



Luis Gonzalo Mejía C.
Ingeniero Consultor

ASPECTOS ARQUITECTONICOS Y ESTRUCTURALES EN EL PROYECTO DE EDIFICACIONES SISMO-RESISTENTES

TRABAJO PREPARADO PARA LAS XIV JORNADAS ESTRUCTURALES DE LA INGENIERIA DE COLOMBIA

Santafé de Bogotá, D.C. Septiembre 19, 20 y 21 de 2001

Ing. Luis Gonzalo Mejía C.

CONCEPTOS 1

Medellín, Agosto de 2001

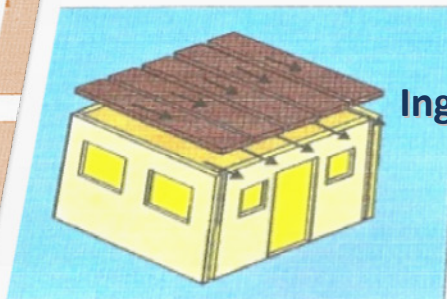


Figura 4 Empujes normales al plano de los muros que se generan cuando la losa actúa como diafragma rígido.

Figura 3 Distribución de las fuerzas de inercia en un sistema de piso no constituye diafragma rígido.

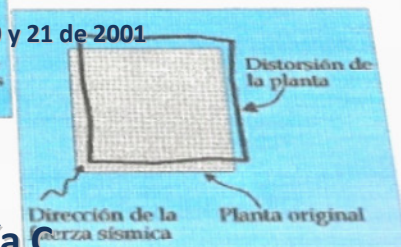


Figura 5 Distorsión en el plano ante fuerzas sísmicas en dirección diagonal, cuando el sistema de piso no constituye un diafragma rígido.

CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN.....	1
2	CONCEPTOS.....	1
2.1	Sistemas de piso y techos.....	1
2.2	Mecanismos de falla	2
2.3	Uniones	2
2.4	Muros.....	3
3	SITUACIONES	3
3.1	Situaciones en elevación.....	3
3.1.1	Esbeltez.....	3
3.1.2	Reducciones en las dimensiones	3
3.1.3	Distribución no uniforme del peso	4
3.2	Situaciones en planta.....	4
3.2.1	Estructuras alargadas	4
3.2.2	Asimetría.....	4
3.2.3	Alas muy largas.....	5
3.2.4	Esquinas entrantes	5
4	PROBLEMAS.....	5
4.1	Configuración estructural.....	5
4.2	Simetría y continuidad.....	6
4.3	Concentración de esfuerzos	7
5	FUNDACIONES	7
5.1	Acción de conjunto.....	7
5.2	Resistencia a cargas laterales.....	7
5.3	Cimentación de muros	8
5.4	Deflexiones.....	8

6	DERIVAS.....	8
6.1	Vibración de las estructuras	8
6.2	Sistemas estructurales	9
6.3	Vibración torsional.....	9
6.4	Aprovechamiento de la fachada para rigidizar la estructura.....	10
7	REQUISITOS GENERALES, NSR-98.....	10
8	CONCLUSION	11

1 INTRODUCCIÓN

El comportamiento de una estructura actuada por fuerzas sísmicas depende de su forma, masa, sistema estructural, rigidez y cimentación. Una buena elección de estos parámetros, permite que se puedan concebir estructuras seguras y económicas.

En esta presentación se mencionan los aspectos más importantes que determinan el desempeño de las estructuras ante fuerzas sísmicas, así como algunas recomendaciones sobre el tipo de configuración estructural a utilizar. También se presentan situaciones desfavorables que se deben evitar, y se mencionan brevemente aspectos relativos a las fundaciones y las derivas.

Para este artículo se tomó como base información del libro "Diseño Sísmico de Edificios" de Bazán/Meli, reorganizándola y completándola en Power Point con el fin de aclarar mejor los conceptos. En algunos puntos se hace referencia a las normas Mexicanas (RCDF).

2 CONCEPTOS

2.1 Sistemas de piso y techos

En la Figura 1 se observa como se distribuyen las fuerzas en una estructura.

La resistencia a cortante de las losas y los sistemas de piso debe ser suficiente para poder transmitir las fuerzas horizontales que se generan sin fallar. Cuando no es posible obtener el efecto de diafragma se debe utilizar un método de análisis que tenga en cuenta las deformaciones de los elementos de piso en su plano.

La presencia de huecos en las losas, cerca de muros o vanos contraventeados, puede llegar a ser crítica. En estos casos el tramo de losa adyacente al hueco debe resistir una alta fuerza cortante en un área reducida (Figura 2).

La ausencia de diafragmas horizontales hace que se presenten los siguientes problemas:

- Las fuerzas de inercia y las cortantes de entrepiso no se distribuyen entre los distintos elementos resistentes de manera proporcional a la rigidez de éstos. Cada sistema vertical recibe, en general, la fuerzas que se generan en su área tributaria. (Figura 3)
- Los elementos perpendiculares a la dirección de las fuerzas sísmicas pueden someterse a empujes en sistemas a base de muros de carga. Estos elementos

quedan sujetos a fuerzas normales en su plano, para las cuales tienen poca resistencia. (Figura 4)

- Al estar la estructura sin diafragma rígido sometida a un sismo, ésta se puede distorsionar en planta, por lo que la hipótesis de que las fuerzas sísmicas actuantes en cualquier dirección se pueden descomponer en fuerzas aplicadas sobre los sistemas ortogonales de la estructura no es válida. (Figura 5)

2.2 Mecanismos de falla

Al someterse a un sismo, la estructura entra a la etapa no lineal (dependiendo del tipo de mecanismo de comportamiento no lineal de la estructura y del número de secciones que sobrepasen la etapa lineal). El sistema en conjunto tendrá mayor ductilidad global al tener mayor número de elementos que participen en la deformación no lineal y mientras más dúctil sea el comportamiento de estas secciones. Durante el diseño de la estructura se deciden las resistencias de las secciones para los diferentes modos de falla, de modo que se desarrolle la mayor ductilidad posible (diseño por capacidad), existiendo dos mecanismos principales:

Cuando el mecanismo de deformación inelástica es el de columna débil-viga fuerte, en el momento en que se formen articulaciones plásticas en las columnas de un mismo piso se llega al colapso de la estructura en su conjunto. Esto hace que este mecanismo de deformación no sea el adecuado. (Figura 6)

En el mecanismo de deformación inelástica columna fuerte-viga débil, las articulaciones plásticas se presentan en los extremos de las vigas. Se requiere que se formen articulaciones plásticas en todos los pisos y en las bases de las columnas para que la estructura llegue al colapso, siendo éste, por lo tanto, el mecanismo más favorable. (Figuras 7 y 8)

2.3 Uniones

La unión entre las vigas y las columnas de concreto reforzado presentan tres aspectos críticos ante las fuerzas sísmicas: la adherencia, el cortante y el confinamiento. En las conexiones extremas es necesario anclar el refuerzo longitudinal. En las conexiones interiores los esfuerzos cambian de tensión a compresión de una cara a otra de la columna. El refuerzo a cortante es necesario para evitar las grietas diagonales.

Para garantizar un buen desempeño de las conexiones viga columna estas deben llevar un refuerzo horizontal y los estribos de la columna deben prolongarse dentro de la conexión. (Figura 9)

2.4 Muros

Los muros de concreto presentan una alta rigidez y capacidad de carga laterales, lo cual hace que sean muy eficientes para resistir las fuerzas sísmicas en los edificios. Es importante en los muros la relación altura total a longitud (H/L), considerándose esbeltos aquellos con una relación H/L mayor o igual a 2. (Figura 10)

Los muros esbeltos actúan principalmente como vigas en voladizo, donde dominan los efectos de flexión (Figura 10.a). Por lo tanto debe confinarse el refuerzo longitudinal formando columnas extremas para evitar el pandeo y el aplastamiento del concreto en el extremo comprimido del muro (Figura 10.b).

El muro también debe protegerse de fallas por cortante (Figura 10.c) y por deslizamiento en la base (Figura 10.d).

3 SITUACIONES

Es muy importante para el buen comportamiento de la estructura, que ésta presente una buena configuración, la cual se obtiene mediante una buena concepción estructural y un buen detallado.

3.1 Situaciones en elevación

3.1.1 Esbeltez

Una edificación muy esbelta (Figura 1) puede provocar problemas de volteo, de inestabilidad (efectos $P-\Delta$) y de transmisión de cargas elevadas a la cimentación y el subsuelo. La mayoría de las normas limitan la relación de esbeltez a cuatro para considerar la estructura regular. Las Normas Sísmicas del RCDF disminuye este límite a dos con cinco.

3.1.2 Reducciones en las dimensiones

La presencia de reducciones en las dimensiones en la altura de la estructura hacen que se produzcan concentración de esfuerzos en algunos pisos o amplificaciones de la vibración en las partes superiores del edificio. (Figura 2)

Las reducciones bruscas en altura se deben evitar buscando una forma prismática del edificio (Figura 3.a). Si estas reducciones están presentes en la edificación, es

conveniente realizarlas de forma gradual (Figura 3.b) o rigidizar la zona superior. (Figura 3.c)

3.1.3 Distribución no uniforme del peso

Las fuerzas de inercia son proporcionales a la masa, y por lo tanto al peso de la edificación, por lo cual es conveniente proyectar estructuras livianas. Las aceleraciones a las que se somete el edificio ante la presencia del sismo aumentan con la altura. Es por esto que se deben evitar concentraciones de masa en los niveles superiores (Figura 4.a).

También es importante distribuir simétricamente las masas en planta para evitar vibraciones torsionales desfavorables para el comportamiento de la estructura. (Figura 4.b)

Igualmente se deben evitar masas excesivas en vigas con luces muy grandes y voladizos, debido a que a las fuerzas de inercia verticales se les suma la fuerza de la gravedad.

3.2 Situaciones en planta

3.2.1 Estructuras alargadas

Cuando se tienen estructuras muy alargadas, es mayor la probabilidad de que sobre su base actúen movimientos que difieran en un extremo y otro de la planta. (Figura 1)

El problema principal que se presenta en estas estructuras es que la flexibilidad del piso puede provocar vibraciones importantes en planta aumentando las solicitaciones en la parte central del edificio.

Se deben evitar las estructuras alargadas. Si son necesarias se debe distribuir uniformemente la rigidez transversal (Figura 3.a) y usar sistemas de piso muy rígidos en su plano. (Figura 3.b)

3.2.2 Asimetría

La asimetría en planta debe evitarse ya que tiende a producir vibraciones torsionales. (Figura 4)

Para reducir la vibración torsional debida a la asimetría en planta se debe hacer coincidir el centro de masas con el centro de torsión. (Figura 5.a)

También es conveniente separar la estructura en cuerpos simétricos, aunque la separación necesaria entre cuerpos implica el diseño de elementos de conexión necesarios para permitir el paso entre los cuerpos. (Figura 5.b)

Utilizar elementos estructurales exteriores es otra forma de minimizar la vibración torsional al unir las diferentes partes del edificio, volviéndolo más simétrico. (Figura 5.c)

3.2.3 Alas muy largas

Alas muy alargadas en la estructura son desfavorables ante la presencia de un sismo. (Figura 6)

Para solucionar este problema se puede subdividir la planta en cuerpos independientes y cortos (Figura 7.a). También se pueden rigidizar los extremos de las alas y reforzar las esquinas interiores. (Figura 7.b)

El problema radica en que las alas vibran en direcciones diferentes, lo que hace que se produzcan fuertes solicitaciones en las esquinas interiores de las plantas. (Figura 8)

3.2.4 Esquinas entrantes

Las esquinas entrantes producen concentración de esfuerzos en las mismas. Debe buscarse que la planta sea lo más compacta posible, por lo tanto las esquinas entrantes no se recomiendan. (Figura 9)

4 PROBLEMAS

4.1 Configuración estructural

Los edificios deben de tener un sistema estructural capaz de resistir los efectos sísmicos en dos direcciones ortogonales.

En zonas no sísmicas es frecuente encontrar estructuras en donde solamente hay marcos en una dirección (no hay vigas en la dirección transversal). Esto hace que el edificio carezca completamente de resistencia en la dirección transversal. (Figura 1)

Para mejorar este problema se pueden colocar muros o contravientos en la dirección transversal, o formar marcos en dicha dirección. (Figura 2)

Los edificios de muros también deben ser capaces de resistir fuerzas sísmicas en ambas direcciones. Alinear los muros en una sola dirección hace que la resistencia en el otro sentido sea mínima. (Figura 3)

Para poder resistir las fuerzas sísmicas en ambas direcciones, se debe disponer de una longitud adecuada de muros alineados en dos direcciones principales. (Figura 4)

Cuando se tienen marcos no alineados y vigas excéntricas se producen altas concentraciones de esfuerzos que aumentan la posibilidad de fallas locales y tienden a reducir la ductilidad global de la estructura. (Figura 5)

4.2 Simetría y continuidad

Cuando la estructura entra al comportamiento no lineal (o algunos de sus elementos), es necesario que también se presente un comportamiento simétrico. La estructura de la figura 6 presenta marcos rellenos con muros de mampostería en una fachada, y marcos contraventeados en la fachada opuesta. Al entrar al intervalo inelástico la rigidez de los marcos con muros se reduce mucho más drásticamente que la de los marcos contraventeados, por lo que el edificio comienza a vibrar de forma asimétrica.

No es recomendable rigidizar los marcos de maneras distintas. Debe usarse muros de igual material o contravientos, pero no la mezcla de ambos o de materiales.

Debe de cuidarse la continuidad en elevación del sistema estructural. Interrumpir elementos muy rígidos a partir de cierta altura produce concentración de esfuerzos en el piso inmediatamente superior a la interrupción (Figura 7.a). Similarmente ocurre cuando la sección de las columnas se reduce drásticamente en los pisos superiores (Figura 7.b) y cuando la altura del entrepiso varía significativamente entre los niveles. (Figura 7.c)

Una discontinuidad muy común en elevación es la "planta baja débil" (Figura 7.d). Esta se presenta cuando se requieren espacios libres en la planta baja del edificio y para esto se eliminan los muros de rigidez, de relleno y los contravientos. Además de la marcada discontinuidad de rigideces, se presenta un piso más débil que el resto en el que se concentrará, en el momento de un sismo de gran intensidad, la disipación inelástica de la energía.

Cuando se presenta en la estructura discontinuidad en la posición de los elementos rigidizantes, se transmiten fuerzas elevadas en la losa, las vigas y las columnas. (Figura 7.e)

4.3 Concentración de esfuerzos

Una configuración estructural que presente relaciones luz-altura muy distintas hace que se concentren las fuerzas en los vanos de las vigas más cortas. Es conveniente evitar que la relación luz-altura sea pequeña (menor que cuatro) para que no prevalezcan los efectos de cortante sobre los de flexión. (Figura 8)

Diferencias entre las rigideces de las columnas hacen que las fuerzas que absorben las columnas cortas sean superiores (Figura 9). Esto se presenta en los casos en que hay diferentes alturas de columnas. Esta situación da origen a las llamadas "columnas cortas", en las que los efectos de cortante dominan a los de flexión, propiciando una falla de tipo frágil.

5 FUNDACIONES

Al igual que con la estructura, se deben seguir los mismos conceptos básicos al elegir el tipo de cimentación: la simetría, la regularidad, la distribución uniforme.

5.1 Acción de conjunto

Se debe buscar que la cimentación tenga una acción de conjunto para que se limiten en lo posible los desplazamientos diferenciales horizontales y verticales entre los distintos apoyos. Para ello se deben unir las zapatas aisladas o pilotes mediante vigas las cuales deben diseñarse para resistir un porcentaje de la mayor carga vertical de las columnas adyacentes. (Figura 1)

Cuando se usan pilotes o pilas éstos deben tener aproximadamente la misma profundidad y deben estar cimentados en el mismo estrato. La mezcla de pilotes por fricción y fricción y punta en una misma estructura debe evitarse.

5.2 Resistencia a cargas laterales con cimentaciones profundas

Para resistir las cargas laterales en cimentaciones con pilotes se cuenta con las presiones pasivas del suelo, si se cuenta con un cajón, para lo cual el suelo debe estar debidamente compactado y los muros diseñados para resistir dichas presiones (Figura 2.a). Los pilotes inclinados son muy efectivos para resistir las fuerzas sísmicas, aunque se tiende a concentrar estas fuerzas en los pilotes con mayor inclinación, dejando con poca efectividad los pilotes verticales o poco inclinados (Figura 2.b). Estudios recientes no aconsejan este tipo de pilotes para resistir las fuerzas sísmicas. Otra alternativa es el uso de los pilotes verticales que

resisten las fuerzas sísmicas por flexión (Figura 2.c), siendo este método ampliamente usado en el país.

5.3 Cimentación de muros

La cimentación de los muros estructurales debe ser sumamente rígida para poder desprestigiar los movimientos que se presentan en la base de los muros o vanos con contravientos. Esto se obtiene al contar con un apoyo muy rígido con cimentación superficial sobre un suelo muy firme o con pilotes profundos sobre estratos muy resistentes. (Figura 3)

5.4 Deflexiones

Al ocurrir un sismo, los pilotes sufren deflexiones, generándose en ellos fuerzas cortantes y momentos flexionantes, además de las cargas axiales. Estas condiciones se deben considerar en el diseño y detallado del refuerzo de los pilotes (Figura 4). Cuando los pilotes trabajan a flexión (Figura 2.c) es fundamental controlar su deformación horizontal.

6 DERIVAS

La deriva de una estructura es una medida muy representativa de la respuesta del sistema al someterse a cargas laterales. Se define como la relación entre el desplazamiento relativo de entrepiso y la altura del mismo. ($\gamma = \Delta/H$). La deriva también se conoce como distorsión de entrepiso y es un buen parámetro de comparación para los diferentes sistemas estructurales. (Figura 1)

Como medida global de la respuesta del conjunto se utiliza el desplazamiento máximo de la estructura, generalmente en la parte superior, y corresponde a la suma de los desplazamientos relativos de todos los entrepisos. (Figura 2.1)

6.1 Vibración de las estructuras

La vibración de edificios adyacentes ante la presencia de un sismo no ocurre necesariamente en la misma fase. Esto hace que sea necesario conservar una separación entre dichas estructuras y entre los cuerpos de un mismo conjunto, para evitar el choque de los mismos. Las normas Colombianas y otras como las del RCDF presentan criterios para definir esta separación. (Figura 2.2)

6.2 Sistemas estructurales

Se reconocen principalmente tres sistemas estructurales: el marco tridimensional, los marcos rigidizados y el sistema tipo cajón.

El marco tridimensional esta formado por vigas y columnas en dos direcciones, conectadas entre sí para permitir la transmisión de momentos flexionantes y proporcionar rigidez lateral a la estructura. (Figura 3.1)

La resistencia y rigidez de este sistema a cargas laterales es relativamente baja, a no ser que se utilicen secciones transversales muy robustas. Por ser estructuras tan flexibles, es crítico el problema de mantener los desplazamientos laterales dentro de los límites de las normas.

Los marcos rigidizados son aquellos en los cuales el marco interactúa con muros de rigidez (Figura 3.2.a), núcleos (Figura 3.2.b) o contravientos (Figura 3.2.c). Esto hace que se aumente la rigidez con respecto a la estructura a base de marcos. En este sistema la distribución de las cargas laterales es compleja y variable con el número de pisos.

El sistema tipo cajón está formado por paneles verticales y horizontales conectados para proporcionar continuidad. En este caso las paredes son de carga. (Figura 4)

6.3 Vibración torsional

La vibración torsional introduce solicitaciones adicionales y significativas a la estructura, las cuales es conveniente reducir.

Una causante de la vibración torsional es la presencia de elementos rígidos concentrados en un extremo de la planta, debido a que éstos hacen que se distancien el centro de torsión y el centro de masa de la planta. (Figura 5)

Para disminuir este problema se debe hacer coincidir el centro de masa y el de torsión mediante una correcta distribución de los elementos resistentes. (Figura 6)

En el sistema de marcos rigidizados con muros o contravientos, se deben distribuir correctamente los elementos rigidizantes, ya sea concentrándolos (Figura 7.a) o distribuyéndolos uniformemente (Figura 7.b), siendo preferible que los elementos más rígidos se encuentren localizados en la periferia y no en la parte central.

En algunos casos es conveniente separar las funciones de resistir cargas verticales y horizontales en dos sistemas independientes. En edificios altos es común encontrar núcleos centrales asociados a ascensores y escaleras que se encargan de resistir las fuerzas laterales. (Figura 8). Esta estructuración

disminuye el problema de vibración torsional, aunque produce un momento de vuelco alto en la base del núcleo, transmitiendo fuerzas muy elevadas a la cimentación.

6.4 Aprovechamiento de la fachada para rigidizar la estructura

La fachada puede aprovecharse para rigidizar la estructura, distribuyendo la resistencia en todo su perímetro y minimizando la transmisión de esfuerzos a la cimentación.

Una forma de rigidizar la fachada es mediante la combinación de marcos y vanos con contravientos o con muros de rigidez (Figura 9). Para esto se utilizan macro-marcos, donde los muros de rigidez o contravientos se acoplan mediante elementos horizontales de toda la altura del entrepiso, formándose un marco equivalente de grandes proporciones.

Utilizar columnas muy cercanas en la fachada rigidizan la estructura (Figura 10). El poco espaciamiento hace que el concepto de viga débil-columna fuerte pocas veces se cumpla. Sin embargo, el gran número de columnas en los marcos de fachada hace que las fuerzas axiales sobre ellas disminuyan, por lo que se pueden dimensionar para obtener un comportamiento razonablemente dúctil.

Otra forma de rigidizar la estructura es mediante la utilización de marcos robustos en la fachada (Figura 11). Se debe cuidar que la relación luz-altura de las vigas y las columnas no sea tan pequeña que hagan que la falla a cortante prevalezca sobre la falla a flexión.

La rigidización total de la fachada mediante contravientos proporciona el aprovechamiento máximo de la fachada, debido a que se forma una gran armadura vertical que envuelve el edificio. El inconveniente de este tipo de fachada es principalmente estético, aunque se ha llegado a muy buenas soluciones para edificios altos (Figuras 12 y 13).

7 REQUISITOS GENERALES, NSR-98

Las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo-Resistente (NSR-98) presentan en las figuras A.3-1 y A.3-2 los parámetros para determinar la irregularidad en planta y en altura de las estructuras, al igual que los coeficientes de reducción si la estructura es considerada irregular.

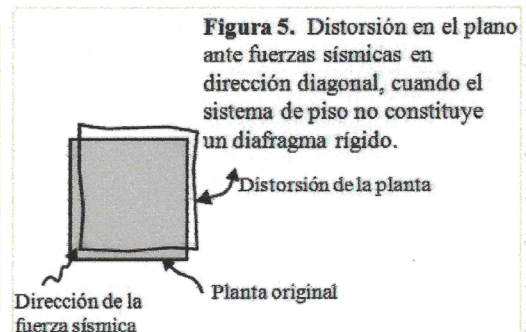
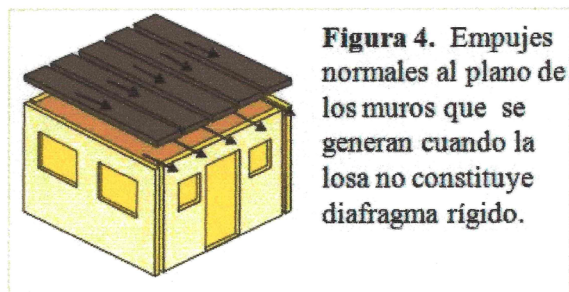
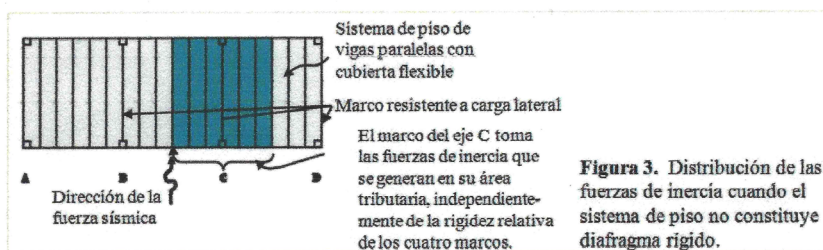
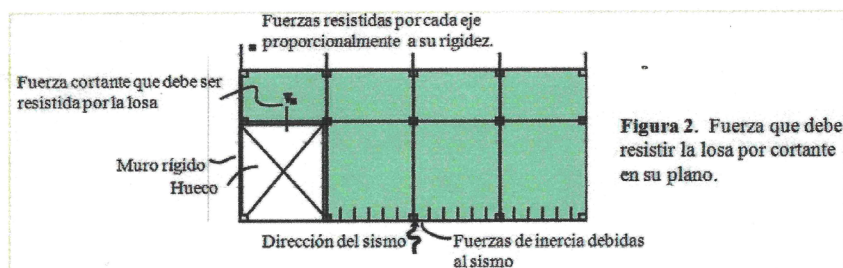
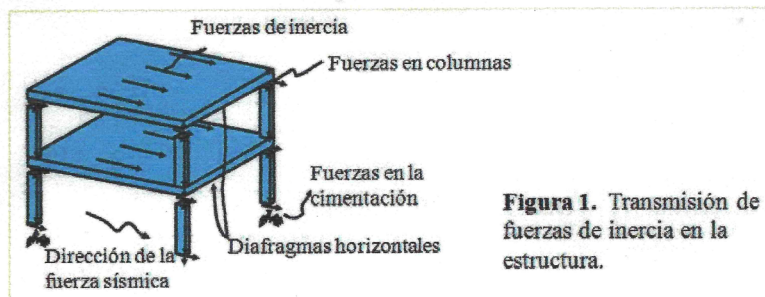
8 CONCLUSION

Tan o más importante que los procedimientos de análisis o el dimensionamiento de las estructuras es la concepción de las mismas.

Es fundamental entender claramente cual es el comportamiento de las estructuras para resistir las fuerzas a las cuales esta sometida, teniendo claridad de como viajan por la estructura.

En el diseño la deriva es un parámetro muy importante para el control de los daños en los elementos no estructurales, y por esto está limitada en los códigos.

El no plantear estructuras regulares esta castigado por las normas, debiéndose entonces diseñar con fuerzas más altas. Se requiere entonces de un trabajo en conjunto entre arquitectos e ingenieros para llevar a cabo estructuras que se comporten satisfactoriamente ante sismos, y que sean, al mismo tiempo, económicas y estéticamente agradables.



CONCEPTOS 1

Adaptado de: "Diseño Sísmico de Edificios" Bazán / Meli

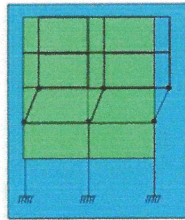


Figura 6. Mecanismo de falla de entrepiso de un marco por columna débil.

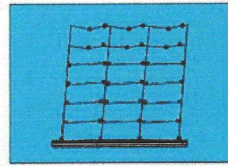


Figura 7. Mecanismos de deformación inelástica de viga débil-columna fuerte.

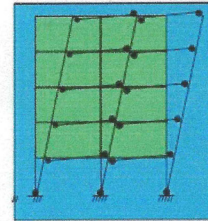
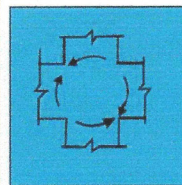
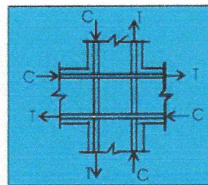


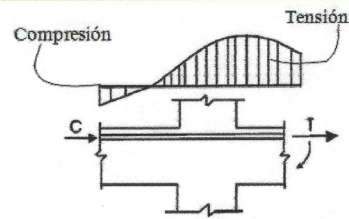
Figura 8. Mecanismo de falla de entrepiso de un marco por columna fuerte viga débil.



a.) Equilibrio de momentos en la conexión



b.) Esfuerzos en las barras de refuerzo



c.) Distribución de esfuerzos en la barra de una viga cuando no hay suficiente longitud de desarrollo en el ancho de la columna.

Figura 9. Estado de esfuerzos en una conexión viga columna inferior

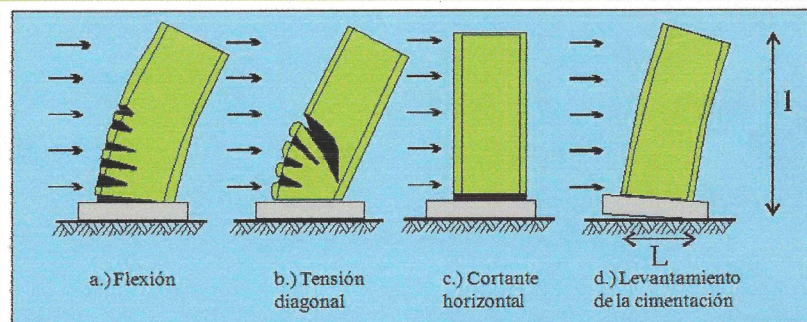
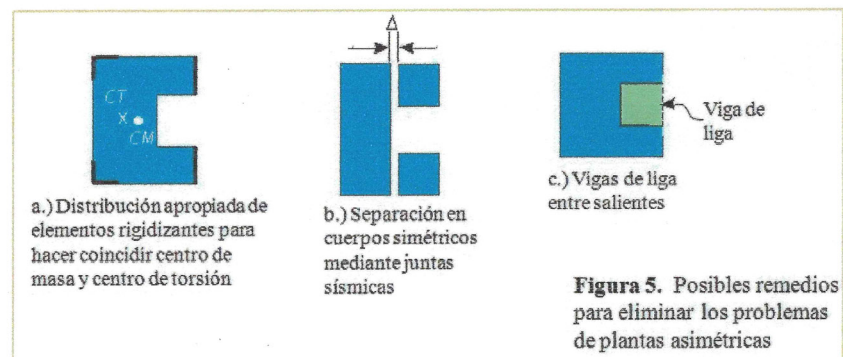
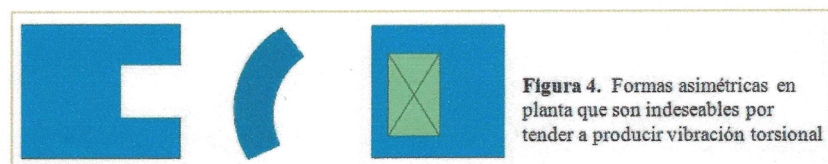
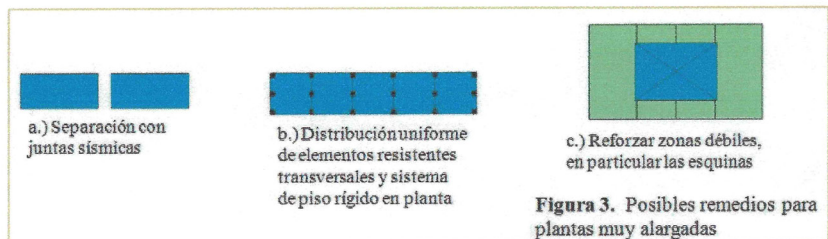
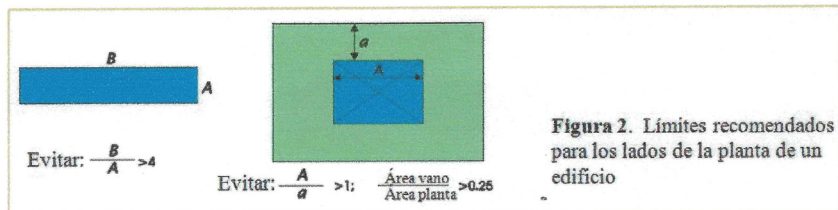
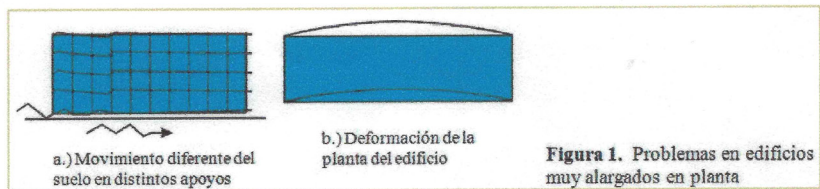


Figura 10. Modos de falla de muros esbeltos.



SITUACIONES EN PLANTA 1

Adaptado de: "Diseño Sísmico de Edificios" Bazán / Meli

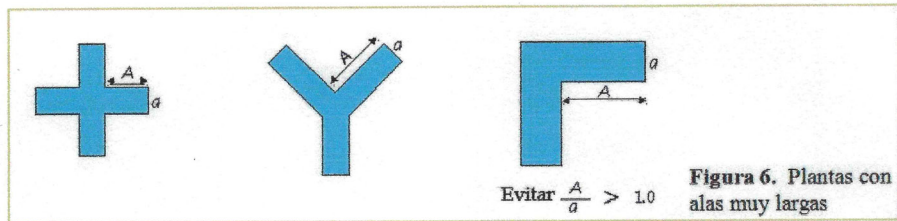


Figura 6. Plantas con alas muy largas

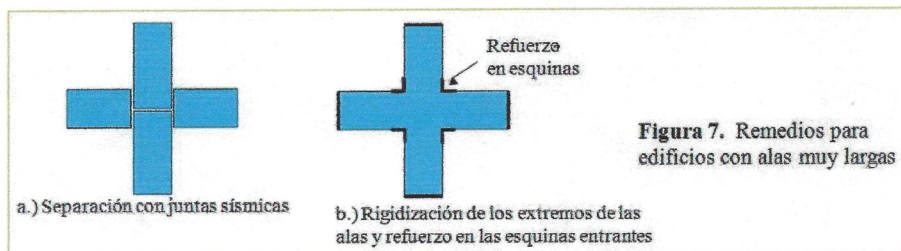


Figura 7. Remedios para edificios con alas muy largas

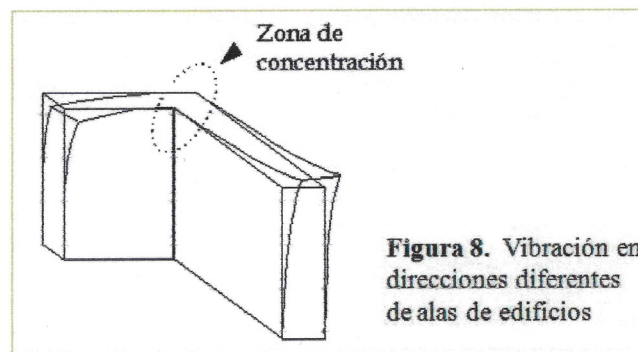


Figura 8. Vibración en direcciones diferentes de alas de edificios

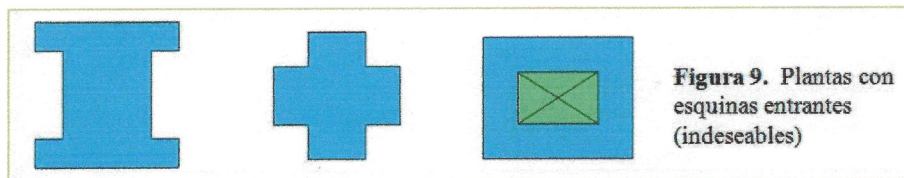
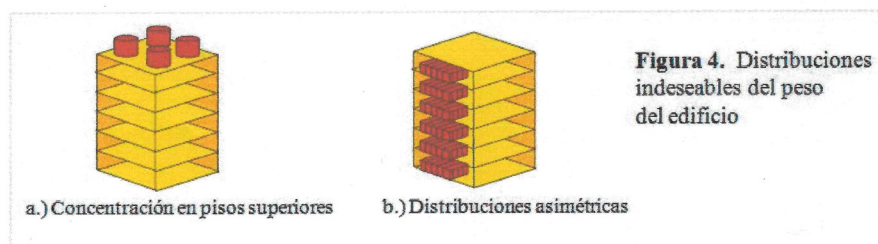
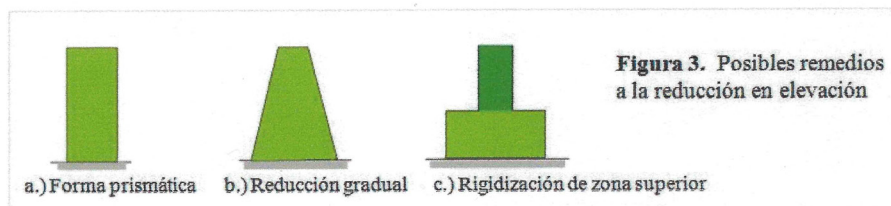
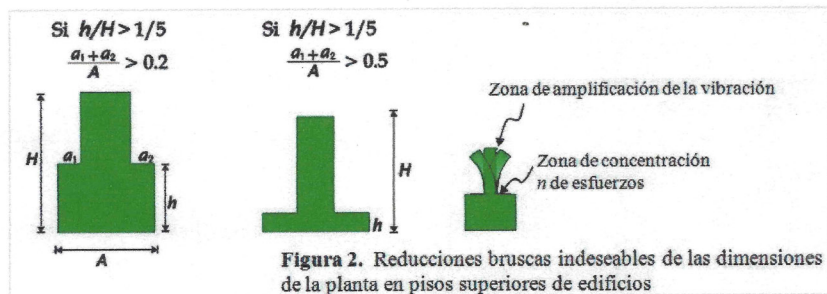
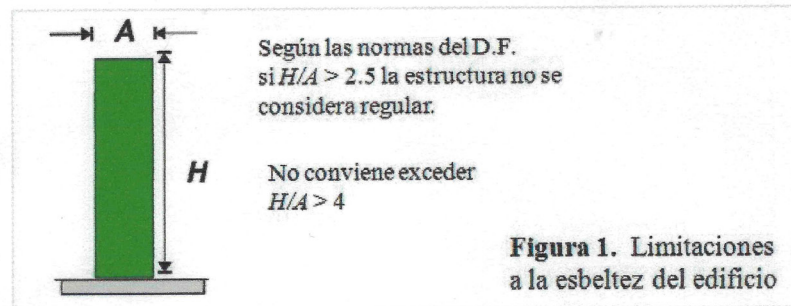


Figura 9. Plantas con esquinas entrantes (indeseables)

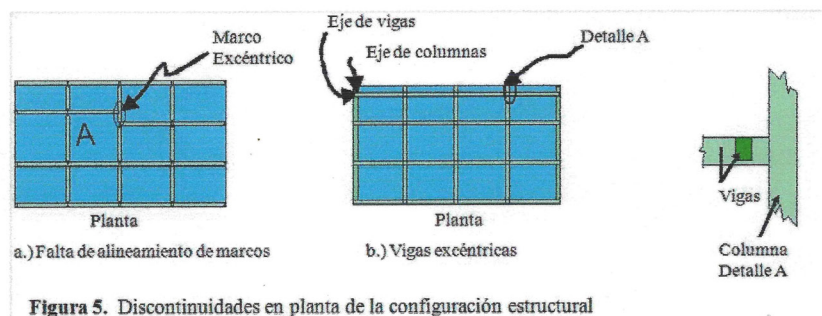
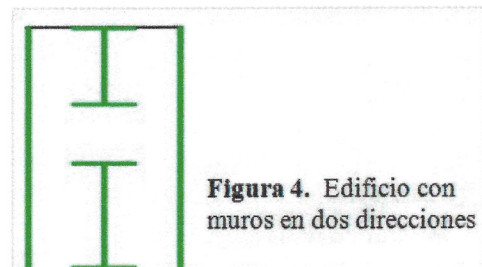
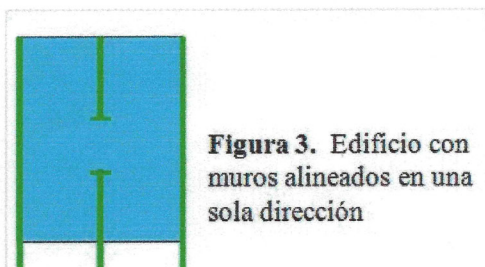
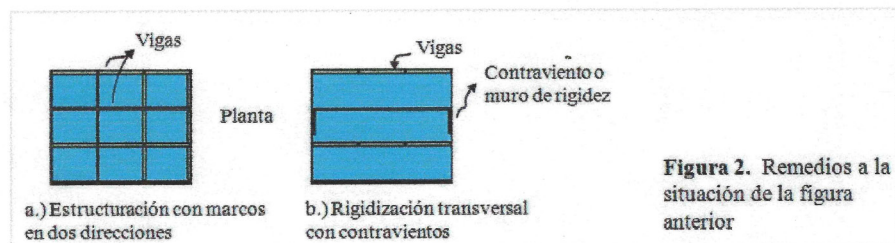
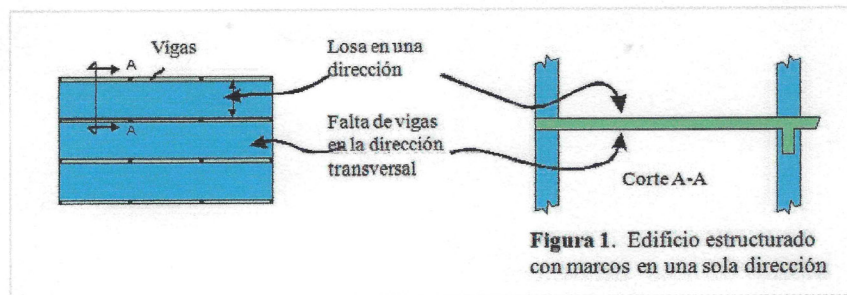
SITUACIONES EN PLANTA 2

Adaptado de: "Diseño Sísmico de Edificios" Bazán / Meli



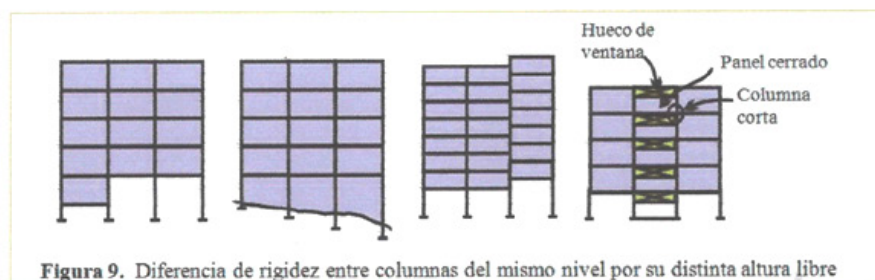
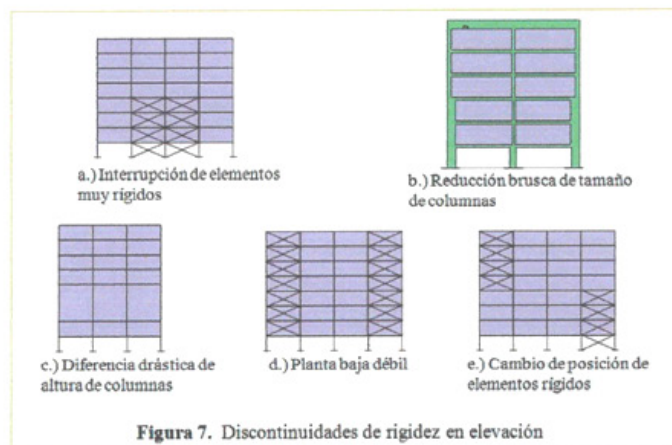
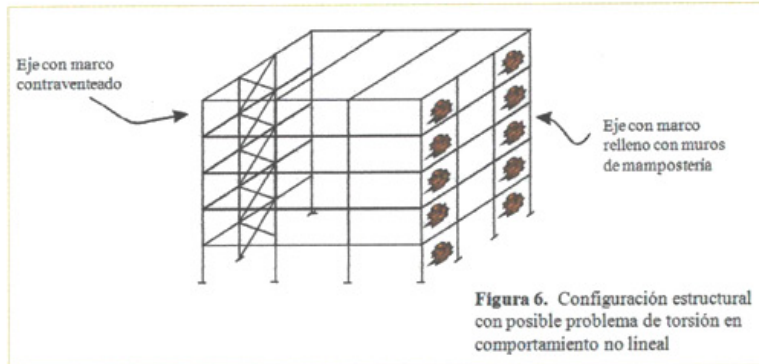
SITUACIONES EN ELEVACIÓN 1

Adaptado de: "Diseño Sísmico de Edificios" Bazán / Meli



PROBLEMAS 1

Adaptado de: "Diseño Sísmico de Edificios" Bazán / Meli



PROBLEMAS 2

Adaptado de: "Diseño Sísmico de Edificios" Bazán / Meli

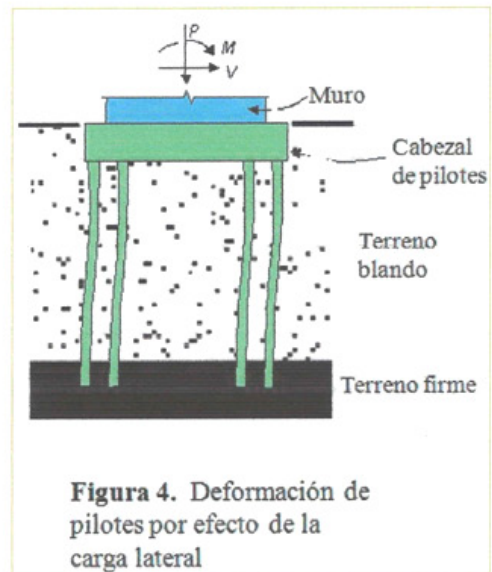
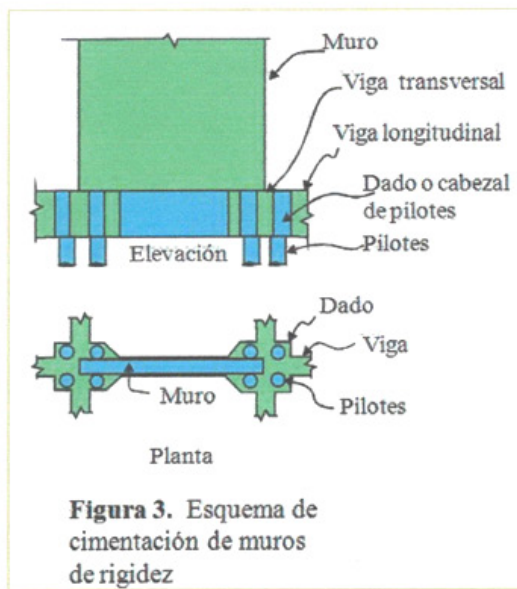
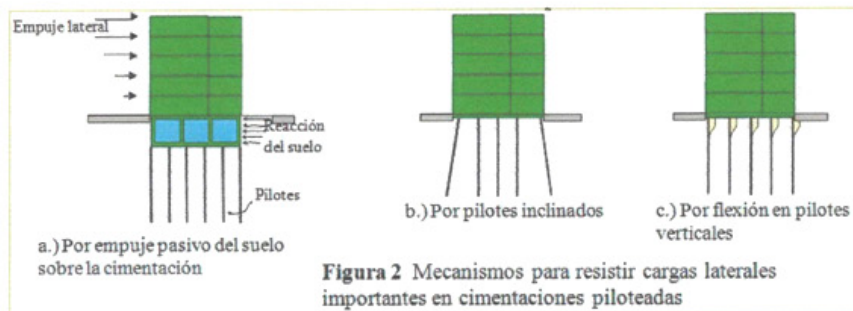
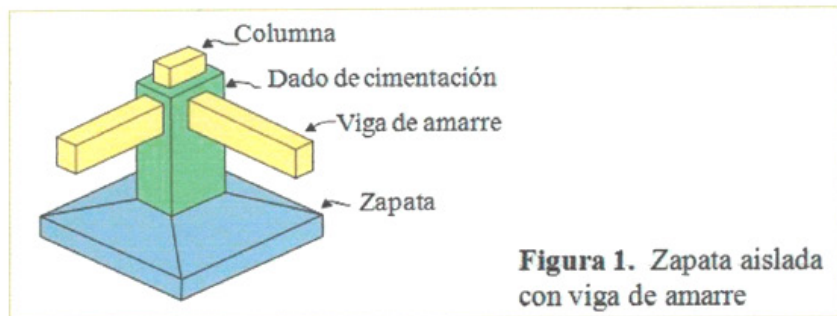


Figura 1. Desplazamiento relativo de entrepiso.

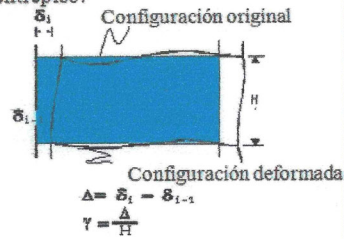
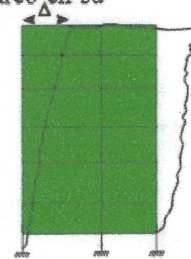


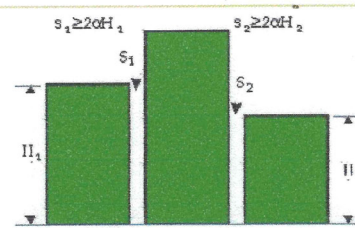
Figura 2.1. Desplazamiento total de un marco en su etapa elástica



$s \geq \alpha \cdot H$ $\alpha = 0.012$ terreno blando
 $\alpha = 0.007$ terreno firme



a.) Separación de colindancias



b.) Separación de cuerpos del mismo conjunto

Figura 2.2. Separación entre edificios adyacentes para evitar choques (Requisitos de las Normas del RCDF)

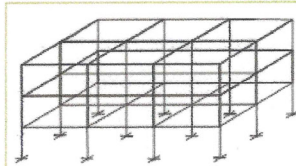
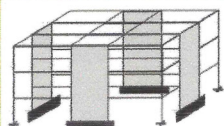
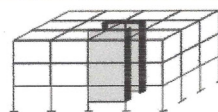


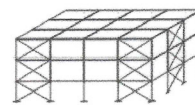
Figura 3.1 Marco tridimensional



a.) Con muros de rigidez



b.) Con núcleos



c.) Con contravientos

Figura 3.2. Marcos rigidizados

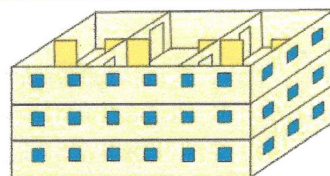


Figura 4. Sistema tipo cajón.

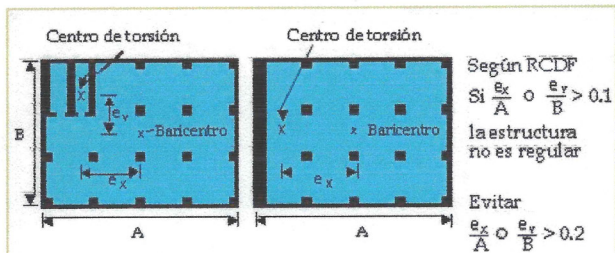


Figura 5. Ubicación asimétrica de elementos rígidos: Efectos torsionales importantes

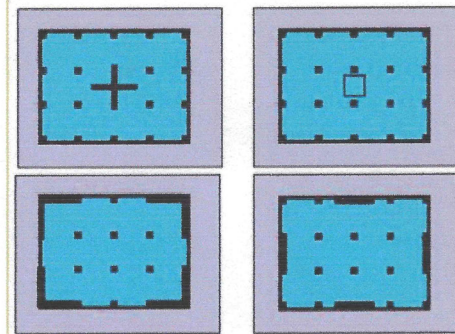
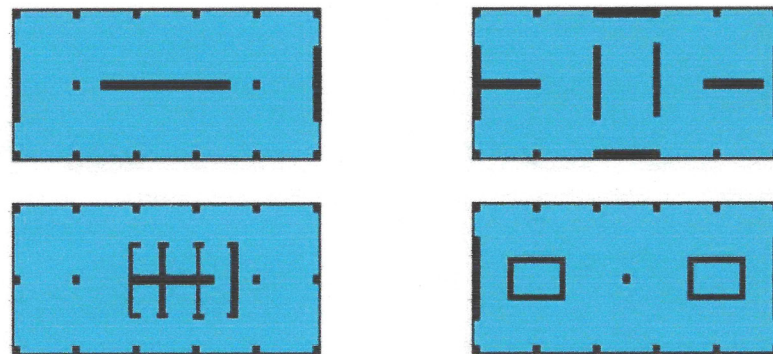


Figura 6. Edificios con diferente rigidez torsional y con efectos torsionales moderados



a.) Localización concentrada de elementos rigidizantes

b.) Distribución mas uniforme de elementos rigidizantes

Figura 7. Distribuciones concentrada y uniforme de elementos rigidizantes

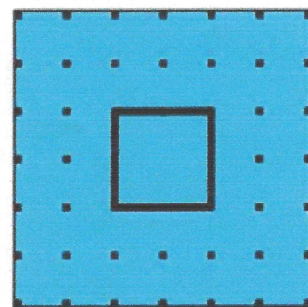
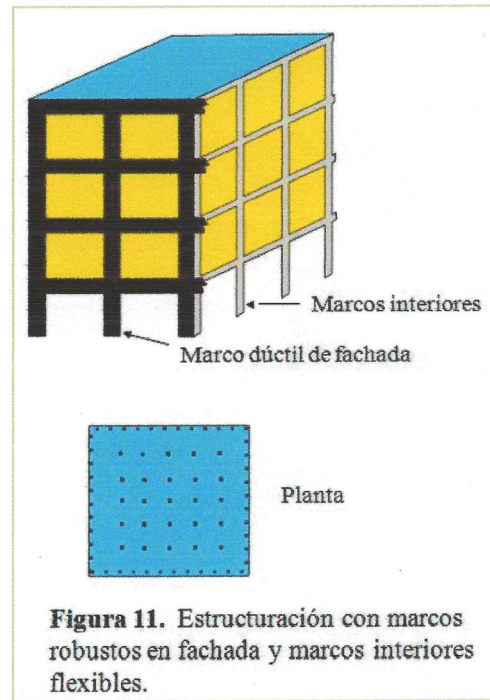
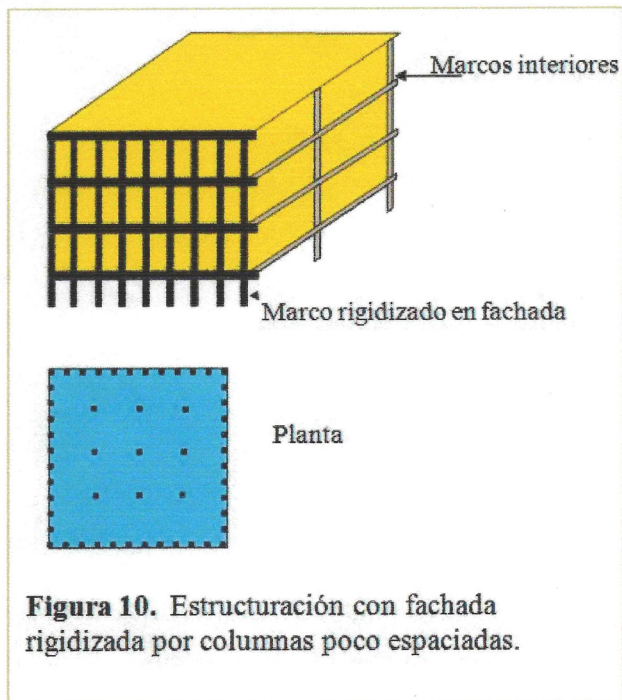
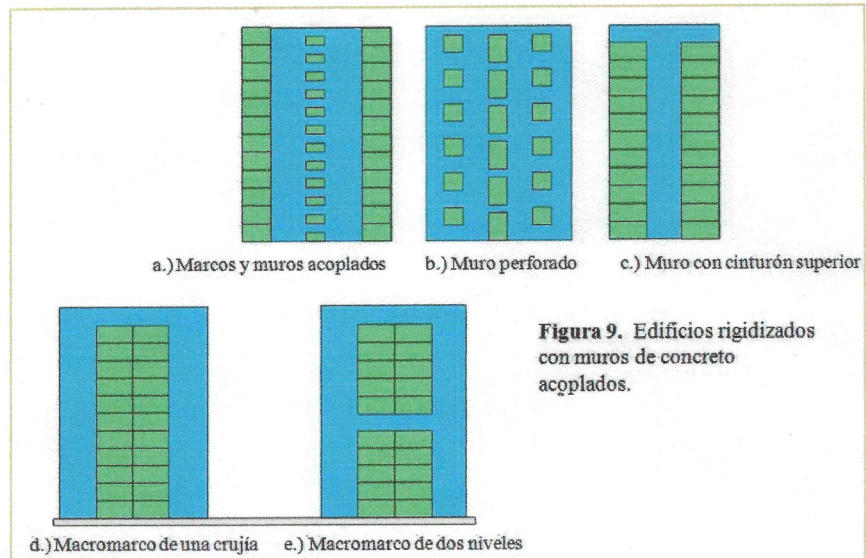
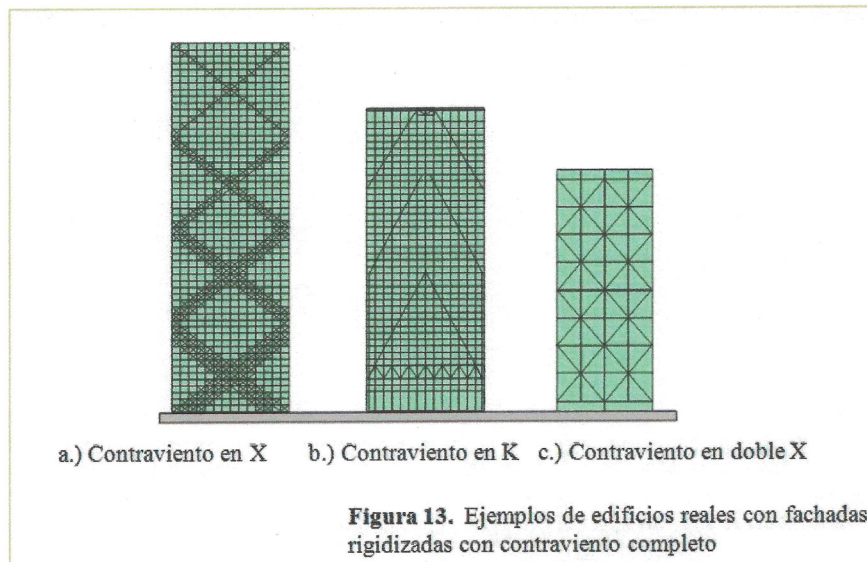
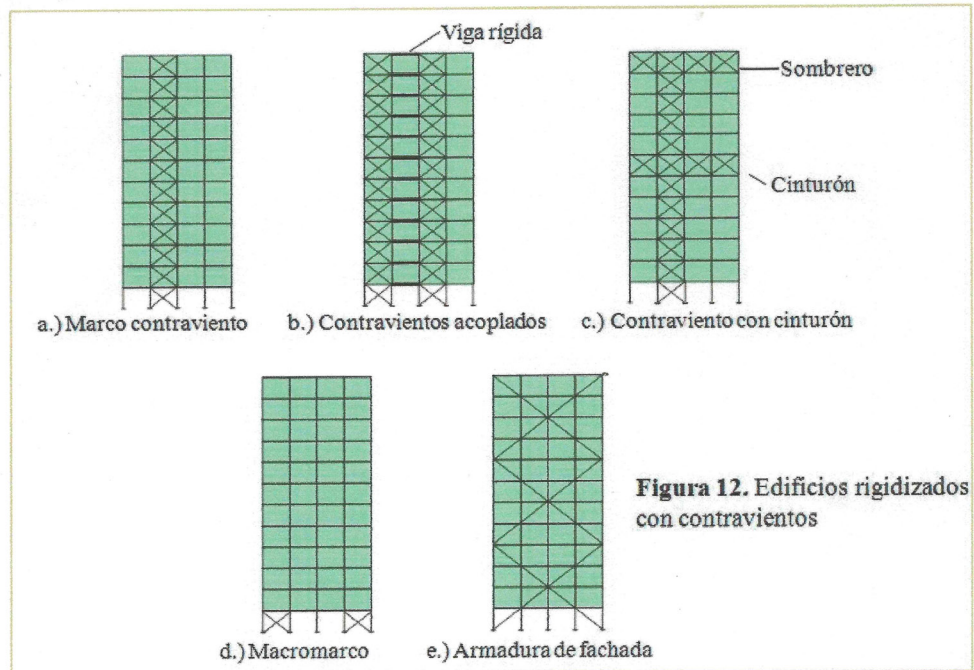


Figura 8. Estructuración con núcleo central

DERIVAS 2

Adaptado de: "Diseño Sísmico de Edificios" Bazán / Mell





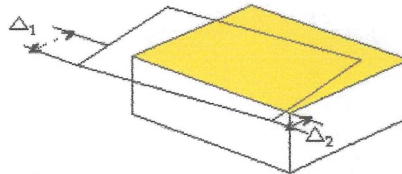
DERIVAS 4

Adaptado de: "Diseño Sísmico de Edificios" Bazán / Meli

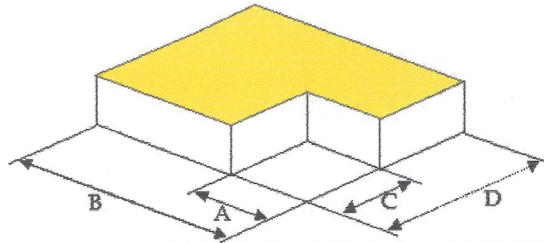
IRREGULARIDADES EN PLANTA – FIGURA A.3-1

Tipo 1P- Irregularidad torsional - $\phi_p = 0.9$

$$\Delta_1 > 1.2 \left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right)$$

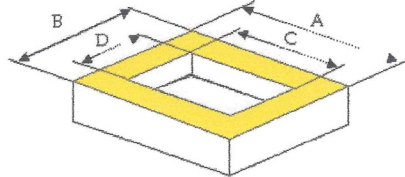


Tipo 2P- Retrocesos en las esquinas - $\phi_p = 0.9$
 $A > 0.15 B$ y $C > 0.15 D$

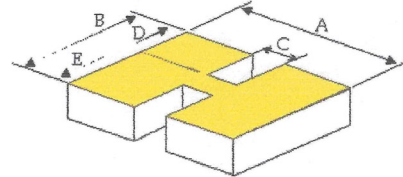


Tipo 3P - Irregularidad del diafragma - $\phi_p = 0.9$

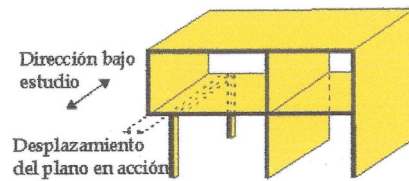
1) $C \times D > 0.5 A \times B$



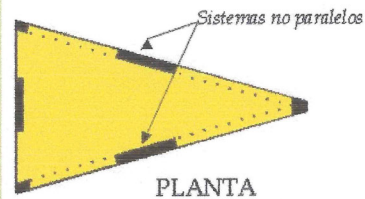
2) $(C \times D + C \times E) > 0.5 A \times B$



Tipo 4P- Desplazamiento de los planos de Acción - $\phi_p = 0.8$



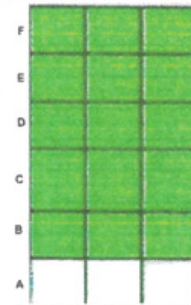
Tipo 5P- Sistemas no paralelos - $\phi_p = 0.9$



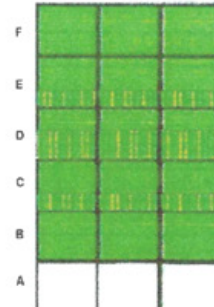
PROPIEDADES EN PLANTA

Tomado de las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-98

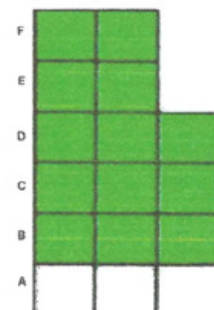
TIPO 1A Piso Flexible $\phi_a = 0.9$



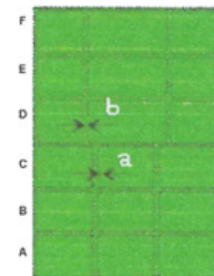
TIPO 2A Distribución masa $\phi_a = 0.9$



TIPO 3A Geométrica $\phi_a = 0.9$



TIPO 4A desplazamiento dentro del plano de acción $\phi_a = 0.8$



TIPO 5A Piso débil $\phi_a = 0.8$

