

# CONSTRUCCIÓN

## GUIA DE ESTUDIO

### Sismo resistencia

Especialidad	Construcción
Bloque modular	Conceptos básicos
Módulo instruccional	Sismo resistencia
Unidad Nro	3

**GRUPO DE TRABAJO**

Coordinación General: Armando Gómez C.  
SENA Regional Antioquia

Contenidos Técnicos: José Adán Aristizábal B.  
SENA Regional Antioquia

Mario González R.  
Universidad Nacional de Medellín

Revisión General: Martha Lucía Ruiz Arango  
SENA Regional Antioquia

Edición Gráfica: Teresita Aristizábal  
SENA Regional Antioquia

Adecuación Pedagógica

## TABLA DE CONTENIDO

	Pagina
<b>CENTRO NACIONAL DE LA CONSTRUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>OBJETIVOS DE LA GUÍA</b>	<b>5</b>
<b>OBJETIVO GENERAL</b>	<b>5</b>
<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	<b>5</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>6</b>
<b>ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE</b>	<b>7</b>
<b>MEDIOS DE APOYO</b>	<b>8</b>
<b>DESARROLLO DE TEMAS</b>	<b>9</b>
<b>LA SISMO RESISTENCIA. CONCEPTOS Y RAZÓN DE SER</b>	<b>9</b>
<b>DEFINICIÓN</b>	<b>9</b>
<b>CRITERIOS BASICOS PARA EL PLANEAMIENTO ESTRUCTURAL</b>	<b>9</b>
<b>LA SIMPLICIDAD</b>	<b>10</b>
<b>LA SIMPLICIDAD EN UNA EDIFICACIÓN</b>	<b>10</b>
<b>LA SIMETRÍA</b>	<b>11</b>
<b>ATRIBUTOS DE UN BUEN DISEÑO</b>	<b>12</b>
<b>LA FORMA</b>	<b>13</b>
<b>DISPOSICIÓN DE MUROS ESTRUCTURALES</b>	<b>15</b>
<b>RESISTENCIA PERIMETRAL</b>	<b>17</b>
<b>LA SISMO RESISTENCIA COMO RESULTADO DE LA CONSTITUCIÓN FÍSICA DEL EDIFICIO</b>	<b>17</b>
<b>LA UNIFORMIDAD</b>	<b>18</b>
<b>DEFINICIONES EN SISMO RESISTENCIA</b>	<b>20</b>
<b>PUBLICACIONES SOBRE NORMAS TÉCNICAS</b>	<b>21</b>
<b>VOCABULARIO</b>	<b>22</b>
<b>AUTOEVALUACIÓN</b>	<b>23</b>
<b>REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>24</b>

## **OBJETIVOS DE LA GUÍA**

### **OBJETIVO GENERAL**

Mediante esta guía y sus contenidos, se busca suministrar la información que le permita entender la forma correcta como deben estar constituidas las edificaciones para que soporten las fuerzas a que se ven sometidas durante un sismo.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Del trabajo guiado con el estudiante, se espera que:

- Comprenda el concepto de sismo resistencia
- Relacione la simplicidad de formas y volúmenes de un edificio
- Identifique las condiciones de simetría en un plano de un edificio
- Comprenda lo que es la rigidez de una edificación sometida a fuerzas externas
- Entienda mediante qué tipo de componentes se mantiene la continuidad de una construcción

## INTRODUCCIÓN

Los diseños para una vivienda deben ser elaborados por un arquitecto o ingeniero que tenga conocimiento de sismo resistencia, pero cada uno de nosotros debe entender los principios con los cuales fueron elaborados los planos, con el fin de que al construir tengamos conciencia de lo que estamos haciendo y no los cambiemos, ya que de esta forma se puede afectar la capacidad que tenga la edificación para resistir los sismos.

La acción de los sismos en las viviendas tiene un carácter destructor, con esta guía, esperamos aportarle conocimientos y criterios para que entienda los diseños, o sea la forma de organizar los espacios y la manera como deben ubicarse los muros portantes en la casa.

Para tener una casa sismo resistente se deben cumplir unas condiciones en cuanto a la colocación de los muros, el grueso de las paredes, si van a ser cargueros, o si son divisorios, la forma de colocar las vigas de amarre, las cintas de culata y cómo lograr la continuidad que estos elementos deben tener al momento de construir para que actúen adecuadamente durante un sismo.

La Norma Colombiana de Diseño y Construcción Sismo resistente, establece en el capítulo E las condiciones que se deben cumplir al construir casas de uno y dos pisos para que sean sismo resistentes.

## ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

Para la mejor comprensión del tema sobre Sismo resistencia, le proponemos:

1. Leer detenidamente y analizar los objetivos pues estos son los puntos de partida.
2. Estudiar con atención lo que es la sismo resistencia.
3. Entender bien los atributos de un buen diseño
4. Clarificar bien lo que es la simetría; puede preguntarle a personas que estén estudiando bachillerato o a profesores que dicten geometría para que comprenda mejor el tema si es posible
5. Observar las gráficas y entender bien lo que es rigidez
6. Observar la gráfica y aclarar bien lo que es la continuidad.
7. Visite los enlaces que se le envían, para que complemente los temas y saque conclusiones
8. Participe del debate de la semana en el foro de su aula virtual
9. Si a medida que va estudiando los temas de la guía, encuentra palabras que no conoce, consulte el vocabulario incluido al final de esta guía; para aquellas palabras que no encuentre ahí, busque su significado en un diccionario.
10. Responda las preguntas que se le envían como evaluación final y envíelas a su tutor en un tiempo máximo de una semana, él se las calificará y le hará las correcciones necesarias y se las reenviará.

## MEDIOS DE APOYO

1. Temáticas desarrolladas en cada guía.
2. Visitas a enlaces recomendados
3. Videos que pasarán por televisión
4. Tutorías telefónicas
5. Prácticas personales

## DESARROLLO DE TEMAS

### LA SISMO RESISTENCIA. CONCEPTOS Y RAZÓN DE SER

#### DEFINICIÓN

La SISMO RESISTENCIA es una propiedad o atributo con la que se dota a una edificación, mediante la aplicación de técnicas de diseño de su configuración geométrica y la incorporación en su constitución física, de componentes estructurales especiales que la capacitan para resistir las fuerzas que se presentan durante un movimiento sísmico, lo que se traduce en protección de la vida de los ocupantes y de la integridad del edificio mismo.

Aunque se presenten daños, en el caso de un sismo muy fuerte, una edificación sismo resistente no colapsará y contribuirá a que no haya pérdida de vidas ni pérdida total de la propiedad.

La capacidad de resistir los temblores se obtiene dotando a la construcción de unas características fundamentales que están establecidas en detalle en las Normas de Diseño y Construcción Sismo-Resistente NSR-98 de obligatorio cumplimiento.

Es una tecnología que diseña y ejecuta procesos constructivos con elementos estructurales, distribuidos previa aplicación de principios básicos como la simplicidad, simetría, resistencia, rigidez y continuidad de las obras, que les permita resistir los usos y las cargas sísmicas a que estarán sometidas durante su vida útil y también a los sismos.

La composición geométrica del edificio y sus efectos sobre la Sismo resistencia

#### CRITERIOS BASICOS PARA EL PLANEAMIENTO ESTRUCTURAL

Al determinar durante la etapa de diseño, cuál ha de ser la forma geométrica general de la edificación, se debe procurar que ésta esté conformada por volúmenes de formas simples y dispuestos de manera simétrica con respecto a los ejes longitudinal y transversal de la planta.

El lograr que la simplicidad de formas y la simetría de volúmenes sea una característica de la geometría general del edificio, garantiza que los efectos que sobre él causen los posibles movimientos sísmicos a que se puede ver sometido a lo largo de su vida útil, le causen el mínimo daño dado el comportamiento homogéneo que esa configuración confiere a toda la edificación.



El buen comportamiento sísmico de una edificación de uno y dos pisos depende, en gran parte, de que en su planeamiento estructural se sigan algunos criterios generales apropiados, entre los cuales los más relevantes se indican a continuación:

**SISTEMA DE RESISTENCIA SÍSMICA** - El sistema de resistencia sísmica para las casas contempladas en este capítulo, debe garantizar un comportamiento adecuado, tanto individual como de conjunto, ante cargas verticales y horizontales. Esto se logra por medio de los siguientes mecanismos:

- (a) Un conjunto de muros estructurales, ya sean muros de carga o muros de rigidez, dispuestos de tal manera que provean suficiente resistencia ante los efectos sísmicos horizontales en las dos direcciones principales en planta, teniendo en cuenta sólo la rigidez longitudinal de cada muro. Los muros estructurales sirven para resistir las fuerzas laterales paralelas a su propio plano, desde el nivel donde se generan hasta la cimentación. Los muros de carga soportan además de su propio peso, las cargas verticales debidas a la cubierta y a los entrepisos si los hay. Los muros de rigidez sólo atienden como carga vertical su propio peso.
- (b) Un sistema de diafragmas que obligue al trabajo conjunto de los muros estructurales, mediante amarres que transmitan a cada muro la fuerza lateral que deba resistir. Los elementos de amarre para la acción de diafragma se deben ubicar dentro de la cubierta y los entrepisos.

### **LA SIMPLICIDAD**

En la figura 1 se aprecia un ejemplo de edificación que involucra simplicidad en su configuración geométrica y por lo tanto, su comportamiento ante el sismo será óptimo desde este punto de vista, pues ha sido proyectada como un diseño sencillo que facilita la distribución equilibrada de los muros portantes y evita cualquier forma irregular de la planta.

Se puede finalmente afirmar que todo diseño arquitectónico que contemple los elementos estructurales que hacen resistente una vivienda es válido; por lo tanto la simplicidad recomendada no irá en detrimento de la creatividad artística del arquitecto.

### **LA SIMPLICIDAD EN UNA EDIFICACIÓN**

Se proyectan diseños sencillos que faciliten la distribución equilibrada de los muros, evitando en lo posible formas irregulares. La fachada debe ser el resultado de la distribución funcional de los muros interiores.

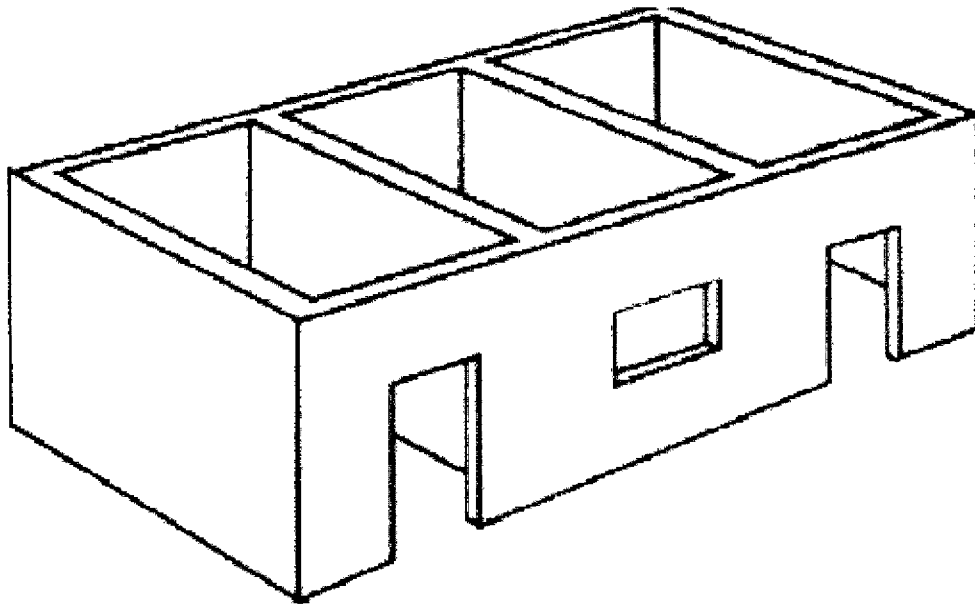
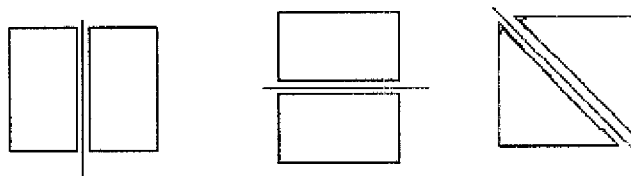


FIG 1

### LA SIMETRÍA

Es una propiedad geométrica de la configuración del edificio. Un edificio es simétrico respecto a dos ejes en planta si su geometría es idéntica en cualquiera de los lados de los ejes. Este edificio será perfectamente simétrico. La simetría puede existir respecto a un eje solamente. También existe simetría en elevación, aunque es más significativa desde el punto de vista dinámico la simetría en planta. La simetría en altura no es perfecta por que todo edificio tiene un extremo fijo al terreno y libre el otro.



#### Simetría respecto a 2 ejes

La falta de simetría tiende a producir excentricidad entre el centro de masa y el centro de rigidez, y por lo tanto provocará torsión en planta. A medida que más simétrico es el edificio, disminuyen el riesgo de concentración de esfuerzos, el momento torsor en planta y el comportamiento de la estructura es más predecible.

La asimetría tiende a concentrar esfuerzos, el ejemplo más común es el caso de las esquinas interiores. Aunque un edificio simétrico puede tener esquinas interiores como es el caso de las plantas en cruz. En este caso la planta del edificio es simétrica pero no es una planta regular.

Existe simetría estructural si el centro de masa y el centro de rigidez coinciden en la planta. La simetría es conveniente también a la forma del edificio sino también a la distribución de la estructura. La experiencia de edificios con daños severos en terremotos mostró casos en que la asimetría estructural fue la causa del daño severo o el colapso de la estructura.

## **RIGIDEZ**

La rigidez se confunde con resistencia, pero son dos conceptos diferentes, en tanto la resistencia es la capacidad de carga que puede soportar un elemento estructural antes de colapsar, la rigidez mide la capacidad que un elemento estructural tiene para oponerse a ser deformado.

Se dice que un cuerpo es más rígido cuanto mayor sea la carga que es necesario aplicar para alcanzar una deformación dada. Analíticamente la rigidez de un elemento se expresa mediante el cociente entre la carga y la deformación que esta produce.

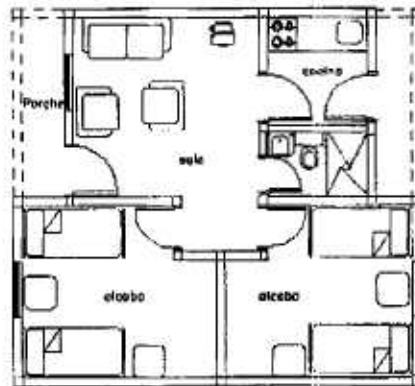
## **ATRIBUTOS DE UN BUEN DISEÑO**

El diseño ilustrado tiene los siguientes atributos:

Calcula y prevé el balance de los muros, respecto a la distribución de vanos. La edificación como un todo y todos los bloques que la conforman son simétricos con respecto a sus ejes.

Equilibra los muros localizando sus vanos, unos frente a otros, para que los desplazamientos en caso de sismo, sean uniformes.

Evita los bloques largos y angostos con longitud mayor a 3 veces su ancho.



**LA FORMA**

La geometría de la edificación debe ser sencilla en planta y en elevación, deben realizarse :

Construcciones que tengan geometría sencilla en planta

Construcciones que tengan geometría sencilla en elevación

Ver grafico siguientes con ejemplos

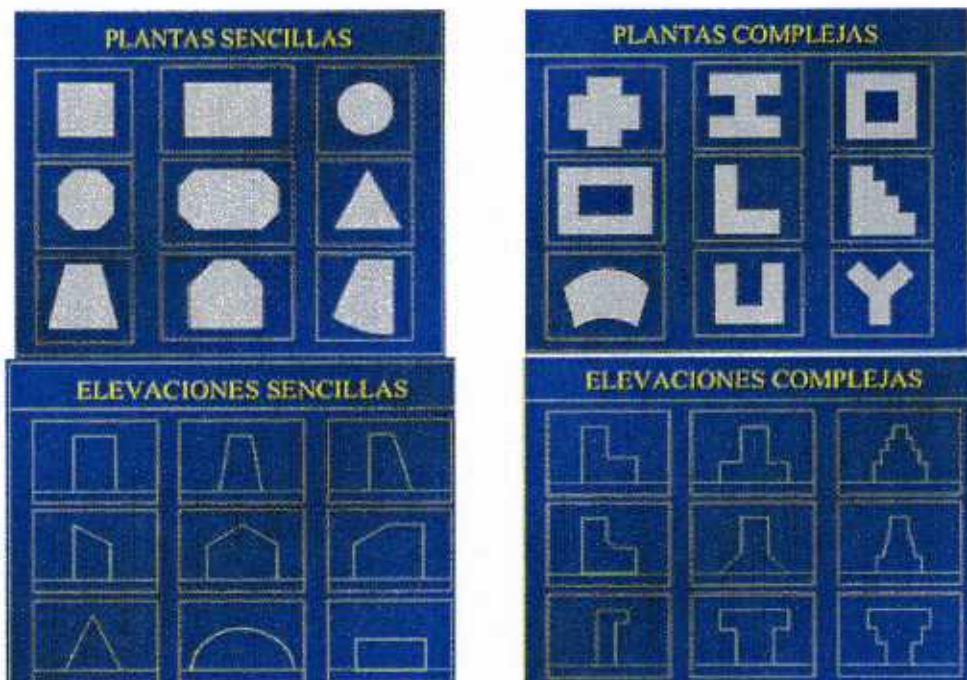
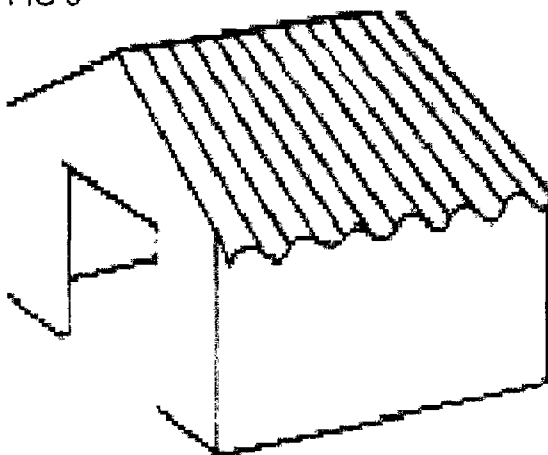


FIG 3

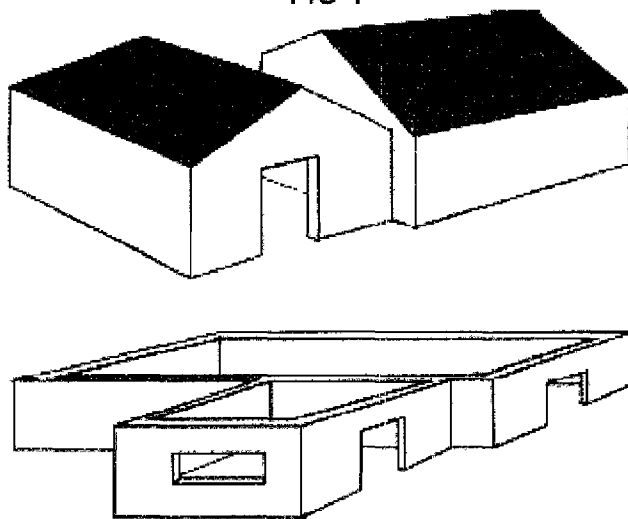


La forma volumétrica de la construcción más recomendable es la FORMA REGULAR, en la cual, tal como se aprecia en la figura 3, el volumen general del edificio se muestra compacto, sin irregularidades en su conformación geométrica, sin salientes o protuberancias; en fin muestra una forma regular que lo habilita para resistir los efectos dañinos que un sismo le pudiera causar si su forma fuera diferente.

Por otra parte, FORMAS IRREGULARES en la configuración geométrica general del edificio no son recomendables; es decir, edificaciones compuestas por volúmenes diferentes pero ligados unos a otros, que al ser afectados por el sismo se deforman y reaccionan de manera independiente unos respecto a los otros, no contribuyen al comportamiento homogéneo que es deseable y necesario para que las edificaciones respondan bien ante las fuerzas irregulares que un sismo comunica a la edificación

FIGURA 4 no recomendable por su forma

FIG 4



FORMA IRREGULAR

Formas asimétricas en volumen no son recomendables; por lo tanto es importante independizarlos por medio de juntas o separaciones entre los edificios o volúmenes vecinos.

### DISPOSICIÓN DE MUROS ESTRUCTURALES

Debido a que los muros individualmente resisten principalmente las cargas laterales paralelas a su plano, es conveniente la colocación de muros en dos direcciones ortogonales en planta. La longitud de los muros en las dos direcciones debe ser aproximadamente igual. Debe tenerse especial cuidado cuando el entrepiso trabaja en una dirección, por la tendencia a colocar muros de carga en una sola dirección, caso en el cual es necesario utilizar un número suficiente de muros de rigidez en la dirección ortogonal.

Se debe evitar disponer todos los muros en una misma dirección, pues si bien es cierto que la edificación resultante sería resistente a fuerzas sísmicas que se presenten en la misma dirección en que están localizados los muros, por otra parte la misma edificación resultaría sumamente débil a fuerzas que viniesen en dirección perpendicular al muro, condición en la cual la edificación no tendría capacidad para resistirlas.

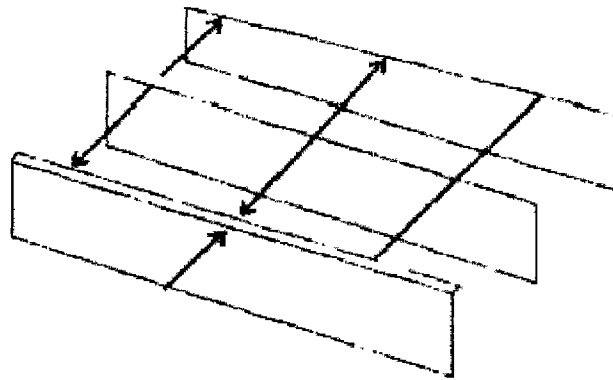


FIG 5

Inestable en la dirección de la flecha por falta de muros en la otra dirección.

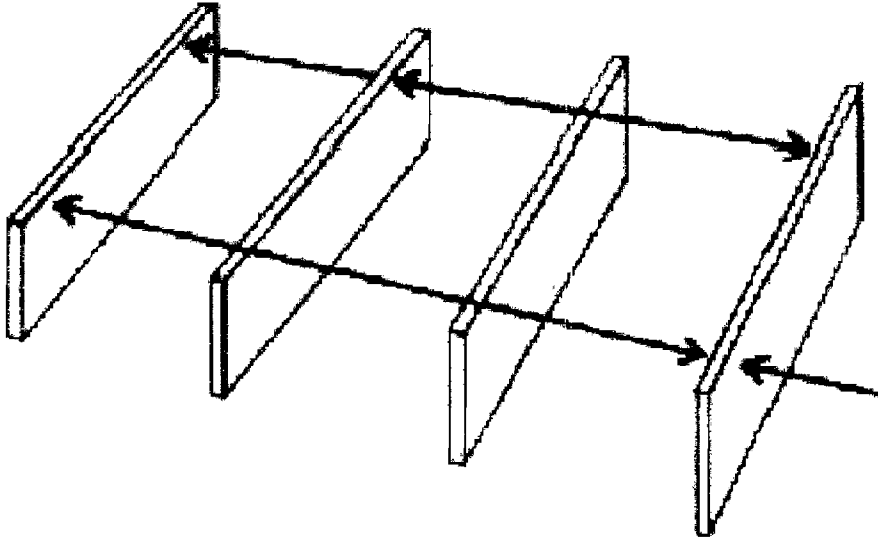


FIG 6

Disposición de muros RECOMENDABLE, muros perpendiculares entre sí.

FIG 7

### **DIMENSIONES MODULARES**

La capacidad mecánica de los muros estructurales depende principalmente de la calidad de los materiales y de la mano de obra. El uso de piezas enteras permite mejorar la calidad de la obra,

racionaliza el uso de los materiales y conserva la integridad de los elementos. Las dimensiones en longitud elevación de los muros y vanos, deben tener coordinación modular con las piezas empleadas.

### RESISTENCIA PERIMETRAL

Para resistir los efectos de la torsión en planta es conveniente tener elementos resistentes en el perímetro del edificio, es decir, ubicar elementos resistentes al sismo en las fachadas del edificio.

Cuanto más alejado del centro de rigidez de la planta se ubique un elemento, mayor es el brazo de palanca respecto a ese centro, y mayor será el momento resistente que pueda generar. Para este efecto la planta más eficiente es la planta circular, aunque otras formas funcionan satisfactoriamente. Siempre es conveniente colocar elementos resistentes al sismo en el perímetro, para resistir corte directo y la torsión.

### LA SISMO RESISTENCIA COMO RESULTADO DE LA CONSTITUCIÓN FÍSICA DEL EDIFICIO

La sismo resistencia de una edificación, depende en gran medida, tanto del tipo de materiales y componentes que la constituyan, como de la correcta relación entre ellos; es decir, no basta con dotar a la edificación de unos componentes resistentes; es necesario relacionarlos correctamente entre sí para que toda la edificación se comporte de manera homogénea ante la presencia de fuerzas provenientes del sismo. A continuación, se analizarán algunos aspectos fundamentales para garantizar la sismo resistencia, a partir de las condiciones de relación entre los componentes de la edificación.

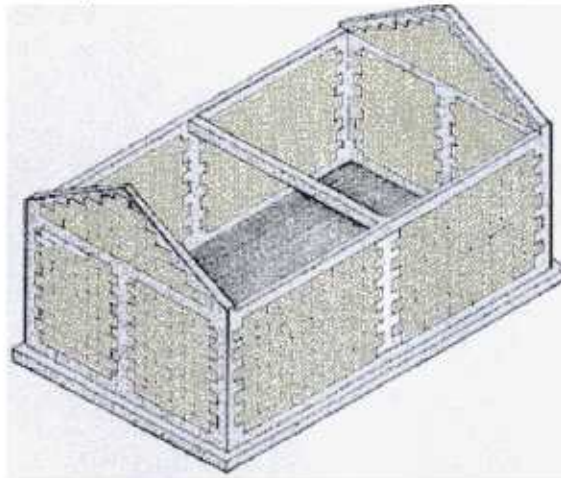


FIG 8



## LA UNIFORMIDAD

La uniformidad debe ser una característica de una edificación sismo resistente y se logra cuidando que no se presente diversidad de materiales en la constitución de componentes que desempeñan trabajos similares.

Por ejemplo, si los muros de carga son de ladrillo, no deben combinarse con otros vaciados en hormigón o de otro material; si la estructura de soporte es en hormigón reforzado, no deben aparecer algunos elementos de soporte en madera, metal o ladrillo; si la cubierta esta constituida principalmente en madera, debe evitarse su combinación con elementos metálicos que cumplir el papel de vigas.

La heterogeneidad de materiales en una construcción, facilita el mal comportamiento ante un sismo por la variedad de características y resistencias de los diferentes materiales. Ver grafico siguiente



HETEROGENEIDAD EN MATERIALES, da como resultado un mal comportamiento sísmico.

FIG 9



**CONTINUIDAD** - Tanto la efectividad de los amarres en los diafragmas, como el trabajo de conjunto, se ve afectado por la continuidad vertical y horizontal de los muros estructurales.

**Continuidad vertical** - Cada muro se considera estructural, si es continuo desde la cimentación hasta el diafragma superior conformado por la cubierta.

A partir del diafragma en el que el muro pierda continuidad vertical en más de la mitad de su longitud horizontal, el muro dejar de considerarse estructural.

**Continuidad horizontal** - Hay continuidad horizontal cuando los muros estructurales están alineados horizontalmente al menos conformando parejas. Cuando no exista alineamiento horizontal, el amarre del muro al nivel de los diafragmas debe llevarse hasta los amarres transversales adyacentes

Debe existir aproximadamente la misma longitud de muros en las dos direcciones perpendiculares de la vivienda. Esto se debe a que las fuerzas del sismo se pueden presentar en cualquier dirección. Cuando la vivienda tiene dos

pisos es necesario que los muros que cargan el techo sean una continuación de los muros del primer piso que se apoyan sobre la cimentación.

FIG 10

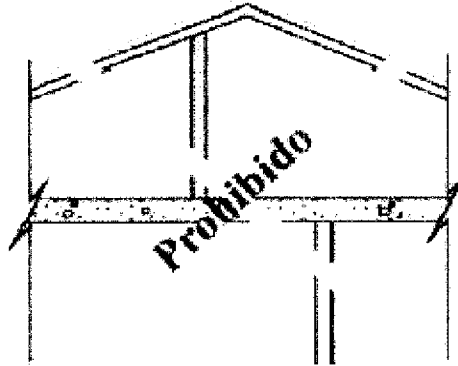


FIG 11

LO INCORRECTO:

Fig. 11 muros discontinuos en la vertical.

No debe haber muros discontinuos como los que muestra la figura.

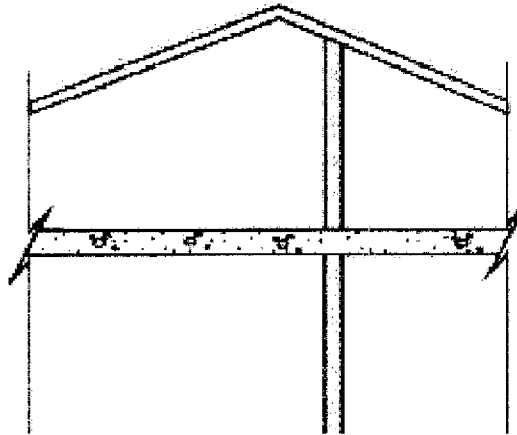


FIG 12

LO CORRECTO:

Fig.12 muros continuos en la vertical

Un muro siempre debe ubicarse o continuar encima del anterior, así sea encima de la losa.

**DEFINICIONES EN SISMO RESISTENCIA****AMENAZA SÍSMICA**

Es la probabilidad de que ocurra un sismo en un sitio en un periodo de tiempo con una magnitud determinada

**VULNERABILIDAD SÍSMICA**

Es la cuantificación del buen o mal comportamiento que tendrán las construcciones cuando se presenta un sismo.

**RIESGO SISMICO**

Es la probabilidad de pérdida de vidas humanas o pérdidas materiales irreparables por la ocurrencia de un sismo en un sitio y tiempo determinados

La Amenaza existe, la Vulnerabilidad la puedo afectar mediante una construcción sismo-resistente, por lo tanto disminuyo el Riesgo

**LOS SISMOS NO MATAN**

Lo que mata son las construcciones mal realizadas

La vulnerabilidad de los pueblos se da:

- 1) Cuando la gente ha ido poblando terrenos que no son buenos para vivienda, por el tipo de suelo, por su ubicación inconveniente.
- 2) Cuando ha construido casa muy precarias, sin buenas bases para vivienda, por el tipo inapropiado de la zona, que no tienen la resistencia adecuada, etc.
- 3) Cuando no existen condiciones económicas que permitan satisfacer las necesidades humanas (dentro de las cuales debe contemplarse la creación de un hábitat adecuado)

Hay condiciones de vulnerabilidad física detrás de las cuales hay causas socioeconómicas. Hay pueblos que han sido construidos desde su origen sin ningún o con muy poco criterio de seguridad y puede llamárseles vulnerables por origen, y adicionalmente hay pueblos enteros, casa, canales de riego, reservorios, puentes, etc. Que con el tiempo van envejeciendo y debilitándose, debido a los factores señalados, a lo cual denominamos vulnerabilidad progresiva.

Sacado del lectura "Como Entender Los Desastres Naturales" de Gilberto Romero y Andrew Maskrey

**PUBLICACIONES SOBRE NORMAS TÉCNICAS**

- La Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica ha publicado "Normas Colombianas para el Diseño y construcción Sismo resistente (NSR- 98) de obligatoria aplicación para técnicos, profesionales y entidades que trabajan en la construcción en todo el País.
- La " NSR- 98 " incluye un capítulo que trata sobre los requisitos sísmicos para el diseño y construcción de casas de uno y dos pisos, en el cual podrá ampliar los aspectos tratados en esta guía.
- El Banco Central Hipotecario publicó una cartilla para construcción sismo-resistente en el área del Departamento del Cauca.
- Las Facultades de Ingeniería de todo país han hecho sus propias publicaciones.
- Este material lo podrá consultar en la biblioteca del Centro de la Construcción del SENA Medellín.



## **VOCABULARIO**

**COLINEALES:** Dos cuerpos o componentes que están ubicados en la misma dirección y sobre una misma línea recta.

**COLUMNETAS:** Espacios que se dejan para formar una especie de columna en un muro y el cual no debe tener menos de 200 cms<sup>2</sup> de área.

**ENRASE:** Última hilada de ladrillos en una vivienda.

**ESTRUCTURA:** Son los elementos que cargan una edificación, como columnas vigas o muros.

**HETEROGENEIDAD:** Variedad, diversidad.

**HORMIGÓN:** Mezcla de cemento, arena, triturado y agua.

**JUNTAS:** Espacios que quedan entre ladrillos para ser llenados con mortero.

**MAMPOSTERÍA:** Obra de construcción hecha con ladrillos o bloques de concreto.

**MONOLÍTICO:** Formación de varias cosas como un todo; en este caso los muros vigas y techo forman un todo en forma de caja.

**MORTERO :**Mezcla de cemento, arena y agua.

**RIGIDEZ:** Solidez, fortaleza.

**SIMETRÍA:** Equilibrio, proporción.

**UNIFORMIDAD:** Igualdad, semejanza.

**VANOS:** Espacio sin ladrillos que se dejan para colocar puertas o ventanas.

## AUTOEVALUACIÓN

Después de haber estudiado toda la guía responda con sus propias palabras los siguientes puntos para saber si ha asimilado el contenido de esta guía, no tiene que enviar esta autoevaluación. La evaluación final para calificarle es la que le envía su tutor en un archivo diferente.

### PREGUNTAS

1. ¿Qué se entiende por sismo resistencia en una edificación?

---

---

---

2. Una vivienda que tenga los muros sólo a lo largo y no tenga de través, es sismo resistente? ¿Si? ¿No? . ¿Por qué?

---

---

---

3. ¿Por qué se deben ubicar los vanos de puertas y ventanas unos frente a otros?

---

---

---

4. ¿En qué elementos debe garantizarse la continuidad al realizar una vivienda de dos pisos?

---

---

---

5. ¿Cómo haría para lograr que un muro sea sismo resistente?

---

---

---

---

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo resistente. Ley 400 de 1997. Tomo 1. 1998.
- Sarria Molina, Alberto. Ingeniería Sísmica. Ediciones Unidas. Universidad de los Andes Bogotá, Colombia 1990.
- Minoru wakabayashi y Martínez Romero, Enrique. Diseño de Estructuras Sismo resistentes. Ediciones Mcgraw-Hill. 1988.
- SENA. Asociación de Ingeniería Sísmica. Manual de Construcciones Menores Sismo resistentes. 1990.
- Material bajado de Internet.