

Configuración y resistencia Sísmica

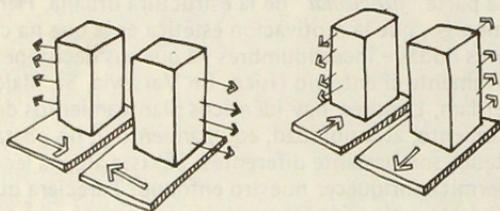
Traducido y adaptado del artículo de Christopher Arnold, "In Earthquakes, Failure can Follow Form", A.I.A. Journal, June 1980, pp. 33-41.

JOSE IRIBARNE F.
B.C. ING.

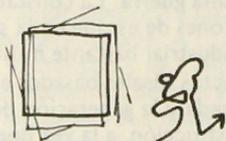
1. Fuerzas sísmicas en Edificios

Las fuerzas sísmicas, que se producen por ejemplo en un terremoto, son cargas dinámicas de rápida fluctuación. Por ello son muy diferentes de las cargas estáticas a que estamos acostumbrados: por ejemplo, si coloco un piano de 300 kgf en un quinto piso, este peso se transmitirá al suelo no importando el diseño estructural, el material del piso, la forma de las fundaciones ni nada. En cambio el efecto de una carga dinámica involucra en forma intrincada todos los parámetros y la **secuencia de acontecimientos**.

El típico diseño antisísmico descompone las cargas suponiendo que, en general, provienen de cualquier dirección. Entonces, el "caso más desfavorable" es uno en que las cargas son perpendiculares a los ejes principales de los muros ya que el resto de la estructura, como queda paralela, "no trabaja". Ello conduce a diagramas como los siguientes:

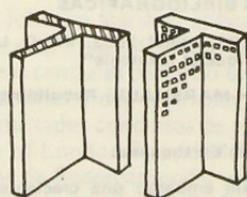


En realidad, vista en planta, la distribución de cargas debe parecerse más a esto:



Además, incluso considerando más de dos ejes, este diseño no se adapta a estructuras en forma irregular como los dichosos "caracoles".

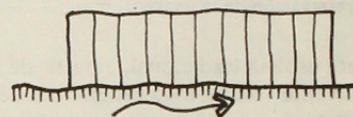
Otro factor que tiende a despistar es el hecho que una sección homogénea se comporta en forma muy diferente a un edificio tamaño natural. Por ejemplo en uno de planta en T.



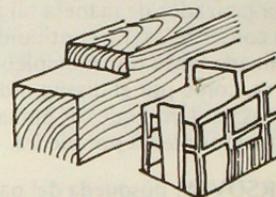
Si la sección fuera llena, el ala superior entregaría resistencia útil en el sentido paralelo al pie. En la realidad ocurre lo contrario, ya que las alas pueden torsionarse y provocar deformaciones in-

compatibles, como se verá.

Si el edificio es grande, incluso se puede producir esto con geometrías muy regulares.



Las partes y uniones de un edificio, tendrán diversas resistencias y debilidades, lo que aleja más aún la imagen de homogeneidad.

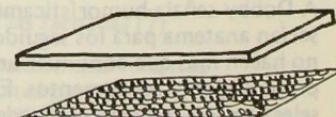
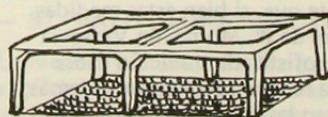
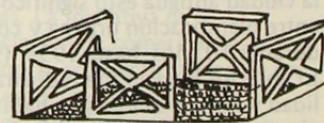
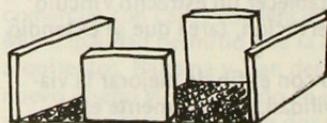


De todo esto ya podemos suponer que la configuración de un edificio, no sólo su tamaño y forma, sino la naturaleza, tamaño y disposición de los elementos estructurales, verticales, horizontales y laterales y la naturaleza, tamaño y ubicación de los no estructurales, puede afectar el rendimiento estructural del mismo. Como generalmente la configuración es la respuesta arquitectónica a los requerimientos de un edificio y se siente al diseño estructural como algo "adosado" y restrictivo, muchas de las fallas observadas en edificios se deben esencialmente a problemas de configuración. Por ello es conveniente adquirir una cierta intuición de la forma en que un sismo afecta una estructura, entendiendo intuición como un conocimiento también estimulado que se vuelve sensación.

2. Intuyendo los efectos

La mayoría de los arquitectos ya tienen una buena intuición de los efectos de las fuerzas verticales, por lo que enfocaremos el problema de las fuerzas laterales imaginándolas como verticales. Esto se logra rotándolas en 90°.

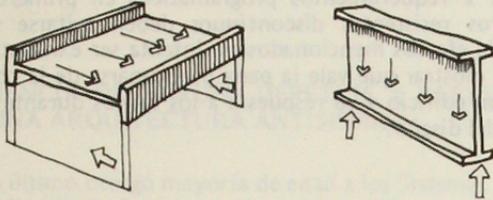
Primero repasaremos algunos elementos y sistemas estructurales: muros resistentes, marcos amarrados, estructuras rígidas y diafragmas, son los cuatro sistemas básicos usados para resistir fuerzas laterales potenciales.



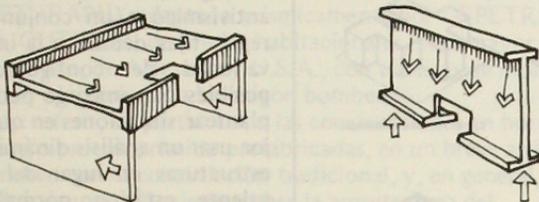
tecnología

Los muros resistentes son en realidad vigas en voladizo verticales, que resisten a través de su tenacidad y rigidez. Los marcos amarrados actúan igual, aunque el sistema es menos rígido. Las estructuras rígidas se basan en uniones muy fuertes entre vigas y columnas. Son bastante más flexibles que los muros o marcos, pero muy eficientes estructuralmente. En edificios altos, esa flexibilidad hará cabalgar en forma muy exitante a los ocupantes de los últimos pisos durante un terremoto.

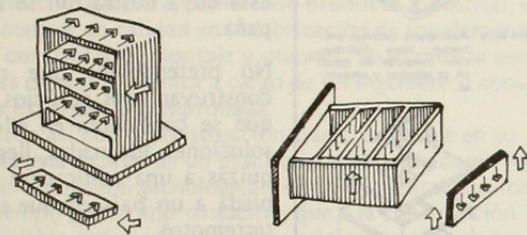
Los elementos verticales se conectan por diafragmas horizontales que transfieren cargas a través del edificio y de ahí a las fundaciones. La función de estas losas es equivalente a la del alma de una viga sección I. Esto queda claro al rotarlas en 90°:



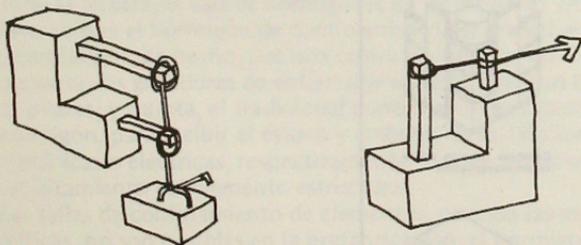
Cualquiera sabe que no se debe hacer un sacado en el ala de una viga I, del mismo modo no se deben cortar diafragmas. Lo increíble es que habitualmente se encuentran perforaciones para ascensores, escaleras o ductos en ubicaciones críticas de diafragmas.



Los colectores o bordes del diafragma pueden actuar a tracción o compresión ya que las fuerzas sísmicas son vibratorias.

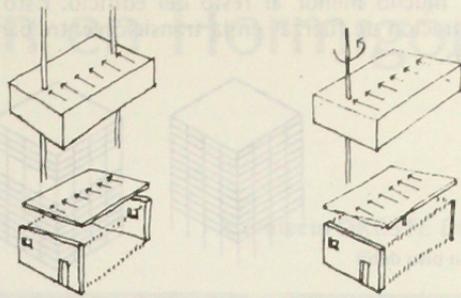


En la figura se ve un edificio con muros resistentes en sus extremos. Las fuerzas inerciales causadas por un temblor harán moverse a las losas-diafragmas de piso y esto será resistido por los muros. Este efecto será con inversiones cíclicas debido a la naturaleza dinámica de las cargas. Si se gira el edificio, abajo, es claro que los muros actúan como soportes en voladizo de vigas que son las losas.



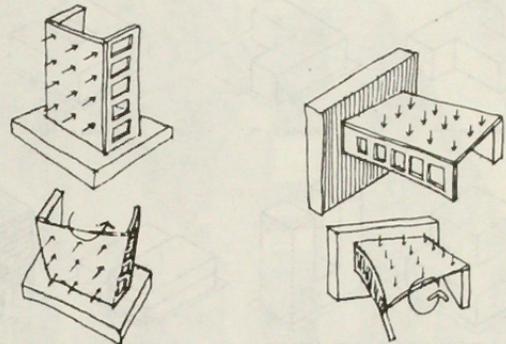
En la figura se ve una viga corta y una larga, ambas en voladizo y resistiendo juntas una carga de 450 Kg. Sabemos que la viga corta resistirá ocho veces la carga de la larga ya que tiene la mitad del largo. Si rotamos el conjunto veremos una situación frecuente en columnas de primer piso, ya sea por consideraciones de sitio o arquitectónicas. Al moverse el suelo, las columnas cortas soportarán el grueso de las fuerzas y pueden fallar.

Quizás los peores esfuerzos son provocados por torsión. Estas fuerzas ocurren cuando el edificio rota en torno a su centro de rigidez y esto puede pasar si este no ocupa el lugar del centro de gravedad. En el primer esquema de la figura.

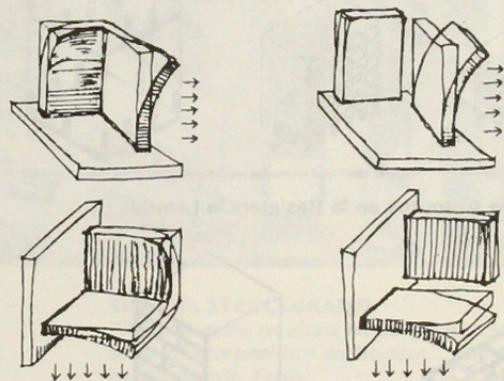


El bloque tiene resistencia simétrica a las fuerzas laterales, esto equivale por ejemplo a una losa conectada a dos muros de igual resistencia y no habrá torsión en ellos.

El tercer esquema muestra una situación con excentricidad del soporte y es equivalente a un edificio con un lado muy resistente y uno débil. Un caso similar y los efectos de torsión provocados son los siguientes:



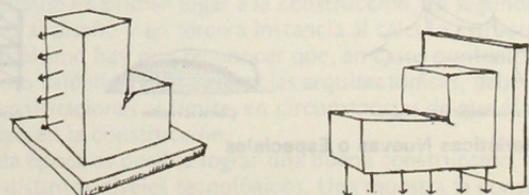
Rotando la estructura 90° e imaginando que es un voladizo, es fácil sentir lo que pasará. Los edificios con planta en L son muy susceptibles a la torsión, como se puede ver.



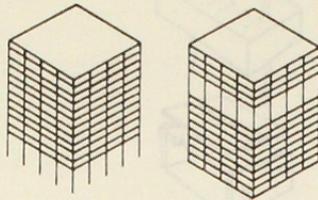
Utilizando el giro se puede imaginar la situación.

Una solución es desconectar las dos alas, como se ve en los esquemas inferiores, siendo esto de predicción y cálculo más fáciles.

Los edificios con alas tienen una "muesca" en la arista interna y esto concentra tensiones igual que en un vidrio: ello facilita la rotura por ahí. También ocurre esto en edificios escalonados como se ve en el esquema.

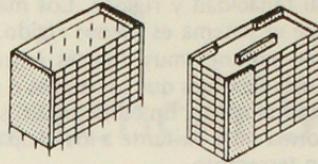


Para peor, en edificios con alas se tiende a ubicar las circulaciones en el núcleo, perforando los diafragmas justo donde requieren más integridad. Una falla común proviene de los pisos débiles, es decir aquellos con rigidez mucho menor al resto del edificio. Esto provoca una concentración de fuerzas en la transición entre partes flexibles y rígidas.



Estructura con piso débil

mente a las fundaciones y el voladizo vertical no funciona:



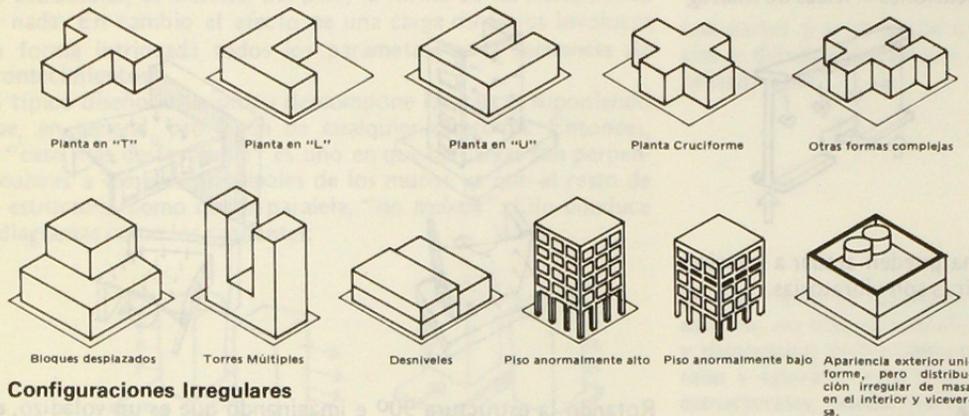
Muro resistente discontinuo

Rotando ambos esquemas 90° es posible intuir lo que ocurrirá, y como los elementos débiles resultarán seriamente sobrecargados.

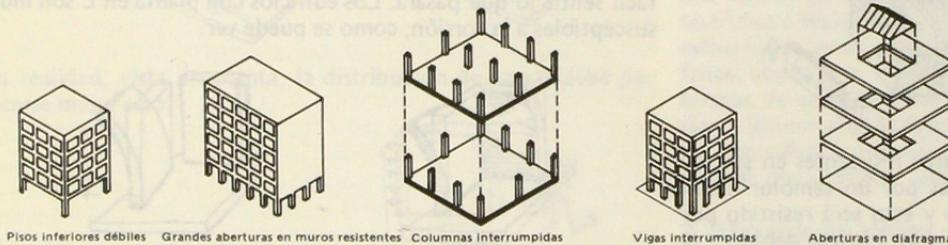
Desafortunadamente, estas configuraciones son una respuesta frecuente a requerimientos programáticos en primeros pisos. Los muros resistentes discontinuos deben evitarse siempre. La lista de efectos mencionados no intenta ser exhaustiva, solo pretende mostrar que vale la pena preocuparse de la configuración de un edificio y su respuesta a los sismos durante las fases iniciales del diseño.

El peor caso en este sentido es cuando se hace un muro resistente discontinuo, con lo que las fuerzas no pueden fluir libre-

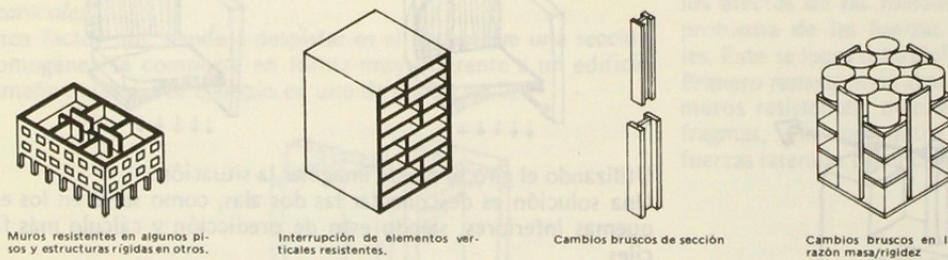
ESTRUCTURAS O ARMAZONES IRREGULARES (SEAOC)



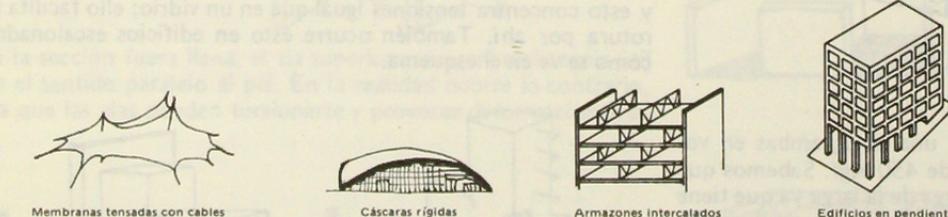
Configuraciones Irregulares



Cambios Abruptos en la Resistencia Lateral



Cambios Abruptos en la Rigidez Lateral



Características Nuevas o Especiales

3. Fuentes de Problemas

Es imposible reducir el diseño antisísmico a un conjunto de reglas fijas debido a la infinita variedad de configuraciones posibles. Sin embargo podemos plantear situaciones en que mejor usar un análisis dinámico de estructuras en lugar del equivalente estático normal. La Asociación de Ingenieros Estructurales de California (SEAOC) publicó en 1975 una lista cuya ilustración se acompaña.

No pretendemos que no se construyan esos edificios, sino que se consideren en ellos las soluciones adecuadas, llegando quizás a una edificación apropiada a un país en que sí hay terremotos.