B y C

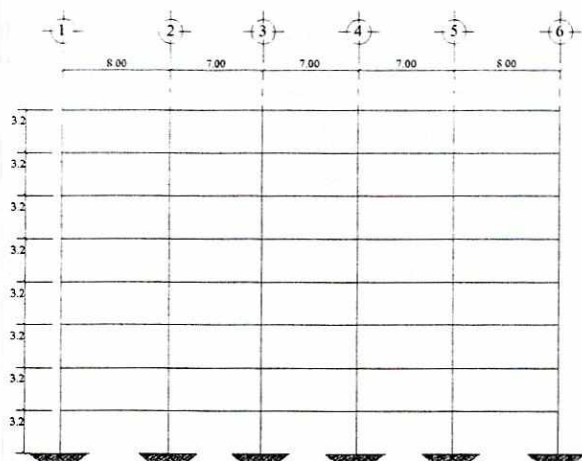


Figura 49 – Elevación típica 3, ejes número  
 Casos 8 y 11, todos los ejes  
 Caso 12, ejes, A y D  
 Casos 13 y 14, ejes B y C

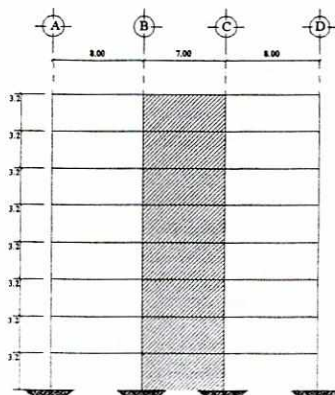


Figura 50 – Elevación típica 4, ejes letra  
 Casos 3 y 5, ejes 2 y 3  
 Casos 6 y 13, ejes 1 y 2  
 Casos 10 y 12, ejes 3 y 4

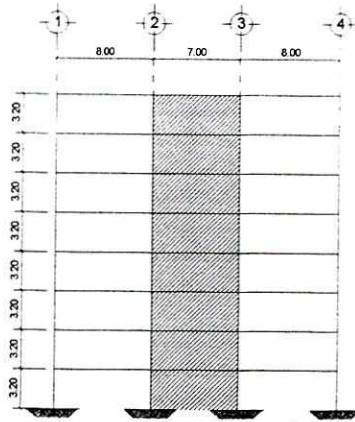


Figura 51 – Elevación típica 5, ejes letra  
Caso 6, ejes A y B

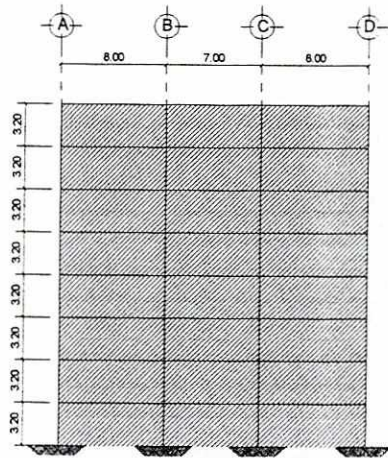


Figura 52 – Elevación típica 6, ejes numero  
Casos 4 y 5, ejes 1 y 4  
Casos 11 y 12, ejes 1 y 6

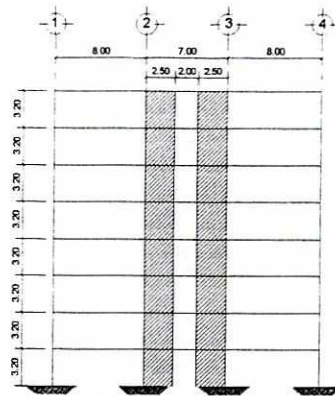


Figura 53 – Elevación típica 7, ejes letra  
Casos 3 y 5, ejes B y C

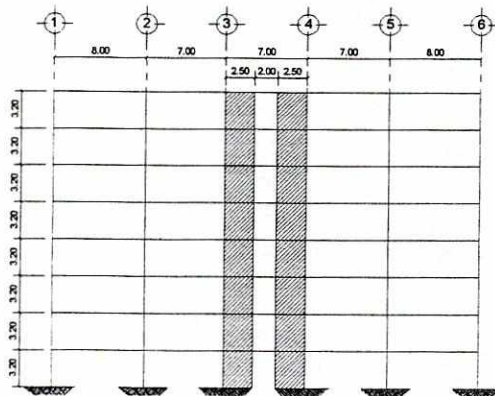


Figura 54 – Elevación típica 8, ejes letra  
Casos 10 y 12, ejes B y C

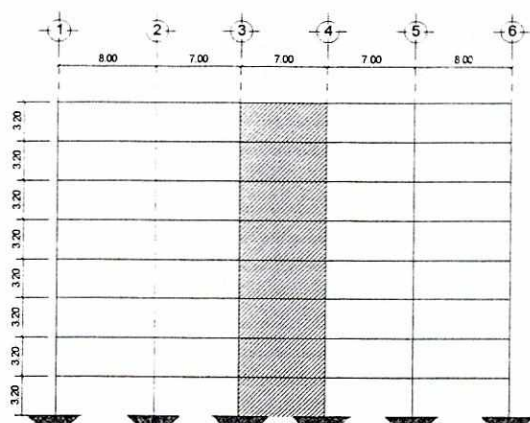


Figura 55 – Elevación típica 9, ejes letra  
Caso 13, ejes A y B

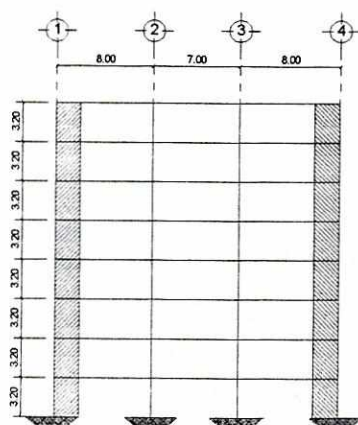


Figura 56 – Elevación típica 10, ejes letra  
Caso 7, ejes A y B

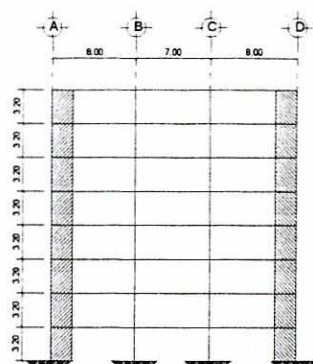


Figura 57 – Elevación típica 11, ejes numero  
Caso 7, ejes 1 y 2  
Caso 14, ejes 1 y 6

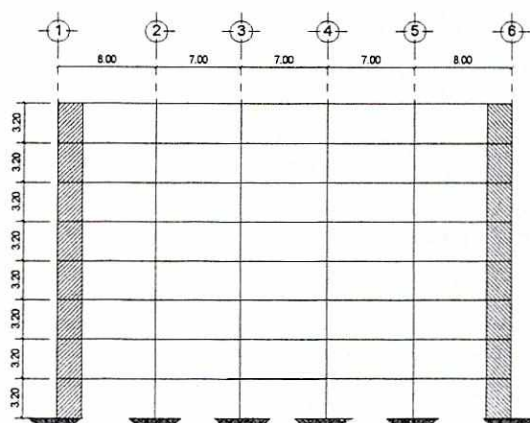
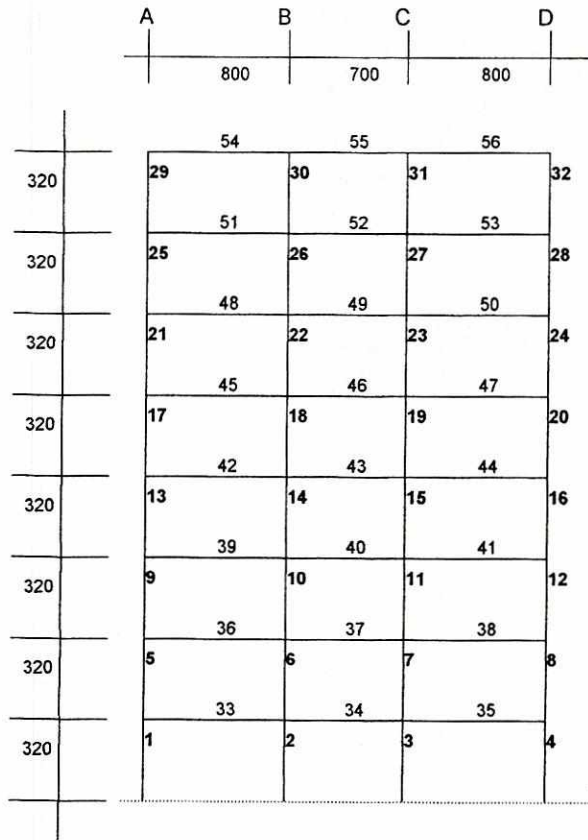


Figura 58 – Elevación típica 12, ejes letra  
Caso 14, ejes A y B



x vigas  
y columnas

Figura 59 - Modelo típico A

Numeración elementos

Casos 1, 2, 3, 7, 8, 9, 10 Y 14, ejes número

Casos 4 y 6, ejes 2 y 3

Casos 11 y 13, ejes 2, 3, 4 y 5

Caso 12, ejes 2 y 5

	65	67	69	71
<u>8</u>	66	68	70	72
	57	59	61	63
<u>7</u>	58	60	62	64
	49	51	53	55
<u>6</u>	50	52	54	56
	41	43	45	47
<u>5</u>	42	44	46	48
	33	35	37	39
<u>4</u>	34	36	38	40
	25	27	29	31
<u>3</u>	26	28	30	32
	17	19	21	23
<u>2</u>	18	20	22	24
	9	11	13	15
<u>1</u>	10	12	14	16

<u>desplazamiento horizontal</u>	<u>desplazamiento vertical</u>
	<u>giro</u>

Figura 60 - Modelo típico A

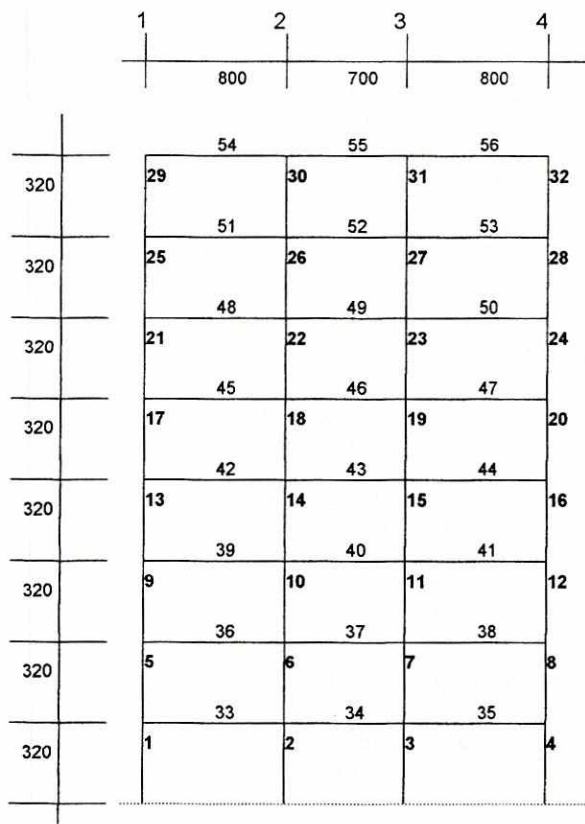
Numeración desplazamientos

Casos 1, 2, 3, 7, 8, 9, 10 Y 14, ejes número

Casos 4 y 6, ejes 2 y 3

Casos 11 y 13, ejes 2, 3, 4 y 5

Caso 12, ejes 2 y 5



**Figura 61 - Modelo típico B**  
 Numeración elementos  
 Casos 1, 2 y 7, ejes letra  
 Caso 3, ejes A y D  
 Casos 4, 5 y 6, ejes B y C

	65	67	69	71
<u>8</u>	66	68	70	72
	57	59	61	63
<u>7</u>	58	60	62	64
	49	51	53	55
<u>6</u>	50	52	54	56
	41	43	45	47
<u>5</u>	42	44	46	48
	33	35	37	39
<u>4</u>	34	36	38	40
	25	27	29	31
<u>3</u>	26	28	30	32
	17	19	21	23
<u>2</u>	18	20	22	24
	9	11	13	15
<u>1</u>	10	12	14	16

<u>desplazamiento horizontal</u>	<u>desplazamiento vertical</u>
	<u>giro</u>

Figura 62 - Modelo típico B  
 Numeración desplazamientos  
 Casos 1, 2 y 7, ejes letra  
 Caso 3, ejes A y D  
 Casos 4, 5 y 6, ejes B y C

	1	2	3	4	5	6
		800	700	700	700	800
		84	85	86	87	88
320	43	44	45	46	47	48
	79	80	81	82	83	
320	37	38	39	40	41	42
	74	75	76	77	78	
320	31	32	33	34	35	36
	69	70	71	72	73	
320	25	26	27	28	29	30
	64	65	66	67	68	
320	19	20	21	22	23	24
	59	60	61	62	63	
320	13	14	15	16	17	18
	54	55	56	57	58	
320	7	8	9	10	11	12
	49	50	51	52	53	
320	1	2	3	4	5	6

x vigas  
y columnas

Figura 63 - Modelo típico C

Numeración elementos

Casos 8, 9, 10, 11, 12 y 14, ejes letra

Caso 13, ejes B y C

	93	95	97	99	101	103
8	94	96	98	100	102	104
	81	83	85	87	89	91
7	82	84	86	88	90	92
	69	71	73	75	77	79
6	70	72	74	76	78	80
	57	59	61	63	65	67
5	58	60	62	64	66	68
	45	47	49	51	53	55
4	46	48	50	52	54	56
	33	35	37	39	41	43
3	34	36	38	40	42	44
	21	23	25	27	29	31
2	22	24	26	28	30	32
	9	11	13	15	17	19
1	10	12	14	16	18	20

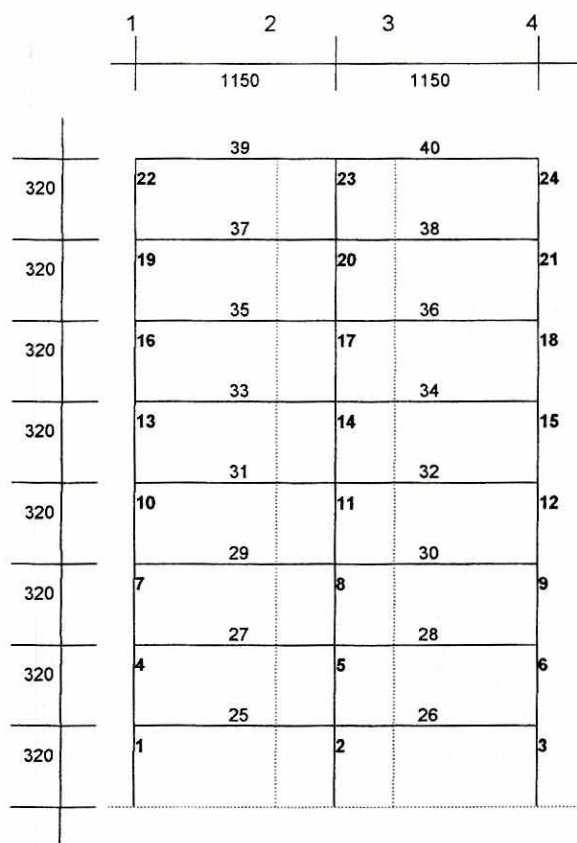
$\frac{\text{desplazamiento vertical}}{\text{desplazamiento horizontal}}$  |  $\frac{\text{desplazamiento vertical}}{\text{giro}}$

Figura 64 - Modelo típico C

Numeración desplazamientos

Casos 8, 9, 10, 11, 12 y 14, ejes letra

Caso 13, ejes B y C



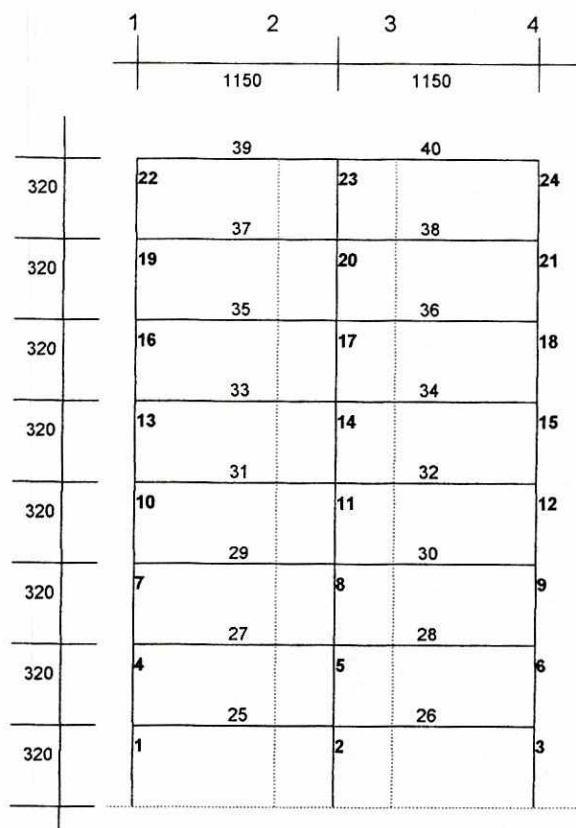
x vigas  
y columnas

Figura 65 - Modelo típico D  
Numeración elementos  
Casos 3 y 5, ejes 2 y 3  
Caso 6, ejes 1 y 2  
Casos 10 y 12, ejes 1 y 6  
Caso 13, ejes 1 y 6

	51	53	55
8	52	54	56
	45	47	49
7	46	48	50
	39	41	43
6	40	42	44
	33	35	37
5	34	36	38
	27	29	31
4	28	30	32
	21	23	25
3	22	24	26
	15	17	19
2	16	18	20
	9	11	13
1	10	12	14

desplazamiento horizontal	desplazamiento vertical giro
---------------------------	---------------------------------

Figura 66 - Modelo típico D  
 Numeración desplazamientos  
 Casos 3 y 5, ejes 2 y 3  
 Caso 6, ejes 1 y 2  
 Casos 10 y 12, ejes 1 y 6  
 Caso 13, ejes 1 y 6



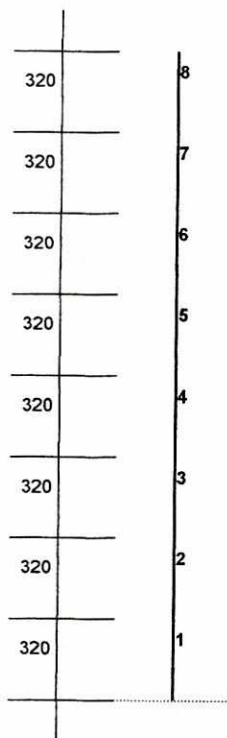
x vigas  
y columnas

Figura 67 - Modelo típico E  
Numeración elementos  
Caso 6, ejes A y D

8	51 52	53 54	55 56
7	45 46	47 48	49 50
6	39 40	41 42	43 44
5	33 34	35 36	37 38
4	27 28	29 30	31 32
3	21 22	23 24	25 26
2	15 16	17 18	19 20
1	9 10	11 12	13 14

<u>desplazamiento horizontal</u>	<u>desplazamiento vertical</u>
	<u>giro</u>

Figura 68 - Modelo típico E  
Numeración desplazamientos  
Caso 6, ejes A y D



y muros (modelados como columnas)

Figura 69 - Modelo típico F  
Numeración elementos  
Casos 4 y 5, ejes 1 y 4  
Casos 11 y 12, ejes 1 y 6

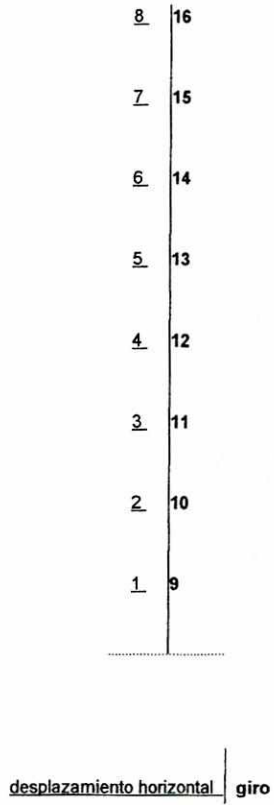


Figura 70 - Modelo típico F  
Numeración desplazamientos  
Casos 4 y 5, ejes 1 y 4  
Casos 11 y 12, ejes 1 y 6

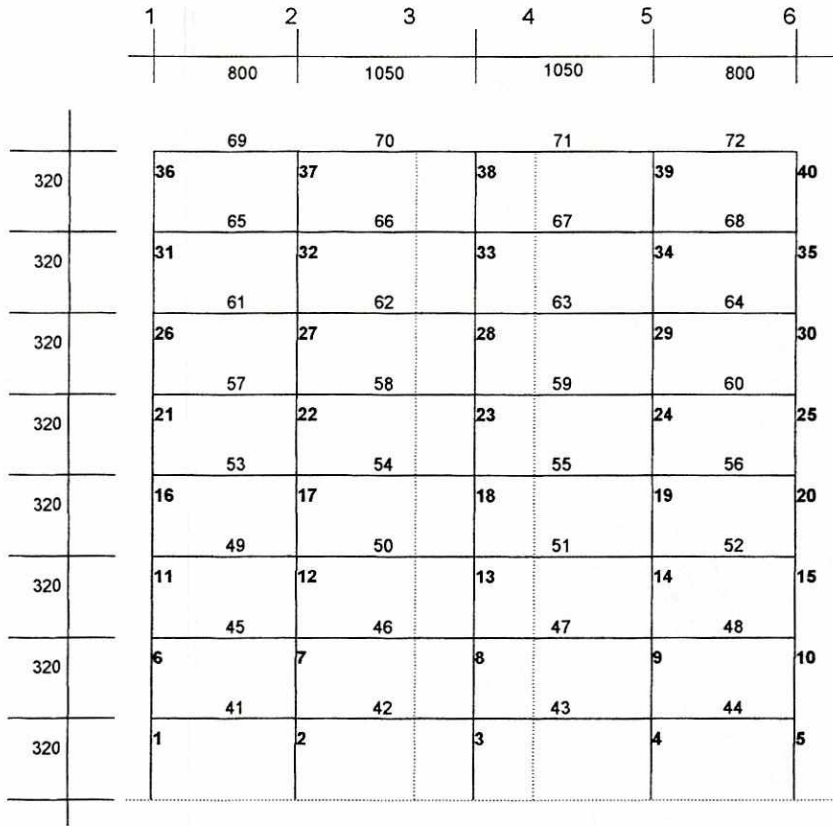


Figura 71 - Modelo típico G  
Numeración elementos  
Caso 13, ejes A y D

	79	81	83	85	87
8	80	82	84	86	88
	69	71	73	75	77
7	70	72	74	76	78
	59	61	63	65	67
6	60	62	64	66	68
	49	51	53	55	57
5	50	52	54	56	58
	39	41	43	45	47
4	40	42	44	46	48
	29	31	33	35	37
3	30	32	34	36	38
	19	21	23	25	27
2	20	22	24	26	28
	9	11	13	15	17
1	10	12	14	16	18

<u>desplazamiento horizontal</u>	<u>desplazamiento vertical</u>
	<u>giro</u>

Figura 72 - Modelo típico G  
 Numeración desplazamientos  
 Caso 13, ejes A y D

## CÁLCULOS

A continuación se presenta un cuadro para el cálculo de áreas, inercias y rigidez de vigas, columnas y muros.

La inercia efectiva se considera así: (como primera iteración)

Vigas:  $I_e = 0.6 I_g$

Columnas:  $I_e = 0.8 I_g$

Muros:  $I_e = 0.8 I_g$

La inercia gruesa,  $I_g$ , viene dada por:

$$I_g = b h^3 / 12$$

La rigidez es:

$$K = I_e / L$$

$I_e$  = inercia efectiva del elemento

$L$  = longitud del elemento

La altura de las columnas y los muros es,  $h$  : 320.0 cm

### Columnas y vigas

Miembro	b (cm)	h (cm)	A (cm <sup>2</sup> )	$I_g$ (cm <sup>4</sup> )	factor $I_g$	$I_e$ (cm <sup>4</sup> )	K (cm <sup>3</sup> )
Columna 60 x 60	60.0	60.0	3,600.0	1,080,000.0	0.8	864,000.0	2,700.0
Columna 100 x 100	100.0	100.0	10,000.0	8,333,333.3	0.8	6,666,666.7	20,833.3
Viga 30 x 50, 700 cm	30.0	50.0	1,500.0	312,500.0	0.6	187,500.0	267.9
Viga 30 x 50, 800 cm	30.0	50.0	1,500.0	312,500.0	0.6	187,500.0	234.4
Viga 30 x 50, 1050 cm	30.0	50.0	1,500.0	312,500.0	0.6	187,500.0	178.6
Viga 30 x 50, 1150 cm	30.0	50.0	1,500.0	312,500.0	0.6	187,500.0	163.0

### Muro 30 x 640

Centroide en el eje z

Miembro	b (cm)	h (cm)	A (cm <sup>2</sup> )	x (cm)	A x (cm <sup>3</sup> )
Columna 60 x 60 (2)	60.0	30.0	3,600.0	30.0	108,000.0
Muro	30.0	760.0	22,800.0	320.0	7,296,000.0
			26,400.0		7,404,000.0

$$z = 280.5 \text{ cm}$$

Miembro	b (cm)	h (cm)	A (cm <sup>2</sup> )	$I$ (cm <sup>4</sup> )	d (cm)	$A d^2$ (cm <sup>4</sup> )
Columna 60 x 60	60.0	30.0	1,800.0	135,000.0	250.5	112,950,450.0
	60.0	30.0	1,800.0	135,000.0	455.1	372,808,818.0
Muro	30.0	760.0	22,800.0	1,097,440,000.0	99.5	225,725,700.0
			26,400.0	1,097,710,000.0		711,484,968.0

$$I_g \text{ (cm}^4\text{)} = 1,809,194,968.0$$

$$I_e = 0.8 I_g \text{ (cm}^4\text{)} = 1,447,355,974.4$$

$$K \text{ (cm}^3\text{)} = 4,522,987.4$$

**Muro 30 x 2300**

Centroide en el eje z

Miembro	b (cm)	h (cm)	A (cm <sup>2</sup> )	x (cm)	A x (cm <sup>3</sup> )
Columna 60 x 60 (4)	60.0	30.0	7,200.0	30.0	216,000.0
Muro	30.0	2,360.0	70,800.0	1,180.0	83,544,000.0
			78,000.0		83,760,000.0

$$z = 1,073.8 \text{ cm}$$

Miembro	b (cm)	h (cm)	A (cm <sup>2</sup> )	I (cm <sup>4</sup> )	d (cm)	A d <sup>2</sup> (cm <sup>4</sup> )
Columna 60 x 60	60.0	30.0	1,800.0	135,000.0	1,043.8	1,961,133,192.0
	60.0	30.0	1,800.0	135,000.0	243.8	106,989,192.0
	60.0	30.0	1,800.0	135,000.0	456.2	374,613,192.0
	60.0	30.0	1,800.0	135,000.0	1,256.2	2,840,469,192.0
Muro	30.0	2,360.0	70,800.0	32,860,640,000.0	106.2	798,513,552.0
			78,000.0	32,861,180,000.0		6,081,718,320.0

$$I_g (\text{cm}^4) = 38,942,898,320.0$$

$$I_e = 0.8 I_g (\text{cm}^4) = 31,154,318,656.0$$

$$K (\text{cm}^3) = 97,357,245.8$$

**Muro 30 x 220**

Centroide en el eje z

Miembro	b (cm)	h (cm)	A (cm <sup>2</sup> )	x (cm)	A x (cm <sup>3</sup> )
Columna 60 x 60	60.0	60.0	3,600.0	30.0	108,000.0
Muro	30.0	220.0	6,600.0	170.0	1,122,000.0
			10,200.0		1,230,000.0

$$z = 120.6 \text{ cm}$$

Miembro	b (cm)	h (cm)	A (cm <sup>2</sup> )	I (cm <sup>4</sup> )	d (cm)	A d <sup>2</sup> (cm <sup>4</sup> )
Columna 60 x 60	60.0	60.0	3,600.0	1,080,000.0	90.6	29,550,096.0
Muro	30.0	220.0	6,600.0	26,620,000.0	49.4	16,106,376.0
			10,200.0	27,700,000.0		45,656,472.0

$$I_g (\text{cm}^4) = 73,356,472.0$$

$$I_e = 0.8 I_g (\text{cm}^4) = 58,685,177.6$$

$$K (\text{cm}^3) = 183,391.2$$

## INTEGRACIÓN DE PESOS POR NIVEL

Peso del concreto = 2400 kg/m<sup>3</sup>

Peso rotacional:

$$W_o = \frac{m (b^2 + l^2)}{12}$$

### CASO 1

Elemento	b(m)	h (m)	l (m)	unidades	w (kg)
Columnas	0.60	0.60	3.20	16.00	44,236.80
Vigas	0.30	0.38	6.40	8.00	14,008.32
	0.30	0.38	7.40	16.00	32,394.24
Losa	23.00	0.12	23.00	1.00	152,352.00

Niveles 1-7, w = 242,991.36 kg

Nivel 8, w = 220,872.96 kg

Niveles 1-7, W<sub>o</sub> = 214,237,382,400.00 kg-cm<sup>2</sup>

Nivel 8, W<sub>o</sub> = 194,736,326,400.00 kg-cm<sup>2</sup>

### CASO 2

Elemento	b(m)	h (m)	l (m)	unidades	w (kg)
Columnas	0.60	0.60	3.20	4.00	11,059.20
	1.00	1.00	3.20	12.00	92,160.00
Vigas	0.30	0.38	6.40	8.00	14,008.32
	0.30	0.38	7.40	16.00	32,394.24
Losa	23.00	0.12	23.00	1.00	152,352.00

Niveles 1-7, w = 301,973.76 kg

Nivel 8, w = 250,364.16 kg

Niveles 1-7, W<sub>o</sub> = 266,240,198,400.00 kg-cm<sup>2</sup>

Nivel 8, W<sub>o</sub> = 220,737,734,400.00 kg-cm<sup>2</sup>

### CASO 3

Elemento	b(m)	h (m)	l (m)	unidades	w (kg)
Columnas	0.60	0.60	3.20	16.00	44,236.80
Muros	6.40	0.30	2.82	2.00	25,989.12
	2.20	0.30	2.82	4.00	17,867.52
Vigas	0.30	0.38	6.40	8.00	14,008.32
	0.30	0.38	7.40	16.00	32,394.24
Losa	23.00	0.12	23.00	1.00	152,352.00

Niveles 1-7, w = 286,848.00 kg

Nivel 8, w = 242,801.28 kg

Niveles 1-7, W<sub>o</sub> = 252,904,320,000.00 kg-cm<sup>2</sup>

Nivel 8, W<sub>o</sub> = 214,069,795,200.00 kg-cm<sup>2</sup>

**CASO 4**

Elemento	b(m)	h (m)	l (m)	unidades	w (kg)
Columnas	0.60	0.60	3.20	16.00	44,236.80
Muros	6.40	0.30	2.82	2.00	25,989.12
	7.40	0.30	2.82	4.00	60,099.84
Vigas	0.30	0.38	6.40	8.00	14,008.32
	0.30	0.38	7.40	16.00	32,394.24
Losa	23.00	0.12	23.00	1.00	152,352.00

Niveles 1-7, w = 329,080.32 kg

Nivel 8, w = 263,917.44 kg

Niveles 1-7,  $W_o = 290,139,148,800.00 \text{ kg-cm}^2$

Nivel 8,  $W_o = 232,687,209,600.00 \text{ kg-cm}^2$

**CASO 5**

Elemento	b(m)	h (m)	l (m)	unidades	w (kg)
Columnas	0.60	0.60	3.20	16.00	44,236.80
Muros	6.40	0.30	2.82	2.00	25,989.12
	2.20	0.30	2.82	4.00	17,867.52
	7.40	0.30	2.82	4.00	60,099.84
Vigas	0.30	0.38	6.40	8.00	14,008.32
	0.30	0.38	7.40	16.00	32,394.24
Losa	23.00	0.12	23.00	1.00	152,352.00

Niveles 1-7, w = 346,947.84 kg

Nivel 8, w = 272,851.20 kg

Niveles 1-7,  $W_o = 305,892,345,600.00 \text{ kg-cm}^2$

Nivel 8,  $W_o = 240,563,808,000.00 \text{ kg-cm}^2$

**CASO 6**

Elemento	b(m)	h (m)	l (m)	unidades	w (kg)
Columnas	0.60	0.60	3.20	16.00	44,236.80
Muros	6.40	0.30	2.82	4.00	51,978.24
Vigas	0.30	0.38	6.40	8.00	14,008.32
	0.30	0.38	7.40	16.00	32,394.24
Losa	23.00	0.12	23.00	1.00	152,352.00

Niveles 1-7, w = 294,969.60

Nivel 8, w = 246,862.08

Niveles 1-7,  $W_o = 260,064,864,000.00 \text{ kg-cm}^2$

Nivel 8,  $W_o = 217,650,067,200.00 \text{ kg-cm}^2$

**CASO 7**

Elemento	b(m)	h (m)	l (m)	unidades	w (kg)
Columnas	0.60	0.60	3.20	16.00	44,236.80
Muros	1.70	0.30	2.82	8.00	27,613.44
Vigas	0.30	0.38	6.40	8.00	14,008.32
	0.30	0.38	7.40	16.00	32,394.24
Losa	23.00	0.12	23.00	1.00	152,352.00

Niveles 1-7, w = 270,604.80

Nivel 8, w = 234,679.68

Niveles 1-7,  $W_o = 238,583,232,000.00 \text{ kg-cm}^2$

Nivel 8,  $W_o = 206,909,251,200.00 \text{ kg-cm}^2$

**CASO 8**

Elemento	b(m)	h (m)	l (m)	unidades	w (kg)
Columnas	0.60	0.60	3.20	24.00	66,355.20
Vigas	0.30	0.38	6.40	18.00	31,518.72
	0.30	0.38	7.40	20.00	40,492.80
Losa	23.00	0.12	37.00	1.00	245,088.00

Niveles 1-7, w = 383,454.72 kg

Nivel 8, w = 350,277.12 kg

Niveles 1-7,  $W_o = 606,497,548,800.00 \text{ kg-cm}^2$

Nivel 8,  $W_o = 554,021,644,800.00 \text{ kg-cm}^2$

**CASO 9**

Elemento	b(m)	h (m)	l (m)	unidades	w (kg)
Columnas	0.60	0.60	3.20	8.00	22,118.40
	1.00	1.00	3.20	16.00	122,880.00
Vigas	0.30	0.38	6.40	18.00	31,518.72
	0.30	0.38	7.40	20.00	40,492.80
Losa	23.00	0.12	37.00	1.00	245,088.00

Niveles 1-7, w = 462,097.92 kg

Nivel 8, w = 389,598.72 kg

Niveles 1-7,  $W_o = 730,884,876,800.00 \text{ kg-cm}^2$

Nivel 8,  $W_o = 616,215,308,800.00 \text{ kg-cm}^2$

**CASO 10**

Elemento	b(m)	h (m)	l (m)	unidades	w (kg)
Columnas	0.60	0.60	3.20	24.00	66,355.20
Muros	6.40	0.30	2.82	2.00	25,989.12
	2.20	0.30	2.82	4.00	17,867.52
Vigas	0.30	0.38	6.40	18.00	31,518.72
	0.30	0.38	7.40	20.00	40,492.80
Losa	23.00	0.12	37.00	1.00	245,088.00

Niveles 1-7, w = 427,311.36 kg

Nivel 8, w = 372,205.44 kg

Niveles 1-7,  $W_o = 675,864,134,400.00$  kg-cm<sup>2</sup>

Nivel 8,  $W_o = 588,704,937,600.00$  kg-cm<sup>2</sup>

**CASO 11**

Elemento	b(m)	h (m)	l (m)	unidades	w (kg)
Columnas	0.60	0.60	3.20	24.00	66,355.20
Muros	6.40	0.30	2.82	2.00	25,989.12
	7.40	0.30	2.82	4.00	60,099.84
Vigas	0.30	0.38	6.40	18.00	31,518.72
	0.30	0.38	7.40	20.00	40,492.80
Losa	23.00	0.12	37.00	1.00	245,088.00

Niveles 1-7, w = 469,543.68 kg

Nivel 8, w = 393,321.60 kg

Niveles 1-7,  $W_o = 742,661,587,200.00$  kg-cm<sup>2</sup>

Nivel 8,  $W_o = 622,103,664,000.00$  kg-cm<sup>2</sup>

**CASO 12**

Elemento	b(m)	h (m)	l (m)	unidades	w (kg)
Columnas	0.60	0.60	3.20	24.00	66,355.20
Muros	6.40	0.30	2.82	2.00	25,989.12
	2.20	0.30	2.82	4.00	17,867.52
	7.40	0.30	2.82	4.00	60,099.84
Vigas	0.30	0.38	6.40	18.00	31,518.72
	0.30	0.38	7.40	20.00	40,492.80
Losa	23.00	0.12	37.00	1.00	245,088.00

Niveles 1-7, w = 487,411.20 kg

Nivel 8, w = 402,255.36 kg

Niveles 1-7,  $W_o = 770,922,048,000.00$  kg-cm<sup>2</sup>

Nivel 8,  $W_o = 636,233,894,400.00$  kg-cm<sup>2</sup>

**CASO 13**

Elemento	b(m)	h (m)	l (m)	unidades	w (kg)
Columnas	0.60	0.60	3.20	16.00	44,236.80
Muros	6.40	0.30	2.82	4.00	51,978.24
Vigas	0.30	0.38	6.40	18.00	31,518.72
	0.30	0.38	7.40	20.00	40,492.80
Losa	23.00	0.12	37.00	1.00	245,088.00

Niveles 1-7, w = 413,314.56 kg

Nivel 8, w = 365,207.04 kg

Niveles 1-7,  $W_o = 653,725,862,400.00 \text{ kg-cm}^2$

Nivel 8,  $W_o = 577,635,801,600.00 \text{ kg-cm}^2$

**CASO 14**

Elemento	b(m)	h (m)	l (m)	unidades	w (kg)
Columnas	0.60	0.60	3.20	16.00	44,236.80
Muros	1.70	0.30	2.82	8.00	27,613.44
Vigas	0.30	0.38	6.40	18.00	31,518.72
	0.30	0.38	7.40	20.00	40,492.80
Losa	23.00	0.12	37.00	1.00	245,088.00

Niveles 1-7, w = 388,949.76 kg

Nivel 8, w = 353,024.64 kg

Niveles 1-7,  $W_o = 615,188,870,400.00 \text{ kg-cm}^2$

Nivel 8,  $W_o = 558,367,305,600.00 \text{ kg-cm}^2$

## CÁLCULO DE RIGIDEZ POR EL MÉTODO DE WILBUR

Las columnas se supondrán empotradas en la cimentación.

$$E = 15,100 \sqrt{f_c}$$

$$f_c = 350.00 \text{ kg/cm}^2$$

$$E = 2.82E+05 \text{ kg/cm}^2$$

$$h = 320.00 \text{ cm}$$

$$G = E / 2.4$$

$$G = 1.18E+05 \text{ kg/cm}^2$$

$$h / G = 2.72E-03 \text{ cm}^3/\text{kg}$$

### EJES NÚMERO TÍPICOS

#### Caso 1, eje 1

NIVEL	$\Sigma K_{cm}$	$\Sigma K_{cn}$	$\Sigma K_{tm}$	$\Sigma K_{tn}$	R
1		1.08E+04		7.37E+02	8.32E+04
2	1.08E+04	1.08E+04	7.37E+02	7.37E+02	3.07E+04
3 a 7	1.08E+04	1.08E+04	7.37E+02	7.37E+02	2.28E+04
8	1.08E+04	1.08E+04	7.37E+02	7.37E+02	2.28E+04

#### Caso 2, eje 1

NIVEL	$\Sigma K_{cm}$	$\Sigma K_{cn}$	$\Sigma K_{tm}$	$\Sigma K_{tn}$	R
1		8.33E+04		7.37E+02	4.29E+05
2	8.33E+04	8.33E+04	7.37E+02	7.37E+02	4.38E+04
3 a 7	8.33E+04	8.33E+04	7.37E+02	7.37E+02	2.42E+04
8	8.33E+04	8.33E+04	7.37E+02	7.37E+02	2.42E+04

#### Caso 7, eje 1

NIVEL	$\Sigma K_{cm}$	$\Sigma K_{cn}$	$\Sigma K_{tm}$	$\Sigma K_{tn}$	$R_{flexión}$	$\delta_{flexión}$	$\delta_{cortante}$	$\delta_{total}$	$R_{total}$
1		3.72E+05		7.37E+02	1.80E+06	5.57E-07	1.33E-07	6.90E-07	1.45E+06
2	3.72E+05	3.72E+05	7.37E+02	7.37E+02	4.75E+04	2.11E-05	1.33E-07	2.12E-05	4.72E+04
3 a 7	3.72E+05	3.72E+05	7.37E+02	7.37E+02	2.43E+04	4.11E-05	1.33E-07	4.12E-05	2.43E+04
8	3.72E+05	3.72E+05	7.37E+02	7.37E+02	2.43E+04	4.11E-05	1.33E-07	4.12E-05	2.43E+04

#### Caso 3, eje 2

NIVEL	$\Sigma K_{cm}$	$\Sigma K_{cn}$	$\Sigma K_{tm}$	$\Sigma K_{tn}$	$R_{flexión}$	$\delta_{flexión}$	$\delta_{cortante}$	$\delta_{total}$	$R_{total}$
1		4.53E+06		3.26E+02	2.14E+07	4.67E-08	1.03E-07	1.50E-07	6.68E+06
2	4.53E+06	4.53E+06	3.26E+02	3.26E+02	2.16E+04	4.64E-05	1.03E-07	4.65E-05	2.15E+04
3 a 7	4.53E+06	4.53E+06	3.26E+02	3.26E+02	1.08E+04	9.26E-05	1.03E-07	9.27E-05	1.08E+04
8	4.53E+06	4.53E+06	3.26E+02	3.26E+02	1.08E+04	9.26E-05	1.03E-07	9.27E-05	1.08E+04

#### Caso 4, eje 1

NIVEL	$\Sigma K_{cm}$	$\Sigma K_{cn}$	$\Sigma K_{tm}$	$\Sigma K_{tn}$	$R_{flexión}$	$\delta_{flexión}$	$\delta_{cortante}$	$\delta_{total}$	$R_{total}$
1		9.74E+07			4.60E+08	2.17E-09	3.49E-08	3.70E-08	2.70E+07
2	9.74E+07	9.74E+07			4.60E+08	2.17E-09	3.49E-08	3.70E-08	2.70E+07
3 a 7	9.74E+07	9.74E+07			3.22E+09	3.10E-10	3.49E-08	3.52E-08	2.84E+07
8	9.74E+07	9.74E+07			3.22E+09	3.10E-10	3.49E-08	3.52E-08	2.84E+07

### EJES LETRA TÍPICOS

#### Caso 8, eje A

NIVEL	$\Sigma K_{cm}$	$\Sigma K_{cn}$	$\Sigma K_{tm}$	$\Sigma K_{tn}$	R
1		1.62E+04		1.27E+03	1.31E+05
2	1.62E+04	1.62E+04	1.27E+03	1.27E+03	5.13E+04
3 a 7	1.62E+04	1.62E+04	1.27E+03	1.27E+03	3.91E+04
8	1.62E+04	1.62E+04	1.27E+03	1.27E+03	3.91E+04

**Caso 2, eje B**

NIVEL	$\Sigma K_{cm}$	$\Sigma K_{cn}$	$\Sigma K_{tm}$	$\Sigma K_{tn}$	R
1		4.71E+04		7.37E+02	2.57E+05
2	4.71E+04	4.71E+04	7.37E+02	7.37E+02	4.10E+04
3 a 7	4.71E+04	4.71E+04	7.37E+02	7.37E+02	2.40E+04
8	4.71E+04	4.71E+04	7.37E+02	7.37E+02	2.40E+04

**Caso 9, eje B**

NIVEL	$\Sigma K_{cm}$	$\Sigma K_{cn}$	$\Sigma K_{tm}$	$\Sigma K_{tn}$	R
1		5.25E+04		1.27E+03	3.08E+05
2	5.25E+04	5.25E+04	1.27E+03	1.27E+03	6.61E+04
3 a 7	5.25E+04	5.25E+04	1.27E+03	1.27E+03	4.11E+04
8	5.25E+04	5.25E+04	1.27E+03	1.27E+03	4.11E+04

**Caso 9, eje A**

NIVEL	$\Sigma K_{cm}$	$\Sigma K_{cn}$	$\Sigma K_{tm}$	$\Sigma K_{tn}$	R
1		1.25E+05		1.27E+03	6.52E+05
2	1.25E+05	1.25E+05	1.27E+03	1.27E+03	7.46E+04
3 a 7	1.25E+05	1.25E+05	1.27E+03	1.27E+03	4.17E+04
8	1.25E+05	1.25E+05	1.27E+03	1.27E+03	4.17E+04

**Caso 3, eje B**

NIVEL	$\Sigma K_{cm}$	$\Sigma K_{cn}$	$\Sigma K_{tm}$	$\Sigma K_{tn}$	$R_{flexión}$	$\delta_{flexión}$	$\delta_{cortante}$	$\delta_{total}$	$R_{total}$
1		3.72E+05		7.37E+02	1.80E+06	5.57E-07	1.33E-07	6.90E-07	1.45E+06
2	3.72E+05	3.72E+05	7.37E+02	7.37E+02	4.75E+04	2.11E-05	1.33E-07	2.12E-05	4.72E+04
3 a 7	3.72E+05	3.72E+05	7.37E+02	7.37E+02	2.43E+04	4.11E-05	1.33E-07	4.12E-05	2.43E+04
8	3.72E+05	3.72E+05	7.37E+02	7.37E+02	2.43E+04	4.11E-05	1.33E-07	4.12E-05	2.43E+04

**Caso 14, eje A**

NIVEL	$\Sigma K_{cm}$	$\Sigma K_{cn}$	$\Sigma K_{tm}$	$\Sigma K_{tn}$	$R_{flexión}$	$\delta_{flexión}$	$\delta_{cortante}$	$\delta_{total}$	$R_{total}$
1		3.78E+05		1.27E+03	1.85E+06	5.41E-07	1.33E-07	6.75E-07	1.48E+06
2	3.78E+05	3.78E+05	1.27E+03	1.27E+03	8.06E+04	1.24E-05	1.33E-07	1.25E-05	7.97E+04
3 a 7	3.78E+05	3.78E+05	1.27E+03	1.27E+03	4.20E+04	2.38E-05	1.33E-07	2.40E-05	4.17E+04
8	3.78E+05	3.78E+05	1.27E+03	1.27E+03	4.20E+04	2.38E-05	1.33E-07	2.40E-05	4.17E+04

**Caso 10, eje B**

NIVEL	$\Sigma K_{cm}$	$\Sigma K_{cn}$	$\Sigma K_{tm}$	$\Sigma K_{tn}$	$R_{flexión}$	$\delta_{flexión}$	$\delta_{cortante}$	$\delta_{total}$	$R_{total}$
1		3.78E+05		1.27E+03	1.85E+06	5.41E-07	1.33E-07	6.75E-07	1.48E+06
2	3.78E+05	3.78E+05	1.27E+03	1.27E+03	8.06E+04	1.24E-05	1.33E-07	1.25E-05	7.97E+04
3 a 7	3.78E+05	3.78E+05	1.27E+03	1.27E+03	4.20E+04	2.38E-05	1.33E-07	2.40E-05	4.17E+04
8	3.78E+05	3.78E+05	1.27E+03	1.27E+03	4.20E+04	2.38E-05	1.33E-07	2.40E-05	4.17E+04

**Caso 13, eje A**

NIVEL	$\Sigma K_{cm}$	$\Sigma K_{cn}$	$\Sigma K_{tm}$	$\Sigma K_{tn}$	$R_{flexión}$	$\delta_{flexión}$	$\delta_{cortante}$	$\delta_{total}$	$R_{total}$
1		4.53E+06		8.26E+02	2.15E+07	4.66E-08	1.03E-07	1.50E-07	6.69E+06
2	4.53E+06	4.53E+06	8.26E+02	8.26E+02	5.45E+04	1.83E-05	1.03E-07	1.84E-05	5.42E+04
3 a 7	4.53E+06	4.53E+06	8.26E+02	8.26E+02	2.73E+04	3.66E-05	1.03E-07	3.67E-05	2.73E+04
8	4.53E+06	4.53E+06	8.26E+02	8.26E+02	2.73E+04	3.66E-05	1.03E-07	3.67E-05	2.73E+04

## CÁLCULO DE RIGIDEZ TRASLACIONAL

$$E = 15,100 \sqrt{f_c}$$

$$f_c = 350.00 \text{ kg/cm}^2$$

$$E = 2.82E+05 \text{ kg/cm}^2$$

$$h = 320.00 \text{ cm}$$

$$G = E / 2.4$$

$$G = 1.18E+05 \text{ kg/cm}^2$$

$$h / G = 2.72E-03 \text{ cm}^3/\text{kg}$$

### EJES NÚMERO TÍPICOS

#### Caso 1, eje 1

NIVEL	R
1 a 7	7.15E+05
8	3.58E+05

#### Caso 2, eje 1

NIVEL	R
1 a 7	5.52E+06
8	2.76E+06

#### Caso 7, eje 1

NIVEL	R <sub>flexión</sub>	$\delta_{flexión}$	$\delta_{cortante}$	$\delta_{total}$	R <sub>total</sub>
1 a 7	2.46E+07	4.06E-08	1.28E-06	1.32E-06	7.58E+05
8	1.23E+07	8.12E-08	6.40E-07	7.21E-07	1.39E+06

#### Caso 3, eje 2

NIVEL	R <sub>flexión</sub>	$\delta_{flexión}$	$\delta_{cortante}$	$\delta_{total}$	R <sub>total</sub>
1 a 7	3.00E+08	3.34E-09	2.47E-07	2.50E-07	3.99E+06
8	2.51E+07	3.98E-08	1.24E-07	1.63E-07	6.12E+06

#### Caso 4, eje 1

NIVEL	R <sub>flexión</sub>	$\delta_{flexión}$	$\delta_{cortante}$	$\delta_{total}$	R <sub>total</sub>
1 a 7	6.45E+09	1.55E-10	8.37E-08	8.38E-08	1.19E+07
8	3.22E+09	3.10E-10	4.18E-08	4.21E-08	2.37E+07

### EJES LETRA TÍPICOS

#### Caso 8, eje A

NIVEL	R
1 a 7	1.07E+06
8	5.36E+05

#### Caso 2, eje B

NIVEL	R
1 a 7	3.12E+06
8	1.56E+06

**Caso 9, eje B**

NIVEL	R
1 a 7	3.47E+06
8	2.09E+06

**Caso 9, eje A**

NIVEL	R
1 a 7	8.28E+06
8	4.14E+06

**Caso 3, eje B**

NIVEL	R <sub>flexión</sub>	$\delta_{flexión}$	$\delta_{cortante}$	$\delta_{total}$	R <sub>total</sub>
1 a 7	5.99E+08	1.67E-09	1.28E-06	1.28E-06	7.81E+05
8	3.00E+08	3.34E-09	6.40E-07	6.43E-07	1.56E+06

**Caso 14, eje A**

NIVEL	R <sub>flexión</sub>	$\delta_{flexión}$	$\delta_{cortante}$	$\delta_{total}$	R <sub>total</sub>
1 a 7	2.50E+07	4.00E-08	1.28E-06	1.32E-06	7.58E+05
8	1.25E+07	8.00E-08	6.40E-07	7.20E-07	1.39E+06

**Caso 10, eje B**

NIVEL	R <sub>flexión</sub>	$\delta_{flexión}$	$\delta_{cortante}$	$\delta_{total}$	R <sub>total</sub>
1 a 7	2.50E+07	4.00E-08	1.28E-06	1.32E-06	7.58E+05
8	1.25E+07	8.00E-08	6.40E-07	7.20E-07	1.39E+06

**Caso 13, eje A**

NIVEL	R <sub>flexión</sub>	$\delta_{flexión}$	$\delta_{cortante}$	$\delta_{total}$	R <sub>total</sub>
1 a 7	3.00E+08	3.33E-09	2.47E-07	2.50E-07	3.99E+06
8	1.50E+08	6.66E-09	1.24E-07	1.30E-07	7.68E+06

**COMPARACIÓN DE RIGIDECES POR EJES TÍPICOS**  
**MÉTODO EXACTO: RIGIDECES**  
**MÉTODO PROPUESTO: RIGIDECES TRASLACIONALES**  
**MÉTODO APROXIMADO: WILBUR**

Marcos de 23 metros

NIVEL	Caso 1, eje 1		Caso 2, eje B		Caso 3, eje 1		Caso 7, eje 1				
	RIGIDECES	PROPUESTO WILBUR	RIGIDECES	PROPUESTO WILBUR	RIGIDECES	PROPUESTO WILBUR	RIGIDECES	PROPUESTO WILBUR			
1	7.34E+05	7.15E+05	2.76E+06	3.12E+06	2.57E+05	4.80E+06	5.52E+06	4.29E+05	8.84E+06	7.58E+05	1.45E+06
2	6.54E+05	7.15E+05	2.41E+06	3.12E+06	4.10E+04	4.18E+06	5.52E+06	4.38E+04	8.09E+06	7.58E+05	4.72E+04
3	6.47E+05	7.15E+05	2.39E+06	3.12E+06	2.40E+04	4.13E+06	5.52E+06	2.42E+04	8.11E+06	7.58E+05	2.43E+04
4	6.46E+05	7.15E+05	2.38E+06	3.12E+06	2.40E+04	4.13E+06	5.52E+06	2.42E+04	8.11E+06	7.58E+05	2.43E+04
5	6.45E+05	7.15E+05	2.38E+06	3.12E+06	2.40E+04	4.12E+06	5.52E+06	2.42E+04	8.10E+06	7.58E+05	2.43E+04
6	6.33E+05	7.15E+05	2.33E+06	3.12E+06	2.40E+04	4.03E+06	5.52E+06	2.42E+04	8.10E+06	7.58E+05	2.43E+04
7	4.88E+05	7.15E+05	1.68E+06	3.12E+06	2.40E+04	2.89E+06	5.52E+06	2.42E+04	6.68E+06	7.58E+05	2.43E+04
8	1.13E+05	3.58E+05	3.09E+05	1.56E+06	2.40E+04	5.13E+05	2.76E+06	2.42E+04	1.35E+06	1.39E+06	2.43E+04

NIVEL	Caso 3, eje B		Caso 3, eje 2		Caso 4, eje 1			
	RIGIDECES	PROPUESTO WILBUR	RIGIDECES	PROPUESTO WILBUR	RIGIDECES	PROPUESTO WILBUR		
1	8.88E+06	7.81E+05	1.45E+06	3.99E+06	6.68E+06	5.11E+07	1.19E+07	2.70E+07
2	8.17E+06	7.81E+05	4.72E+04	3.99E+06	2.15E+04	5.33E+07	1.19E+07	2.70E+07
3	8.19E+06	7.81E+05	2.43E+04	3.99E+06	1.08E+04	5.33E+07	1.19E+07	2.84E+07
4	8.19E+06	7.81E+05	2.43E+04	3.99E+06	1.08E+04	5.32E+07	1.19E+07	2.84E+07
5	8.19E+06	7.81E+05	2.43E+04	3.99E+06	1.08E+04	5.32E+07	1.19E+07	2.84E+07
6	8.18E+06	7.81E+05	2.43E+04	3.99E+06	1.08E+04	5.31E+07	1.19E+07	2.84E+07
7	6.87E+06	7.81E+05	2.43E+04	3.99E+06	1.08E+04	5.30E+07	1.19E+07	2.84E+07
8	1.53E+06	1.56E+06	2.43E+04	6.12E+06	1.08E+04	2.08E+07	2.37E+07	2.84E+07

## COMPARACIÓN DE RIGIDECES POR EJES TÍPICOS

MÉTODO EXACTO: RIGIDECES

MÉTODO PROPUESTO: RIGIDECES TRASLACIONALES

MÉTODO APROXIMADO: WILBUR

Marcos de 37 metros

NIVEL	Caso 8, eje A		Caso 9, eje B		Caso 9, eje A		Caso 14, eje A		
	RIGIDECES	PROPUESTO	WILBUR	RIGIDECES	PROPUESTO	WILBUR	RIGIDECES	PROPUESTO	WILBUR
1	1.11E+06	1.07E+06	1.31E+05	3.14E+06	3.47E+06	3.08E+05	7.20E+06	8.28E+06	6.52E+05
2	9.90E+05	1.07E+06	5.13E+04	2.75E+06	3.47E+06	6.61E+04	6.28E+06	8.28E+06	7.46E+04
3	9.80E+05	1.07E+06	3.91E+04	2.72E+06	3.47E+06	4.11E+04	6.21E+06	8.28E+06	4.17E+04
4	9.79E+05	1.07E+06	3.91E+04	2.72E+06	3.47E+06	4.11E+04	6.20E+06	8.28E+06	4.17E+04
5	9.78E+05	1.07E+06	3.91E+04	2.71E+06	3.47E+06	4.11E+04	6.19E+06	8.28E+06	4.17E+04
6	9.61E+05	1.07E+06	3.91E+04	2.66E+06	3.47E+06	4.11E+04	6.06E+06	8.28E+06	4.17E+04
7	7.52E+05	1.07E+06	3.91E+04	1.94E+06	3.47E+06	4.11E+04	4.36E+06	8.28E+06	4.17E+04
8	1.80E+05	5.36E+05	3.91E+04	3.76E+05	2.09E+06	4.11E+04	7.87E+05	4.14E+06	4.17E+04

NIVEL	Caso 10, eje B		Caso 13, eje A			
	RIGIDECES	PROPUESTO	WILBUR	RIGIDECES	PROPUESTO	WILBUR
1	9.25E+06	7.58E+05	1.48E+06	1.68E+07	3.99E+06	6.69E+06
2	8.51E+06	7.58E+05	7.97E+04	1.71E+07	3.99E+06	5.42E+04
3	8.52E+06	7.58E+05	4.17E+04	1.70E+07	3.99E+06	2.73E+04
4	8.52E+06	7.58E+05	4.17E+04	1.70E+07	3.99E+06	2.73E+04
5	8.52E+06	7.58E+05	4.17E+04	1.70E+07	3.99E+06	2.73E+04
6	8.50E+06	7.58E+05	4.17E+04	1.69E+07	3.99E+06	2.73E+04
7	7.13E+06	7.58E+05	4.17E+04	1.63E+07	3.99E+06	2.73E+04
8	1.59E+06	1.39E+06	4.17E+04	4.72E+06	7.68E+06	2.73E+04

## CÁLCULO DE RIGIDEZ TRASLACIONAL CAMBIO ALTURA UN NIVEL

$$E = 15,100 \sqrt{f_c}$$

$$f_c = 350.00 \text{ kg/cm}^2$$

$$E = 2.82E+05 \text{ kg/cm}^2$$

$$h = 320.00 \text{ cm}$$

$$G = E / 2.4$$

$$G = 1.18E+05 \text{ kg/cm}^2$$

$$h / G = 2.72E-03 \text{ cm}^3/\text{kg}$$

### EJES NÚMERO TÍPICOS

**Caso 1, eje 1**       $h$  mayor = 360.32 cm

Esto es una altura 12.6% mayor.

NIVEL	R	R h mayor	Cambio
1 a 7	7.15E+05	6.08E+05	0.85

### Caso 7, eje 1

NIVEL	$R_{\text{flexión}}$	$\delta_{\text{flexión}}$	$\delta_{\text{cortante}}$	$\delta_{\text{total}}$	$R_{\text{total}}$
1 a 7	2.46E+07	4.06E-08	1.28E-06	1.32E-06	7.58E+05

Con altura mayor       $h$  mayor = 428.80 cm  
 $h$  mayor / G = 3.64E-03 cm<sup>3</sup>/kg

Esto es una altura 34% mayor.

NIVEL	$R_{\text{flexión}}$	$\delta_{\text{flexión}}$	$\delta_{\text{cortante}}$	$\delta_{\text{total}}$	$R_{\text{total}}$ h mayor
1 a 7	1.74E+07	5.73E-08	1.50E-06	1.55E-06	6.43E+05

Cambio
0.85

### Caso 3, eje 2

NIVEL	$R_{\text{flexión}}$	$\delta_{\text{flexión}}$	$\delta_{\text{cortante}}$	$\delta_{\text{total}}$	$R_{\text{total}}$
1 a 7	3.00E+08	3.34E-09	2.47E-07	2.50E-07	3.99E+06

Con altura mayor       $h$  mayor = 428.80 cm  
 $h$  mayor / G = 3.64E-03 cm<sup>3</sup>/kg

Esto es una altura 34% mayor.

NIVEL	$R_{\text{flexión}}$	$\delta_{\text{flexión}}$	$\delta_{\text{cortante}}$	$\delta_{\text{total}}$	$R_{\text{total}}$
1 a 7	2.12E+08	4.71E-09	2.89E-07	2.94E-07	3.40E+06

Cambio
0.85

### Caso 4, eje 1

NIVEL	$R_{\text{flexión}}$	$\delta_{\text{flexión}}$	$\delta_{\text{cortante}}$	$\delta_{\text{total}}$	$R_{\text{total}}$
1 a 7	6.45E+09	1.55E-10	8.37E-08	8.38E-08	1.19E+07

Con altura mayor       $h$  mayor = 428.80 cm  
 $h$  mayor / G = 3.64E-03 cm<sup>3</sup>/kg

Esto es una altura 34% mayor.

NIVEL	$R_{\text{flexión}}$	$\delta_{\text{flexión}}$	$\delta_{\text{cortante}}$	$\delta_{\text{total}}$	$R_{\text{total}}$
1 a 7	4.56E+09	2.19E-10	9.79E-08	9.81E-08	1.02E+07

Cambio
0.85

## CÁLCULO DE RIGIDEZ TRASLACIONAL REDUCIENDO ELEMENTOS VERTICALES

$$E = 15,100 \sqrt{f_c}$$

$$f_c = 350.00 \text{ kg/cm}^2$$

$$E = 2.82E+05 \text{ kg/cm}^2$$

$$h = 320.00 \text{ cm}$$

$$G = E / 2.4$$

$$G = 1.18E+05 \text{ kg/cm}^2$$

$$h / G = 2.72E-03 \text{ cm}^3/\text{kg}$$

### EJES NÚMERO TÍPICOS

**Caso 1, eje 1** Eliminando dos columnas de uno de los niveles.

NIVEL	R	R mod	Cambio
1 a 7	7.15E+05	5.36E+05	0.75

### Caso 7, eje 1

Eliminando un muro y sus elementos de borde de uno de los niveles.

NIVEL	R <sub>flexión</sub>	δ <sub>flexión</sub>	δ <sub>cortante</sub>	δ <sub>total</sub>	R <sub>total</sub>
Inferior	1.23E+07	8.12E-08	6.40E-07	7.21E-07	1.39E+06
Superior	1.79E+05				1.79E+05

Cambio
0.13

### EJES LETRA TÍPICOS

**Caso 8, eje A** Eliminando tres columnas de uno de los niveles.

NIVEL	R	R mod	Cambio
1 a 7	1.07E+06	8.04E+05	0.75

### Caso 13, eje A

Eliminando dos muros y su elemento de borde de uno de los niveles.

NIVEL	R <sub>flexión</sub>	δ <sub>flexión</sub>	δ <sub>cortante</sub>	δ <sub>total</sub>	R <sub>total</sub>
Inferior	1.50E+08	6.66E-09	2.47E-07	2.54E-07	3.94E+06
Superior	3.58E+05				3.58E+05

Cambio
0.09

## 7. DISCUSIÓN DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Todos los cálculos se hicieron con base en lo expuesto anteriormente y de acuerdo con las normas AGIES 1996.

Tanto para el modelo de planta cuadrada, como para el de planta rectangular, la configuración en planta se puede clasificar como regular, ya que se cumple con el requisito de que todos y cada uno de los pisos sobre el nivel del suelo tienen plantas regulares. Por lo anterior, a todos los casos se les puede asignar, de acuerdo con AGIES 1996, numeral 3-1.4.2, un índice  $q_4$  igual a +2.5.

La relación entre lado mayor y lado menor para el modelo de planta rectangular es de 1.61, que es menor que el límite de 3 para que la forma no sea muy alargada. Esto contribuye a que se tenga una mejor distribución de los esfuerzos a través de los diafragmas y por lo tanto hacia el resto de elementos resistentes.

Para los modelos, la relación alto a ancho es 1.11, que se mantiene bajo el límite de tres o cuatro para que la edificación no sea muy esbelta.

Para los casos 1 al 14, el centro de masa y de rigidez, debido a la simetría de las plantas, se ubican en el mismo punto, por lo que no existe excentricidad. De acuerdo con AGIES 1996, numeral 3-1.4.2, se asigna un índice  $q_5$  igual a +2.5 cuando ninguno de los pisos tiene excentricidad. Para los casos 15 al 30, que son variaciones de los casos anteriores, se tiene excentricidad. Por esto, en los casos en la que la excentricidad es excesiva, esto es, si excede el veinte por ciento del radio de resiliencia, se asigna un índice  $q_5$  igual a -3.0. Si la excentricidad es grande, si excede el quince por ciento del radio de resiliencia, se asigna un índice  $q_5$  igual a -2.5.

La isotropía en planta se analiza refiriéndose en los ejemplos al cuadro de "Comparación de rigidez entre ejes letra y número" (vid. Capítulo 6) para cada caso. De acuerdo con la norma AGIES 1996, numeral 3-1.4.2, literal c, existe excesiva anisotropía de rigideces en un piso si la relación entre rigideces traslacionales en cada dirección de análisis no está entre 0.67 y 1.50. Se

considera que un piso es isotrópico si esta relación está entre 0.75 y 1.33.

Por lo anterior, los casos 1, 2, 6, 7, 8, 9, 13 y 14 son isotrópicos. Para relaciones mayores que 1 y menores que 1.33, el eje letra es más rígido que el eje número, mientras que para relaciones menores que 1, pero mayores que 0.75, el eje número será más rígido. De acuerdo con AGIES, se les asignó un índice de calidad  $q_6$  igual a +2.5. Estos casos presentan el patrón en el que los elementos más resistentes se distribuyen en el perímetro de la edificación. En los casos con muros, éstos se encuentran, en igual cantidad y dimensiones, en los marcos del perímetro.

Los casos 3, 4, 5, 10, 11 y 12 son anisotrópicos, lo que indica que un eje es excesivamente rígido en comparación al otro, para estos casos los que tienen relaciones menores que 0.67, tendrán el eje letra menos rígido que el eje número. Las relaciones mayores que 1.50, muestran que el eje letra es más rígido que el eje número. De acuerdo con AGIES, se les asignó un índice de calidad  $q_6$  igual a -3. El patrón que presentan estos casos, distribuye los elementos resistentes, los muros, en el centro de la edificación, y para los casos extremos, los muros se encuentran solamente en los marcos de un sentido, en el perímetro de la edificación.

No se consideran tabiques, sillares u otros elementos secundarios que puedan afectar la rigidez entre pisos.

La configuración vertical de ambos modelos es constante, sin escalonamientos.

En los ejemplos, del cuadro "Relaciones de masas con rigideces" (vid. Capítulo 6), si ésta no sufre cambios mayores que el quince por ciento entre pisos adyacentes, y cumpliendo con los dos párrafos anteriores, se puede clasificar la edificación como regular en elevación, no siendo necesario verificar el último piso.

De acuerdo con AGIES 1996, numeral 3-1.4.3, si los pisos cumplen con los tres párrafos anteriores, se asigna un índice  $q_7$  igual a +0.0. Por cada piso que no cumpla con una de las tres condiciones, se descuenta 1.5 al índice, no siendo necesario descontar más allá de -5.0.

La condición de piso suave se verifica con los datos de los ejemplos de la tabla "Relación de rigideces entre niveles" (vid. Capítulo 6). Existe tendencia a esta condición si cualquier piso sobre el suelo tiene una rigidez menor que la rigidez del piso inmediato superior. Se presenta tendencia a esta condición en algunos de los casos entre los niveles 1 y 2. A estos casos se les asignó un índice  $q_8$  igual a  $-3.0$ , a el resto de los casos se les asignó  $q_8$  igual a  $+0.0$ .

Del cuadro "Cálculo de rigidez traslacional, cambio de altura un nivel" (vid. Capítulo 6), podemos ver que, despreciando el peso, si los marcos carecen de muros, un incremento en doce punto seis por ciento de la altura del nivel, provoca que la rigidez del piso inferior sea quince por ciento menor que la del piso superior. Caso similar para los marcos con muros, en los que se necesita un incremento de treinta y cuatro por ciento de la altura.

Al eliminar elementos verticales de los marcos, produciendo un escalonamiento fuera del primer quince por ciento de la altura de la edificación, se obtiene una configuración vertical irregular. Del cuadro "Cálculo de rigidez traslacional, reduciendo elementos verticales" (vid. Capítulo 6), al eliminar el cincuenta por ciento de los elementos verticales constituidos por columnas en el nivel superior, se tiene un cambio del veinticinco por ciento en la rigidez de un nivel a otro. Para los casos que presentan marcos con muros, al eliminar las columnas el cambio es despreciable, mientras que al eliminar los muros y sus elementos de borde, la rigidez del piso superior es aproximadamente diez por ciento menor que la rigidez del piso inferior.

De la tabla "Comparación de rigideces" (vid. Capítulo 6) se muestran los resultados para el método exacto, el método propuesto y el método aproximado. Los valores que se obtienen con el método aproximado de Wilbur son muy pequeños en comparación con los valores del método exacto de rigideces, por lo que se descartan para los análisis. Los valores del método propuesto están más cercanos a los valores exactos, por lo que estos son los que se consideran. Para marcos sin muros, que son los casos 1 eje 1, 2 eje b, 2 eje 1, 8 eje a, 9 eje a y 9 eje b, el valor obtenido con el método propuesto, la rigidez traslacional, es aproximadamente 1.33 del valor del método exacto. Para los casos 7 eje 1, 3

eje b, 14 eje a y 10 eje b, en los que los muros en estos ejes son solo parte del tramo, el valor obtenido es aproximadamente 0.095 del valor exacto. Para los casos 3 eje 2, 4 eje 1 y 13 eje a, en los que los muros ocupan uno o varios tramos, el valor obtenido es el 0.24 del valor exacto.

En este trabajo se propone un método simplificado para determinar la rigidez, siendo éste el método en el que se calculan las rigideces traslacionales, modificado para incluir muros, que se afectan por un factor para tener un valor aproximado de la rigidez exacta.

Para obtener valores aproximados a los exactos, se propone multiplicar la rigidez traslacional obtenida por los siguientes factores:

- Para marcos simples, multiplicar la rigidez traslacional por 0.75.
- Para marcos con muros que no tienen la longitud del tramo completo, multiplicar la rigidez traslacional por 10.5.
- Para marcos con muros en uno o varios tramos completos, multiplicar la rigidez traslacional por 4.25.

## 8. RECOMENDACIONES

- Es importante la comunicación entre arquitecto e ingeniero para lograr que la futura edificación cumpla no sólo con los requisitos de imagen o apariencia y función, sino que también cumpla con requisitos estructurales de configuración, que pueden ser significativos en el comportamiento sísmico de la misma.
- Las edificaciones deben ser sencillas, uniformes y simétricas, con lo que se disminuyen los riesgos debidos a mal comportamiento ante los efectos de un sismo. Los sistemas estructurales que las compongan deben proporcionar resistencia y rigidez uniforme y en dos direcciones ortogonales. Los miembros resistentes deben estar distribuidos uniformemente y unidos por diafragmas. No se recomiendan escalonamientos en elevación, ni entrantes o salientes en planta.
- Si se cuenta con los recursos para realizar análisis detallados, se recomienda el uso de los mismos, ya que se obtienen resultados más exactos. Queda como opción utilizar la propuesta del método aproximado, que es más sencillo y fácil de aplicar, obteniéndose resultados satisfactorios para trabajar con rigideces relativas, para las primeras etapas del proyecto, es decir, para el prediseño.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

ACI Committee 442. 1971. *Response of buildings to lateral forces*. Title No. 68-11. Estados Unidos de América. ACI Journal.

Arnold, C.; Reitherman, R. 1991. *Manual de configuración y diseño sísmico de edificios*. México. Editorial Limusa, S.A. de C.V.

Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica (AGIES). 1996. *Normas estructurales de diseño y construcción recomendadas para la República de Guatemala*. Guatemala.

Bazán Zurita, Enrique; Roberto Meli Piralla. 1989. *Manual de diseño sísmico de edificios*. México. Editorial Limusa, S.A. de C.V.

Creixell, José. 1976. *Construcciones antisísmicas: criterio para su cálculo y diseño*. México. Editorial Continental, S. A.

Dowrick, D.J. 1984 *Diseño de estructuras resistentes a sismos, para ingenieros y arquitectos*. México. Editorial Limusa.

Lin, T. Y.; Stotesbury, S.D. 1981. *Structural concepts and systems for architects and engineers*. Estados Unidos de América. John Wiley & Sons.

Rosenbleuth, Emilio. 1991. *Diseño de estructuras resistentes a sismos*. México. Editorial Limusa.

Meli Piralla, Roberto. 1987. *Diseño estructural*. México. Editorial Limusa.

Wakabayashi, M. 1986. *Design of earthquake-resistant buildings*. Estados Unidos de América. McGraw-Hill Book Company.

Wilbur, John B. *Distribution of wind loads to the bents of a building*. Estados Unidos de América. Boston Society of Civil Engineers.

## **10. APÉNDICES**

C U A D R O 3-1/A  
 FACTOR "R<sub>o</sub>" DE REDUCCION DE RESPUESTA SISMICA  
 POR CAPACIDAD POST-ELASTICA (DUCTILIDAD) DE LA ESTRUCTURA

SISTEMA ESTRUCTURAL Véase Numeral 3-1.3.1	SISTEMA VERTICAL SISMO-RESISTENTE	FACTOR R <sub>o</sub> (Numeral 3-1.2.2)
E1. SISTEMA DE CAJON	con muros estructurales:	
	de mampostería reforzada de concreto reforzado de mampostería sin refuerzo de mampostería parcialmente reforzada de madera	2.5 3.5 1.0 1.7 4.0
E2. SISTEMA DE MARCOS:	con marcos arriostrados	3.0
E2-1 marcos ordinarios:	de acero estructural	3.5
	de concreto reforzado	1.7
E2-2 marcos especiales:	de acero estructural	5.5
	de concreto reforzado	5.0
E3. SISTEMA COMBINADO DE MUROS Y MARCOS:	con muros de mampostería reforzada	3.5
	con muros de concreto reforzado	4.5
	con marcos arriostrados en vez de muros	
	arriostres ordinarios arriostres excéntricos	3.5 4.0
E4. SISTEMA DUAL DE MUROS Y MARCOS:	con muros de mampostería reforzada	3.5
	con muros de concreto reforzado	5.5
	con marcos arriostrados en vez de muros	
	arriostres ordinarios arriostres excéntricos	3.5 5.0
E5. PENDULO INVERTIDO:	de concreto reforzado confinado ordinario	2.0 no usar
	de estructura de acero con detalles ordinarios con detalles sísmicos	1.0 2.0
	de estructura de madera	2.5
E6. OTRO TIPO:	Clasificar como E5 o bien consultar exclusiones específicas en los Capítulos 3-7, 3-8, 3-9 y subsiguientes agregados a estas normas.	

CUADRO 3-1/B GUIA PARA ESTABLECER LA ESTRUCTURACION SISMO-RESISTENTE DE UNA EDIFICACION E INTEGRAR EL INDICE DE CALIDAD "Q" Y EL FACTOR DE REDUCCION "R"					
EDIFICACION (nombre) _____ clasificación de obra (sección 1-1.3) _____ índice de sismicidad del sitio (numeral 2-2.1.1) _____ NIVEL DE PROTECCION REQUERIDO (numeral 2-2.1.2) _____ ASIGNADO (electivamente) _____ perfil del suelo (numeral 2-2.2.3) _____ Aceleración max efectiva del terreno: $A_0 =$ _____ figura 2-2/1					
TIPO DE ESTRUCTURA (numeral 3-1.3.1) _____ anotar si aplica 3-1.3.4 _____ (NOTA: si aplica 3-1.3.2 o 3-1.3.3 no llenar este cuadro sino el correspondiente en otras secciones) anotar si aplica alguna restricción por 3-1.3.6 o 3-1.3.7 _____					
DESCRIPCION DE LA ESTRUCTURA _____ (adjuntar planta esquemática) Número de pisos bajo el suelo _____ sobre el suelo _____ altura total bajo el suelo _____ sobre el suelo _____ longitud X max bajo el suelo _____ sobre el suelo _____ longitud Y max bajo el suelo _____ sobre el suelo _____ (longitudes X y Y son entre ejes extremos)					
CONFIGURACION DE LA EDIFICACION índices $q_i$ conforme a sección 3-1.4		dirección de análisis		valores $q_i$ de referencia	
-- X --		-- Y --		mín	max
numeral 3-1.4.1	redundancia estructural	número de tramos $q_{d1} =$ _____ número de ejes estructurales $q_{d2} =$ _____ presencia de muros o riostras $q_{d3} =$ _____	$q_{y1} =$ _____ $q_{y2} =$ _____ $q_{y3} =$ _____	-3.0 -3.0 0.0	2.5 2.5 3.5
Numeral 3-1.4.2	configuración en planta	regularidad en planta $q_e =$ _____	excentricidad en planta $q_{e1} =$ _____ $q_{e2} =$ _____	-3.0 -3.0 -3.0	+2.5 +2.5 +2.5
numeral 3-1.4.3	configuración vertical	cambios de rigidez $q_{v1} =$ _____ posición elementos no estructurales $q_{v2} =$ _____	$q_{v3} =$ _____ $q_{v4} =$ _____	-5.0 -5.0	0.0 0.0
FACTOR "Q" DE CALIDAD SISMO-RESISTENTE Numeral 3-1.2.3 -- ecuación 3-1/2		$Q_s =$ _____	$Q_r =$ _____	-25.0	+16.0
FACTOR "R <sub>0</sub> " DE REDUCCION DE RESPUESTA Numeral 3-1.2.2 -- cuadro 3-1/A		$R_{0s} =$ _____	$R_{0r} =$ _____		