



## “CRITERIO Y FILOSOFÍA DE DISEÑO SÍSMICO”

### 1. INTRODUCCION:

*La filosofía del diseño sismo resistente tiene como premisa “salvaguardar la vida humana durante la ocurrencia de un terremoto destructivo”, por sobre el más adecuado método constructivo o la mayor conveniencia económica.*

*El objetivo del diseño sismo resistente es el de analizar, diseñar y detallar las estructuras de manera que su comportamiento durante la ocurrencia del “terremoto de diseño”, como lo establecen los diferentes códigos o reglamentos, permita que las mismas, incursionen en el campo inelástico con una adecuada performance, para cumplir con la filosofía básica del diseño sismo resistente. Es por ello, que tiene suma importancia efectuar un excelente detallamiento de las armaduras para asegurar que la estructura se deforme adecuadamente, disipando energía en los elementos que se diseñaron para tal fin. La experiencia de sismos recientes ha puesto en evidencia una importante limitación del enfoque implícito en los códigos de diseño sísmico hasta ahora empleados; el desempeño de una edificación durante un sismo no está dado de manera explícita en estos códigos y los enfoques empleados no conducen a un eficiente control de los daños ni a una plena satisfacción de la filosofía de diseño sismo resistente. De hecho, la mayoría de las metodologías de evaluación y previsiones para el diseño sísmico, sólo consideran un nivel de movimiento del terreno para el cual, la edificación no debería colapsar. Estas previsiones raramente reconocen que pueden ocurrir daños sustanciales y grandes pérdidas asociados a sismos de naturaleza más frecuente.*

*En tal sentido, es importante reconocer que la seguridad ante el colapso debido a grandes sismos no implica necesariamente un comportamiento aceptable de la edificación durante sismos de pequeña o moderada intensidad, por lo que se requiere definir múltiples niveles de desempeño como una estrategia para disponer de nuevas alternativas aceptables de evaluación.*

### 2. OBJETIVOS

*El objetivo principal de este capítulo es sentar las bases y los criterios de calificación de la respuesta sísmica de las edificaciones esenciales que permitan la toma de decisiones respecto de su comportamiento esperado durante un sismo, fundamentada en los conceptos de desempeño*



sísmico, desde el punto de vista estructural y no estructural, para diferentes niveles de movimiento del terreno.

Asimismo, se describen cualitativamente las diferentes acciones o intervenciones destinadas a reducir la vulnerabilidad sísmica de estas instalaciones.

### **3. GENERALIDADES:**

Una premisa fundamental para el Ingeniero Estructural es la de obtener altos niveles de seguridad y mejorar el comportamiento de las estructuras ante eventos dinámicos (sismos, vientos, etc.). Hace casi un siglo surgió la idea de proteger a las estructuras ante los eventos sísmicos, buscando desde un inicio separarlas de los movimientos del suelo mediante la introducción de elementos flexibles entre la estructura y su fundación. Pero este anhelo de los ingenieros estructurales se concretó solo unos años atrás, cuando esta idea se materializó, hasta convertirse hoy en día, en una técnica efectiva y comprobada para el diseño sismo resistente de estructuras.

En la actualidad se cuentan con conceptos, técnicas, y dispositivos innovadores, que se basan en criterios de control de movimiento, dentro de estos, los Aisladores Sísmicos de Base constituyen una de las alternativas más promisorias, su uso está cada vez más difundido debido a la eficiencia que estos han demostrado. Los aisladores de base reducen notablemente la rigidez del sistema estructural, haciendo que el periodo fundamental de la estructura aislada sea mucho mayor que el de la misma estructura con base fija, a la vez que permiten reducir los esfuerzos sísmicos notablemente y pueden ser adaptados a estructuras nuevas, así como también se pueden incorporar en puentes y edificios existentes, razón por la cual, este sistema constituye una alternativa válida para ser utilizada en países con alta vulnerabilidad sísmica como el Perú.

### **4. EL PROBLEMA TERREMOTO**

La severidad de los temblores de tierra en un lugar determinado durante un terremoto puede ser menor, moderada y fuerte. En términos relativos, temblores leves se produce con frecuencia, moviendo ocasionalmente moderado y fuerte agitación raramente. Por ejemplo, en

*promedio, se producen anualmente alrededor de 800 terremotos de magnitud 5,0 a 5,9 en el mundo, mientras que el número es de sólo 18 para el rango de magnitud 7,0 a 7,9. Por lo tanto, debemos diseñar y construir un edificio para resistir esa rara temblor terremoto que puede venir sólo una vez en 500 años o incluso una vez en 2000 años en el lugar del proyecto elegido, a pesar de que la vida útil del edificio en sí puede ser de sólo 50 o 100 años? Desde que cuesta dinero para proporcionar seguridad sísmica adicional en edificios, surge un conflicto: ¿Deberíamos acabar con el diseño de los edificios para los efectos del terremoto o debemos diseñar los edificios para ser "a prueba de terremotos" que no hay daños en el fuerte, pero raros los temblores? Es evidente que el primer enfoque puede conducir a un desastre mayor, y el segundo enfoque es demasiado caro. Por lo tanto, la filosofía de diseño debe estar en algún lugar entre estos dos extremos.*



*Figura 1: Problema del terremoto.*

## **5. CONSTRUCCIONES SISMO-RESISTENTES**

*Los ingenieros no intentan hacer que los edificios a prueba de terremotos que no dañarse incluso durante la rara pero fuerte terremoto, estos edificios serán demasiado fuerte y también muy caro. En cambio, la intención de la ingeniería es hacer edificios resistentes a los terremotos, tales edificios resisten los efectos de los temblores de tierra, aunque pueden ser dañados severamente, pero no se colapsarían durante el fuerte terremoto. Por lo tanto, la*

seguridad de las personas y los contenidos que se asegura en edificios resistentes a los terremotos, y con ello se evita un desastre. Este es un objetivo principal de los códigos de diseño sísmico en todo el mundo.

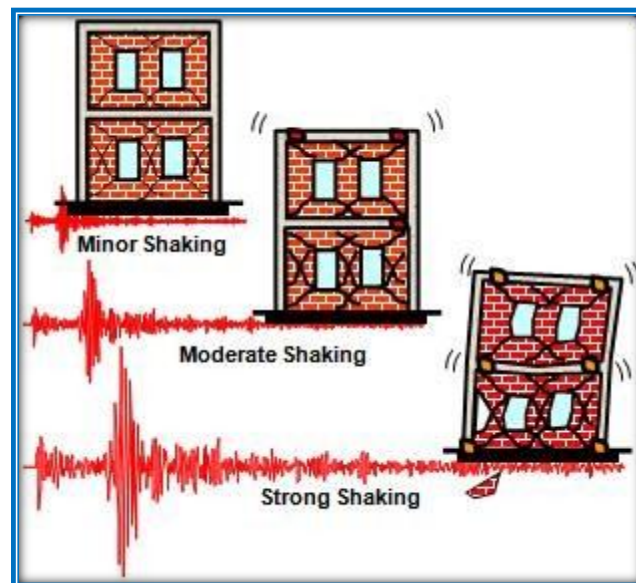
## 6. FILOSOFÍA DE DISEÑO

La filosofía de diseño sísmico puede resumirse de la siguiente manera (Figura 2):

(A) con agitación leve pero frecuente, los miembros principales de la construcción que realizan las fuerzas verticales y horizontales no deben ser dañados, pero la construcción de las piezas que no llevan carga puede sufrir daños reparables.

(B) Bajo agitación moderada, pero de vez en cuando, los principales miembros pueden sufrir daños reparables, mientras que las otras partes del edificio se pueden dañar de tal manera que incluso pueden tener que ser reemplazado después del terremoto, y

(C) Bajo una fuerte pero rara agitación, los miembros principales pueden sufrir daños graves (incluso irreparables), pero el edificio no deben colapsar.



**Figura 2:** Los objetivos de desempeño bajo diferentes intensidades de los temblores - buscar bajo daño reparable bajo leve temblor y colapso de prevención bajo una fuerte sacudida.



Así, después de menor sacudida, el edificio será totalmente operativo en poco tiempo y los costos de reparación serán pequeños. Y, después de una agitación moderada, el edificio estará operativo una vez que se haya completado la reparación y reforzamiento de los miembros principales dañadas. Pero, después de un fuerte terremoto, el edificio puede llegar a ser disfuncional para su uso posterior, pero se mantendrá por lo que las personas pueden ser evacuadas y los bienes recuperados.

Las consecuencias de los daños tienen que mantenerse a la vista de la filosofía de diseño. Por ejemplo, los edificios importantes, como hospitales y estaciones de bomberos, desempeñan un papel fundamental en las actividades de post-terremoto y deben seguir funcionando inmediatamente después del terremoto. Estas estructuras tienen que soportar muy poco daño y debe ser diseñado para un mayor nivel de protección contra terremotos. El colapso de las presas durante los terremotos pueden causar inundaciones en los tramos aguas abajo, lo que en sí mismo puede ser un desastre secundario. Por lo tanto, las presas (y de manera similar, las plantas de energía nuclear) deben ser diseñados para aún más alto nivel de movimiento sísmico.

### **6.1. Daños en edificios: Inevitable**

Diseño de edificios para resistir terremotos implica controlar el daño a niveles aceptables a un coste razonable. Contrariamente a la opinión generalizada de que cualquier grieta en el edificio después de un terremoto significa el edificio no es seguro para la vivienda, los ingenieros de diseño de edificios resistentes a los terremotos reconocen que algo de daño es inevitable. Los diferentes tipos de daño (sobre todo si se visualizaron grietas, especialmente en edificios de concreto y mampostería) se producen en los edificios durante los terremotos. Algunas de estas grietas son aceptables (tanto en términos de su tamaño y ubicación), mientras que otros no son. Por ejemplo, en un edificio de estructura de hormigón armado con paredes de mampostería de relleno entre las columnas, las grietas entre las columnas verticales y paredes de mampostería de relleno son aceptables, pero grietas diagonales se ejecutan a través de las columnas no son (Figura 2). En general, los profesionales técnicos cualificados tienen conocimiento de las causas y la gravedad de los daños en edificios resistentes a los terremotos.





**Figura 3:** grietas diagonales en columnas ponen en peligro la carga vertical, la capacidad de carga de los edificios - daño inaceptable.

Por lo tanto, el diseño sismorresistente se preocupa por garantizar que los daños en los edificios durante los terremotos son de aceptable variedad, y también que se producen en los lugares adecuados y en cantidades adecuadas. Este enfoque de diseño sismo resistente es muy similar a la utilización de fusibles eléctricos en las casas: para proteger todo el cableado eléctrico y los aparatos de la casa, se sacrifica algunas pequeñas partes del circuito eléctrico, llamados fusibles, los fusibles son fácilmente reemplazados después de la eléctrica sobrecorriente. Del mismo modo, para salvar el edificio se colapse, es necesario permitir que algunas partes predeterminadas de someterse al tipo aceptable y el nivel de daño.

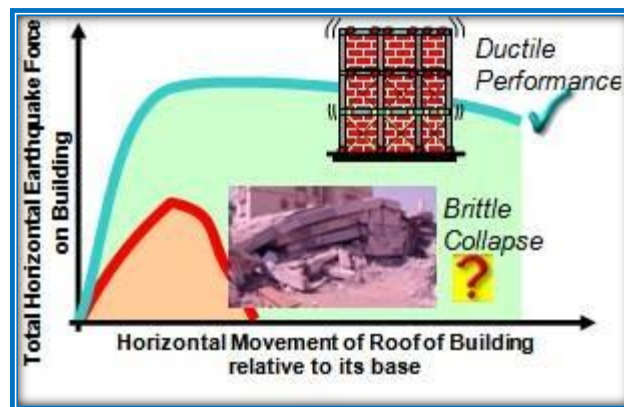
## 6.2. Daños aceptables: Ductilidad

Por lo tanto, la tarea ahora es identificar las formas aceptables de daño y la conducta deseable edificio durante un terremoto. Para ello, debemos primero entender cómo se comportan los diferentes materiales. Considere la posibilidad de tiza blanca utilizada para escribir en pizarras y pasadores de acero con cabeza sólidos utilizados para sujetar hojas de papel juntas. Sí una tiza se rompe fácilmente. Por el contrario, un perno de acero permite que se doble hacia atrás y hacia adelante. Ingenieros definen la propiedad que permite a pasadores de

acero para doblar hacia atrás y adelante por grandes cantidades, como la ductilidad, la tiza es un frágil material.

Edificios resistentes a los terremotos, en particular sus principales elementos, deben construirse con ductilidad en ellos.

Estos edificios tienen la capacidad de influir en la espalda y hacia adelante durante un terremoto, y para resistir los efectos del terremoto con algunos daños, pero sin colapso (Figura 4). Ductilidad es uno de los factores más importantes que afectan el rendimiento de los edificios. Por lo tanto, el diseño resistente a los terremotos se esfuerza para predeterminar los lugares donde el daño se lleva a cabo a continuación, para proporcionar un buen detalle en estos lugares para garantizar un comportamiento dúctil del edificio.



(A) Las actuaciones de construcción durante los terremotos: dos extremos - la dúctiles y frágiles.



*(B) rotura frágil de una columna de hormigón armado*

**Figura 4:** estructuras dúctiles y frágiles - los intentos de diseño sísmico para evitar estructuras de este último tipo.

## **7. NORMA SISMORESISTENTE PERUANANO E0.30**

*La filosofía del diseño sismorresistente consiste en:*

- a) Evitar pérdidas de vidas*
- b) Asegurar la continuidad de los servicios básicos*
- c) Minimizar los daños a la propiedad.*

*Se reconoce que dar protección completa frente a todos los sismos no es técnica ni económicamente factible para la mayoría de las estructuras. En concordancia con tal filosofía se establecen en esta Norma los siguientes principios para el diseño:*

- a) La estructura no debería colapsar, ni causar daños graves a las personas debido a movimientos sísmicos severos que puedan ocurrir en el sitio.*





- b) *La estructura debería soportar movimientos sísmicos moderados, que puedan ocurrir en el sitio durante su vida de servicio, experimentando posibles daños dentro de límites aceptables.*

## **8. NORMATIVA EXCIXTENTES**

*El objetivo fundamental de una norma es estandarizar las metodologías y procedimientos, de modo que todos los usuarios de los productos de las normas dispongan de una garantía que ellos pueden ser usados en forma confiable. Las normas de diseño sísmico por las que se rige en la actualidad nuestro país, están en un nivel de desarrollo semejante al que ofrecen los países más avanzados en esta materia. Cuentan además con la ventaja de haber sido probadas por sismos severos, como el ocurrido en marzo de 1985, y por otros sismos de menor severidad. Las normas son redactadas a través de un proceso de discusión y análisis administrado por el Instituto*

*Nacional de Normalización, dependiente del Ministerio de Economía. En este proceso pueden participar todos los profesionales interesados en el tema específico de la norma, sus usuarios y los proveedores de los materiales. Al término de su discusión las normas son oficializadas por la Contraloría General de la República, después de un informe favorable del Ministerio respectivo. La norma que controla el diseño sísmico de los edificios es la NCh 433, que ha tenido versiones oficiales en 1972, 1993 y 1996. Cada una de estas versiones ha reflejado el avance mundial que se ha logrado respecto al comportamiento sísmico de los edificios. En esta norma se establecen los métodos de análisis para obtener los esfuerzos producidos por los sismos en los elementos estructurales de los edificios y se entregan las disposiciones para proceder al dimensionamiento de las estructuras resistentes. Esta norma pretende satisfacer los principios de la filosofía de diseño expuesta anteriormente. Entre sus características más relevantes están la zonificación sísmica del país, estableciendo que diferentes zonas del país presentan un peligro sísmico diferente, y la diferente importancia que pueden tener los edificios desde el punto de vista sísmico.*