

# CONCEPTOS BASICOS SOBRE EL USO DE DISIPADORES DE ENERGIA EN INGENIERIA SISMICA

Eduardo Miranda<sup>1</sup>

Un movimiento sísmico introduce energía a una estructura. Esta energía de entrada la estructura la divide en diferentes formas de energía. Los dos principales tipos de energía son:

- a) Energía absorbida
- b) Energía disipada

La *energía absorbida* a su vez está formada por *energía cinética* la cual se traduce en movimiento de la masa de la estructura, y *energía de deformación elástica* que corresponde a la deformación temporal de los elementos estructurales en el edificio. Un ejemplo de energía cinética es la energía que posee una canica en movimiento. Un ejemplo de una energía de deformación es la deformación elástica de una resortera, entre mayor es la deformación de la resortera (mayor la fuerza en la liga) mayor es la energía que se acumula en la resortera. Cuando se suelta la resortera esa energía de deformación elástica pasa al objeto lanzado en forma de energía cinética (masa en movimiento).

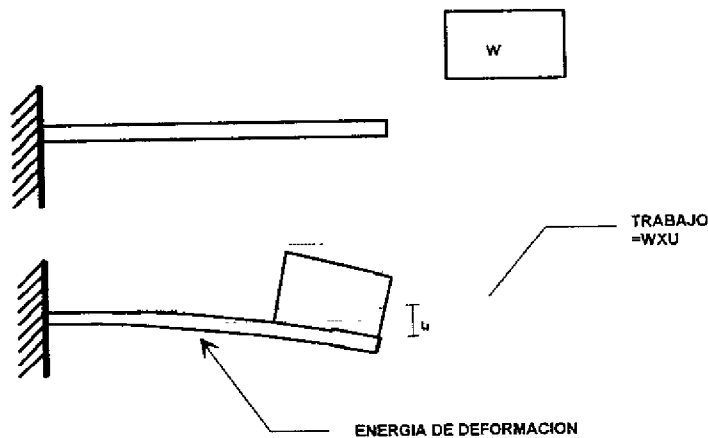


Fig. 1 Energía de deformación elástica.

En el caso de la figura 1 puede verse una estructura muy sencilla (viga en cantiliver) a la cual se le coloca un bloque con un peso  $W$ . El peso causa una cierta deformación elástica. La energía que absorbe la estructura en este caso recibe el nombre de energía de deformación elástica.

La estructura disipa energía básicamente por dos medios, por medio de amortiguamiento propio de la estructura y a través de comportamiento no lineal en los elementos estructurales. La energía disipada por medio de amortiguamiento estructural recibe el nombre de *energía de amortiguamiento* y la energía disipada por medio de comportamiento estructural no lineal recibe el nombre de *energía histerética*.

---

<sup>1</sup>Asesor en respuesta sísmica de edificios en el Centro Nacional de Prevención de Desastres.

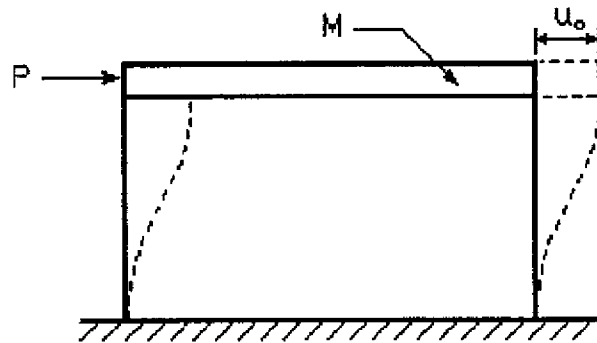


Fig. 2 Sistema de un grado de libertad sin amortiguamiento.

Si a esta estructura se le aplicara una fuerza lateral  $P$  que produjera en el techo un desplazamiento lateral  $u_0$  y luego se le quitara en forma repentina, ésta oscilaría de un lado al otro de su posición de equilibrio en un movimiento que se le conoce como vibración libre. Esta oscilación continuaría siempre con una amplitud igual a  $u_0$  como se muestra en la figura 3.

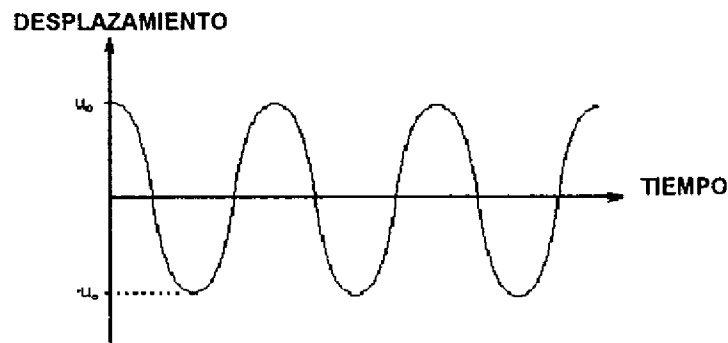


Fig 3 Vibración libre en un sistema de un grado de libertad sin amortiguamiento.

Este tipo de respuesta, desde luego no es realista, ya que, intuitivamente uno espera que la amplitud de las oscilaciones disminuya poco a poco hasta detenerse por completo. El amortiguamiento es la propiedad estructural que permite que la amplitud del movimiento en vibración libre disminuya con el tiempo.

Como se vió anteriormente en el caso de solicitaciones de tipo armónico el amortiguamiento reduce el factor de amplificación dinámico, lo que significa que la respuesta disminuye en la medida en la que el amortiguamiento aumenta. Esta reducción de la respuesta es particularmente importante cuando la frecuencia de la excitación coincide con la frecuencia natural de la estructura.

Las propiedades de los materiales estructurales son tales que solo se comportan elásticos hasta una cierta carga. Si se excede esa carga, el material sigue deformándose con incrementos de carga menores o nulos.

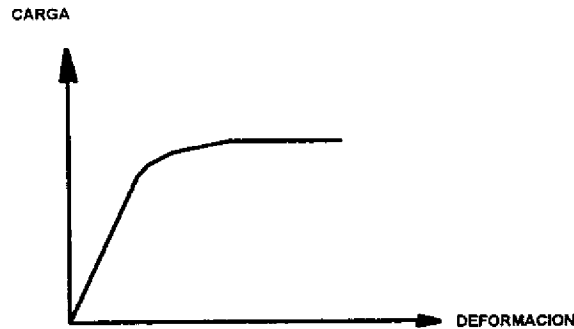


Fig. 4 Comportamiento no lineal de un material estructural.

Si ahora al material estructural se le somete a carga cíclicas (repetitivas) y reversibles (que cambian de dirección) el comportamiento sería como el indicado en la figura 5.

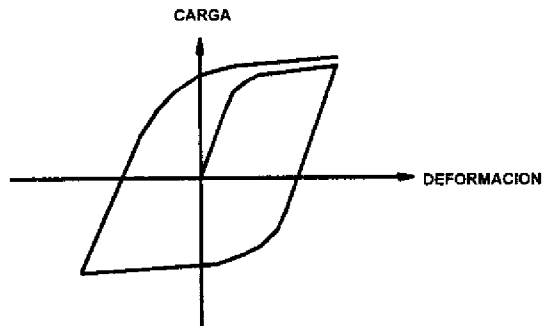


Fig. 5 Comportamiento histerético de un material estructural

Un ciclo completo en el que se carga el material en una dirección, se le descarga, se le carga en la dirección opuesta y se le descarga se le conoce como un ciclo de histéresis. En cada ciclo, el material disipa energía histerética, la cual es proporcional al área dentro de la curva. Así pues se disipa mayor cantidad de energía entre mayor es el área dentro de la curva.

Una forma de reducir la respuesta estructural es disipando energía, ya que al incrementarse la energía disipada, ya sea por amortiguamiento o por deformación no lineal, hay menor energía que deba traducirse en deformación estructural por lo que la respuesta será menor.

La filosofía actual de diseño sismo-resistente acepta daño estructural en caso de ocurrir un sismo de gran intensidad. Al dañarse los elementos estructurales se disipa energía lo que se traduce en menores fuerzas y un diseño más económico. Así pues en un diseño convencional los elementos estructurales son diseñados para tener una capacidad de deformación en el rango inelástico y una capacidad de poder resistir varios ciclos de carga sin reducir su área dentro de la curva, esto es, sin reducir su capacidad de disipación de energía. Desafortunadamente, en un diseño convencional la disipación de energía histerética está asociada a daño estructural, el cual debe ser reparado después de un sismo intenso.

Los disipadores de energía son elementos estructurales especialmente diseñados para disipar energía en puntos estratégicos de la estructura, en los cuales se disipa energía sin daño, o bien el daño es localizado y sirven de "fusibles". El resultado es una concentración de la disipación de energía en estos elementos lo que se

traduce en la eliminación o al menos la disminución del daño en otros elementos estructurales.

Las primeras aplicaciones formales de disipadores de energía con fines de ingeniería sísmica se hicieron en los años setenta en Nueva Zelanda. Las primeras aplicaciones se hicieron en combinación de aislamiento sísmico en el cual existe una necesidad de controlar el nivel de desplazamiento en los aisladores.

Existen muchos tipos de disipadores de energía. Algunos de los principales son:

- a) Disipadores por amortiguamiento viscoso
- b) Disipadores por extrusión
- c) Disipadores por deformación no lineal
- d) Disipadores por fricción

El primer tipo de disipadores consiste en la generación de fuerzas que se oponen al movimiento que son proporcionales a la velocidad. Un ejemplo de este tipo de disipadores son los amortiguadores a base de un líquido viscoso (aceite) de un vehículo. Aprovechando este mismo principio se han desarrollado disipadores estructurales. Otro tipo de disipadores dentro de esta categoría se refieren a los basados en la deformación de un material visco-elástico. Las primeras aplicaciones estructurales de este tipo de materiales se hicieron con la finalidad de reducir la respuesta de rascacielos ante acciones eólicas. Más recientemente se ha extendido su aplicación a tratar de limitar la respuesta sísmica de edificios.

Los disipadores de energía por medio de extrusión consisten en la disipación de energía por medio de la deformación de un material que se introduce en otro. Es común que el material extruido sea plomo.

Los disipadores a base de deformación no lineal consisten en deformar un material (normalmente acero) en el rango inelástico. Uno de los primeros dispositivos de este tipo en tener aplicaciones prácticas fueron los conectores de cortante en los cuales una trabe de acero de pequeña longitud se pandea por cortante disipando una gran cantidad de energía en forma estable y controlada. Otros tipos de disipadores de energía dentro de esta categoría son los que se basan en la deformación no lineal de placas de acero. Normalmente se busca dar una forma a la placa tal que logre una disipación uniforme a lo largo de la placa. Actualmente se están desarrollando nuevos tipos de disipadores a base de metales de aleaciones especiales que disipan energía a partir de una cierta deformación.

El último tipo de disipadores son los disipadores a base de fricción los cuales se basan en aprovechar el deslizamiento relativo entre dos superficies. Las superficies de fricción no necesariamente deben ser planas, aunque es lo más usual. En algunos disipadores la energía de fricción se disipa entre dos superficies cilíndricas.