



## NOTAS TECNICAS #29 CONSTRUCCION

DIVISION: ARQUITECTURA (Febrero 1998)

### TECNICAS DE CONTROL DE LA VIBRACION – PARTE 2

Como se explicó en la PARTE 1 DE LA Nota Técnica de Enero, esta segunda parte comenta los medios más frecuentemente utilizados para el control de la vibración, el aislamiento y el amortiguamiento.

#### **AISLAMIENTO DE LA VIBRACION**

El término aislamiento de la vibración denominado aislador de la vibración, entre dos componentes que han de estar conectados entre sí, donde uno de ellos vibra y el otro está protegido de esta fuente de vibración. El aislamiento de la vibración puede resultar útil:

1. Entre una fuente de vibración y su apoyo.
2. En una vía de transmisión.
3. Entre el apoyo y su receptor.

#### **TIPICOS AISLADORES DE LA VIBRACION.**

Los aisladores de la vibración suelen consistir en muelles de metal (habitualmente acero), componentes moldeados elastoméricos (habitualmente de caucho o neopreno), planchas o parches de materiales elásticos, o combinaciones de éstos, habitualmente con marcas y medios de conexión adecuados a las aplicaciones específicas.

#### **AISLADORES ESPECIALES DE BAJA FRECUENCIA**

Las vibraciones a frecuencias extremadamente bajas pueden aislarse mediante disposiciones de péndulo, muelles de aire o sistemas de aislamiento activo.

**Aisladores Péndulo.** Las disposiciones en péndulo, por sí mismas, solo aíslan la vibración horizontal. La frecuencia natural de esta configuración varía inversamente a la raíz cuadrada de la longitud del péndulo. Si también es preciso el aislamiento en dirección vertical, el péndulo puede estar sujeto por un muelle de aire o un resorte blando.

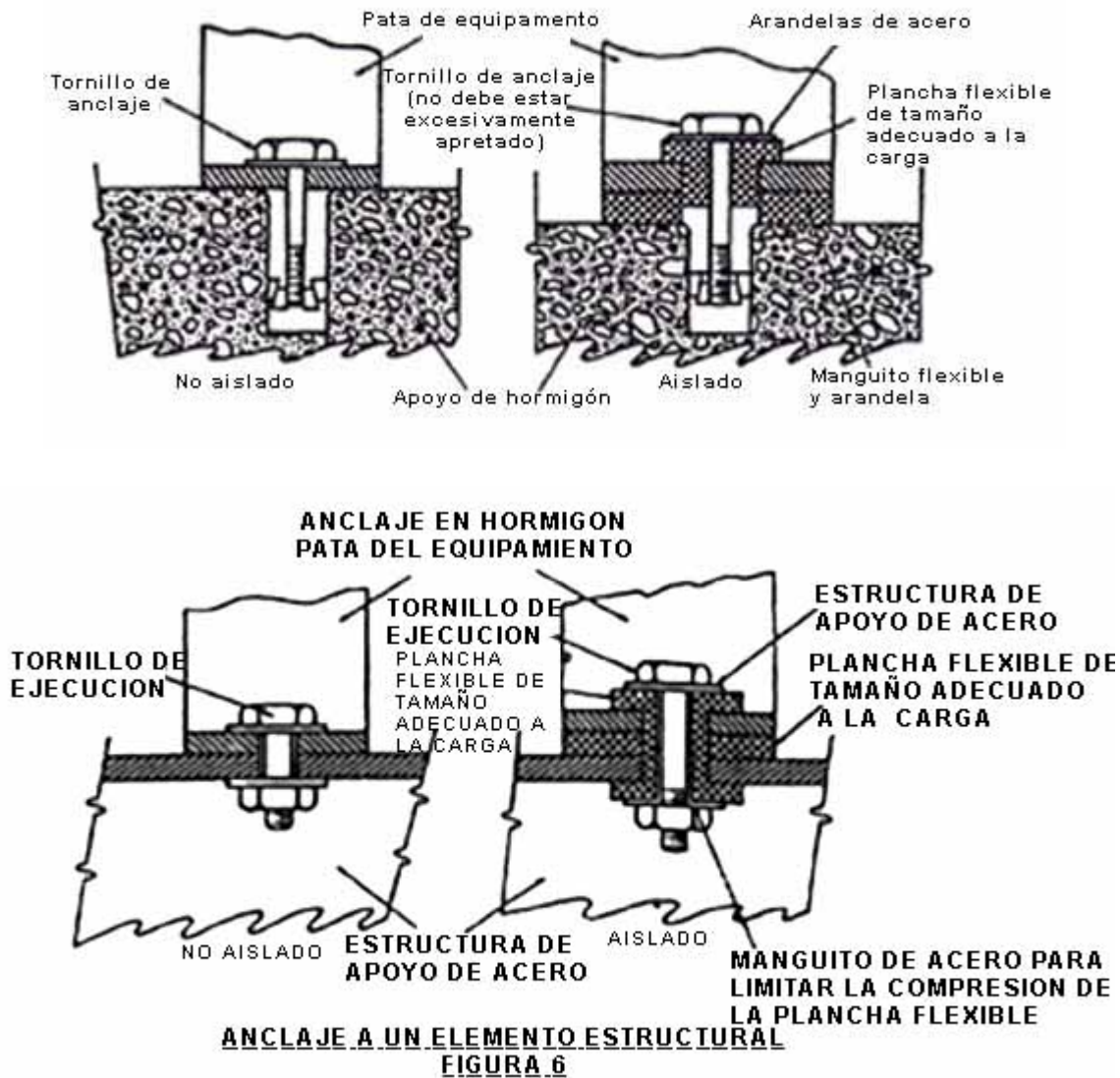
**Aisladores de Muelle de Aire.** Los muelles de aire obtienen su elasticidad fundamentalmente de la compresibilidad de volúmenes de aire confinados. Estos aisladores

Pueden tomar la forma de cojines de caucho llenos de aire o la disposición de pistón en cilindro.

**Aisladores Activos.** Los sistemas de aisladores activos de la vibración son sistemas de control dinámico en que la vibración del elemento que hay que proteger se observa mediante un traductor; la salida de este traductor se procesa (habitualmente de forma electrónica) y se utiliza para dirigir un dispositivo que actúa sobre el elemento para reducir su vibración. Los sistemas activos pueden aportar mejor aislamiento que otros tipos de sistemas bajo algunas condiciones (sobre todo en presencia de alteraciones a frecuencias muy bajas), pero tienden a ser extremadamente complejos, en comparación con los sistemas pasivos.

#### **MEJORA DEL RENDIMIENTO DEL SISTEMA DE AISLAMIENTO**

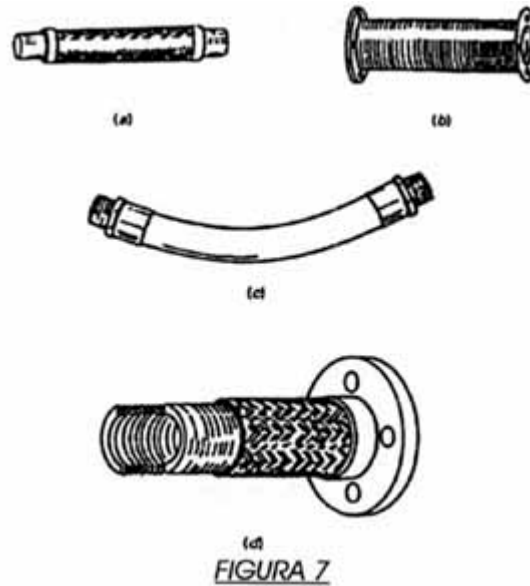
Aumento de la rigidez dinámica de las estructuras aisladas. Para ser eficaz, un aislador debe ser mucho más flexible que cualquiera de las estructuras a que está conectado; en caso contrario, las estructuras deflecan más que el aislador. Cuando la estructura a cualquier lado del aislador es muy flexible, aumentar la rigidez de la estructura o añadirle mas y/o amortiguamiento puede mejorar el rendimiento del aislador.. Evitar puentes. Hay que tener cuidado para asegurarse de que los aisladores se pueden mover sin restricción y que no produce "puenteo". El "puenteo" es una transmisión no intencionada de vibración a través de vías no flexibles, "cortocircuitando" así el aislante flexible. Los aisladores con carcasas ( cerramientos protectores) deben estar alineados adecuadamente, de manera que los elementos de cubrimiento no se atasquen entre sí. Si los tornillos han de prolongarse a través de una plancha de aislador, deben tener arandelas y manguitos elastoméricos blandos (ver figura 6), de manera que no puenteen la plancha aislante.



El puenteo a través de tuberías, conductos, ejes, cables, etc., que conectan elementos y estructuras entre los aisladores, puede evitarse mediante el uso de tubos flexibles, como los que muestra la Figura 7 . Los tubos flexibles de caucho o tubos plásticos pueden resultar útiles para el aislamiento en los sistemas de tuberías; pueden precisarse secciones de tuberías o conducciones de metal flexible:

1. Si la temperatura o la presión son altas.
2. Si se transmiten fluidos químicamente activos.

3. Si está prescrito por un código de ensayo.



#### Acoplamientos Flexibles:

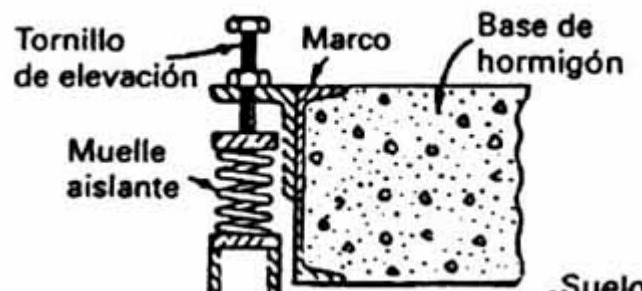
Los acoplamientos flexibles ayudan a reducir la sacudida y la vibración, a eliminar los problemas de ruido, a minimizar las fuerzas destructivas transmitidas a otros componentes y a mejorar la comodidad del operador.

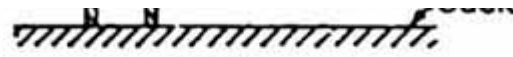
La elección de un elastómero para un acoplamiento flexible depende de las condiciones ambientales. La mayoría de las aplicaciones utilizan caucho natural si las temperaturas ambientales de funcionamiento no superan los 28° C y no hay aceite presente. Si hay aceite, debe emplearse neopreno. A temperaturas más altas, deben utilizarse varios elastómeros sintéticos como silicona; si hay aceite, la fluorosilicona es más adecuada.

#### Bases de Acero y Bloques de Inercia:

En algunas aplicaciones, no es deseable o factible montar una máquina directamente sobre los aisladores de la vibración. En lugar de ellos, la máquina se conecta a un bloque rígido y relativamente pesado (habitualmente hormigón) que se apoya entonces mediante los aisladores adecuados.

Este bloque rígido llamado también bloque de inercia, puede colocarse por encima del nivel del suelo, o por debajo de éste, dentro de un foso. Los aisladores que se emplean para apoyar el bloque pueden ser de caucho, muelles de acero u otro material flexible adecuado. El tamaño del bloque de inercia requerido depende de las razones para su uso y el tipo y tamaño de equipamiento. La finalidad del bloque de inercia puede ser aportar rigidez; el tamaño se determina mediante el momento disponible para transferencia al bloque y el movimiento permisible de la máquina. La frecuencia natural deseada para el sistema de aislamiento suele establecerse mediante las características de funcionamiento del equipamiento montado y el aislamiento requerido. La figura 8 muestra un bloque de inercia apoyado por encima del nivel del suelo.

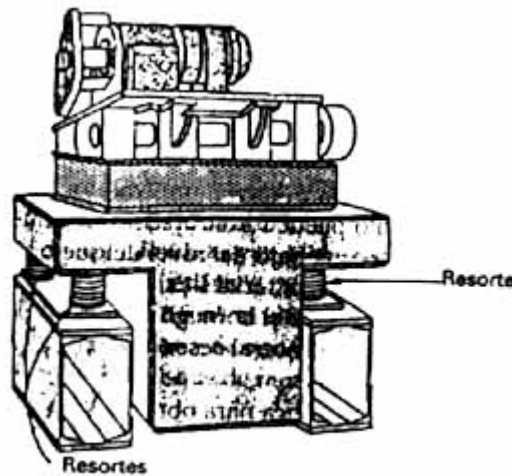


FIGURA 8

La figura 9 muestra cómo pueden utilizarse los aislamientos flexibles para construir un bloque de inercia por debajo del nivel del suelo. Se cubre un foso de hormigón del tamaño preciso con el material flexible. Entonces se cubre este material con láminas de plástico y se vierte el hormigón para formar un bloque de inercia. Se puede conseguir la frecuencia natural deseada utilizando materiales flexibles de grosor y superficie adecuadas.

FIGURA 9

Con el bloque de inercia en forma de T, como lo muestra la Figura 10, es posible colocar los aisladores en el mismo plano horizontal que el centro de gravedad e igualar, aproximadamente, las frecuencias naturales en los seis modos de vibración. Este requiere resortes que posean constantes de rigidez verticales y horizontales iguales.

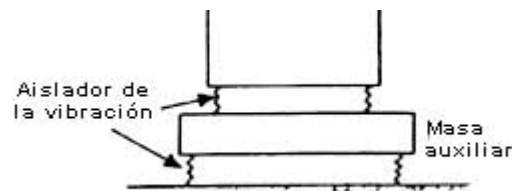
FIGURA 10

#### Sistemas de Aislamiento de Dos Fases:

Un sistema de aislamiento en dos fases que se muestran en la figura 1.1., consiste en dos series de aisladores con una masa auxiliar entre ellas. La masa auxiliar puede estar contenida en la disposición del aislador o puede consistir en una base secundaria de la máquina. Un sistema de aislamiento de dos fases aporta mayor aislamiento a frecuencias altas de la que puede obtenerse mediante el uso de los sistemas simples de aislamiento convencional. Sin embargo, un sistema de dos fases exhibe resonancias de baja frecuencia en que el rendimiento del aislamiento es muy reducido. Para evitar este efecto perjudicial en el rango de frecuencias de interés, el sistema ha de estar diseñado adecuadamente.

#### TECNICAS DE CONTROL DE LA VIBRACION



**FIGURA 11**

## AMORTIGUAMIENTO ESTRUCTURAL

El amortiguamiento es la retirada de energía mecánica de un sistema vibratorio, habitualmente mediante su conversión en calor. Todas las estructura y materiales poseen amortiguamiento inherente. La mayoría de los metales ofrecen relativamente poco amortiguamiento, los materiales de caucho y plásticos blandos tienden a poseer más y algunos materiales especiales aportan un considerable amortiguamiento. Las estructuras construidas con placas o láminas de metal tienden a poseer un amortiguamiento significativo debido a las juntas remachadas o ancladas; las juntas soldadas en general no contribuyen de forma apreciable al amortiguamiento. Las estructuras vibrantes inmersas en líquidos pueden experimentar un considerable amortiguamiento debido a la radiación sonora de la estructura hacia el líquido. En los sistemas mecánicos, el amortiguamiento se obtiene del rozamiento entre caras, por medio de fluidos viscosos o de efectos electromagnéticos, entre otros.

### Aplicación del Amortiguamiento Añadido:

Aumentar el amortiguamiento estructural es útil para reducir :

1. Vibraciones ( y radicaicón sonora acompañante ) resuletantes de la excitación a las frecuencias naturales de una estructura o de la excitación de banda ancha.
2. Vibraciones y ruido generado por impactos únicos o repetitivos o por otras fuerzas transitorias.
3. Vibraciones autoexcitadas, como las asociadas con el chirriar de frenos ( que son inducidas por una retroalimentación o fenómeno deinestabilidad ).
4. La propagación de vibraciones a lo largo de estructuras extendidas.
5. La transmisión del sonido a través de paredes o paneles a frecuencias pro encima de sus " frecuencias de coincidencia ".

Para tener valor práctico, el amortiguamiento añadido debe aumentar el amortiguamiento de una estructura o componente de forma considerable.

### Tratamiento y Dispositivos de Amortiguamiento:

Dado que cualquier tratamiento o dispositivo que disipa la energía vibratoria puede servir para aportar amortiguamiento, existen muchos métodos distintos de amortiguamiento, incluyendo:

1. Dispositivos ( como los amortiguadores de los autos ) en que la energía se disipa mediante fluidos viscosos que se fuerzan a través de orificios.
2. Dispositivos como los de los frenos de autos, que se basan en el rozamiento entre superficies sólidas.
3. Sistemas electromagnéticos, como los aparatos de corriente parásita o de Foucault, en el que el movimiento relativo entre un imán un conductor genera corrientes eléctricas que son disipadas en resistencias eléctricas.
4. Cables, cadenas o materiales granulados ( por ejemplo arena o bolsas de plomo ) que están dispuestas de

manera que tintinean dentro de coberturas o cavidades a medida que éstas vibran.

5. Aparatos o disposiciones que incorporan materiales con amortiguamiento inherente alto.

Un tratamiento de amortiguamiento es una configuración de materiales que se aplica a un componente estructural, como un panel de chapa de metal, para aumentar su amortiguamiento. Muchos fabricantes tienen disponibles tratamientos de amortiguamiento en láminas, como cintas que se pegan a una superficie, y en una masa para extender en spray o paleta sobre la superficie. Las láminas absorbentes del sonido ajustadas a la superficie de metal del cerramiento de una máquina pueden aportar amortiguamiento a la estructura, además de absorber el sonido. Hay disponibles algunos tratamientos de amortiguamiento en forma de lámina con una superficie magnetizada; las secciones de esta lámina pueden conectarse rápidamente a una superficie plana de acero ( u otra aleación magnética ) durante las operaciones ruidosas ( como astillas, triturar, martillar y remachar ) y pueden retirarse y reutilizarse.

**Tratamientos que Utilizan Materiales de Amortiguamiento Alto:**

Los materiales viscoelásticos de alto amortiguamiento son aquellos que poseen capacidades tanto para la disipación de la energía ( viscosa ) como para su almacenamiento ( elástica ). Todos los materiales poseen estas capacidades en cierta medida, pero algunos materiales de caucho polimérico tienen unas propiedades de amortiguamiento particularmente buenas. Las propiedades dinámicas de los materiales que están relacionadas con el rendimiento de amortiguamiento tienden a variar considerablemente con la frecuencia y la temperatura, pero por lo general son relativamente independientes de la amplitud de la tensión, precarga y carga cíclica. Los materiales poliméricos que se utilizan como tratamiento de amortiguamiento han de ser así seleccionados para ajustarse a los rangos de temperatura y frecuencia de interés.

Dos tipos de configuraciones de amortiguamiento viscoelásticos suelen utilizarse ampliamente en el amortiguamiento de vibraciones de componentes estructurales en forma de placa, como se ilustra en la figura 12:

1. Tratamiento de capas " libres 2 " , en que una capa de material viscoelástico simplemente se adhiere a un superficie estructural.
2. Tratamiento de capas " forzadas ", en que la capa de material viscoelástico se adhiere a la superficie estructural y una capa adicional de " aprisionamiento " del material estructural se coloca sobre la capa viscoelástica.



**Notas técnicas desarrolladas por la Unidad de Servicios Técnicos de Fiberglass Coleccionables.**