



# PATOLOGÍAS VIBROACUSTICAS GENERADAS POR INSTALACIONES TERMICAS EN EDIFICIOS

## Rafael Torres del Castillo

Master en Acústica Arquitectónica y Medio Ambiental por Ingeniería La Salle (Universidad Ramón Llull),  
Miembro de la Sociedad Española de Acústica (Instituto de Acústica C.S.I.C.),  
Director Técnico de VIBCON

Ponencia presentada en CLIMATIZACION 2003  
Artículo publicado en EL INSTALADOR Nº 397 MAYO-2003





## 0.- INTRODUCCIÓN

El objetivo del presente trabajo es presentar casos de anomalías más comunes de transmisión de vibraciones provocadas por instalaciones térmicas que inducen posteriormente ruido estructural afectando a la calidad de vida de los individuos. Debido a que estas son relativamente frecuentes en diversas tipologías de máquinas e instalaciones, podemos establecer un cuadro de causas y efectos más característicos. Es por ello la justificación de adoptar el término médico de “patologías”.

Puede considerarse como continuación de una anterior ponencia (1) que se presentó en el certamen anterior que abordaba por un lado el aspecto normativo, centrado concretamente en el RITE y sus disposiciones complementarias y por otro introducía conceptos teóricos específicos para las técnicas de aislamiento de vibraciones en instalaciones de HVAC.

Por un lado veremos conceptos teóricos y recomendaciones a tomar, veremos instalaciones reales que ilustrarán las patologías más representativas, dando a conocer las soluciones adoptadas según sea el caso. Entre ellas presentaremos las instalaciones de plantas enfriadoras en cubiertas de edificios soportadas sobre estructuras metálicas, instalaciones de grupos de presión no sin dejar de ver que pasa con todo su entramado de tuberías. Se ilustrará el caso de centrales frigoríficas instaladas en centros comerciales y por último pequeñas instalaciones en actividades comerciales de alimentación y restauración.



Foto: Graffiti encontrado en el Puente Vallcarca de Barcelona . Fotografiado por R. Torres



## 1.- EVOLUCION POR NECESIDAD

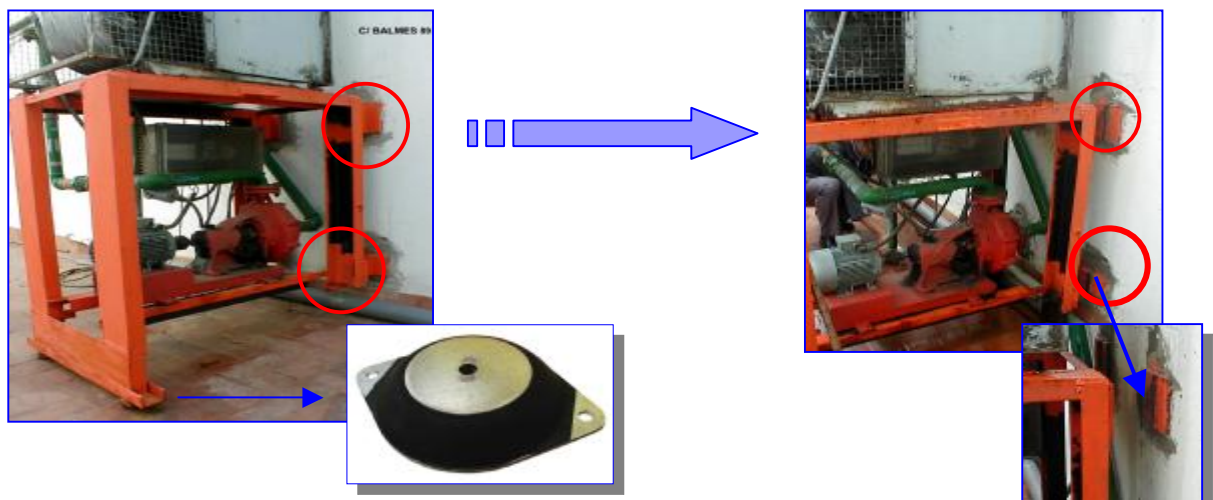
A lo largo de estos últimos 16 años que llevo de profesión, las técnicas de aislamiento en vibraciones han evolucionado paralelamente a las técnicas de la instalaciones térmicas. No olvidemos que en tiempos pasados la calidad de las instalaciones era inferior y menos compleja a las que demandan en la actualidad, este hecho puede imputarse a las mayores exigencias que se imponen actualmente debido a la creciente importancia que se da al concepto de bienestar.

Tengamos presente que en los inicios de la climatización artificial, el confort ambiental de los espacios interiores se limitaba solamente al control de la variable temperatura. Gracias a los trabajos de Ole P. Fanger (2) demostraron que para definir un modelo de bienestar ambiental es necesario el uso de otras variables como son la humedad relativa, velocidad del aire, pureza del mismo, temperatura radiante de los paramentos de las viviendas, inclusive el tener en cuenta las características y grueso de la vestimenta de los ocupantes.

Por tanto llevar a cabo con éxito la implementación de sistemas de climatización acordes al cumplimiento de estas variables derivará obligatoriamente a adoptar medidas de aislamiento y control vibroacústico de los elementos mecánicos en régimen dinámico que lo compongan, ya que en caso contrario alteraran las condiciones ambientales de confort.

Ahora en la actualidad es ocasional ver cualquier instalación térmica que no posea incorporado cualquier tipo de montaje antivibratorio en alguno de sus equipos, venga indicado ya desde proyecto o bien incluido como accesorio del propio fabricante de los equipos o adoptado bajo criterio del propio jefe técnico responsable de la instalación.

Por tanto podemos decir que en la actualidad las patologías derivan fundamentalmente de la adopción errónea o parcial de medidas de aislamiento y control vibroacústico que de una carencia total de las mismas.





Si como se ilustra en los ejemplos anteriores, el ventilador centrífugo no tiene dispuesto ningún montaje antivibratorio o bien lo posee "a medias", la mejora en aislamiento que realicemos será radicalmente positiva, obviamente. Es fácil establecer cuales son sus consecuencias tanto para el edificio como para las personas que lo habitan, pero claro el tema está, cuando una vez adoptado el problema persiste o existe un remanente lo suficientemente alto como para no permitir la habitabilidad en condiciones adecuadas.

Dicho esto, podemos sacar la conclusión de que el efecto común que producen las patologías vibroacústicas que a continuación detallaremos más adelante, es precisamente en la reducción de el confort ambiental y ello conlleva a una merma de la calidad de vida del individuo, debido a la contaminación acústica generada por la adopción de medidas desafortunadas o bien parciales de aislamiento y control vibroacústico, más que a la carencia de las mismas.

## 2.- AISLAR BIEN LAS VIBRACIONES

*-“ ...El vecino de arriba pone en funcionamiento el aire acondicionado. Un aparato, colgado del muro, produce un sonido insistente y molestas vibraciones. No descansamos. Llamo al juzgado de guardia y vienen con un sonómetro a medir decibelios. ¿Esperan escuchar una ambulancia? Esos aparatos no miden vibraciones..... y créanme por definición el sonido es movimiento vibratorio”.-(\*)*

Antonio Lluch López-Barcelona  
Los lectores denuncian LA VANGUARDIA 25/2/98



Esta patología típica pone de manifiesto que si eliminamos la transmisión de vibraciones reduciremos las emisiones de ruido estructural.

Ya no basta con colocar cualquier "goma" o cualquier elemento elástico, sino por el contrario debemos "aislar debidamente las vibraciones" es por ello necesario el conocimiento de las técnicas sobre aislamiento y control de vibraciones mecánicas que pueden posteriormente inducir emisión de ruido estructural, es decir hablamos de la "Vibroacústica".



Tengamos presente que la figura del consultor acústico o de cualquier técnico acreditado de esta disciplina, será cada vez más familiar tenerla presente tanto a la hora de realizar el proyecto de instalación como en el momento de su ejecución, puesto que las Ordenanzas municipales y las licencias de actividad y legalización de cualquier instalación requerirá de un informe acústico que justifique y valide las actuaciones realizadas.

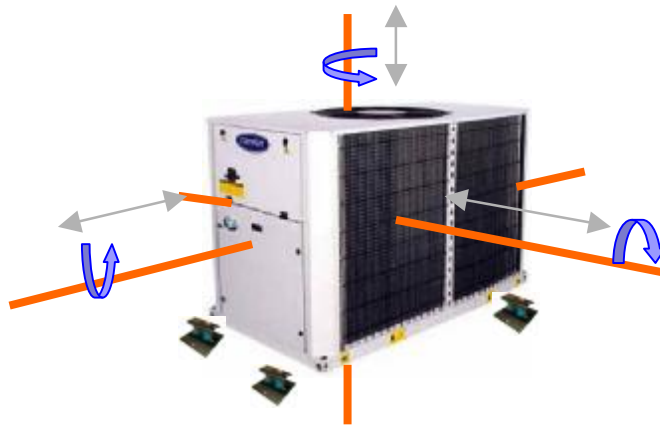


Antes de entrar en materia es conveniente aclarar ciertos conceptos teóricos que se complementan a los citados en la ponencia anteriormente citada en la introducción (1) y que nos pueden ayudar a entender mejor el fenómeno y especialmente la forma de cómo poder actuar en consecuencia.

## 2.1.- Introducción al fenómeno vibratorio

En el diseño de máquinas y mecanismos partimos de premisas inciertas en la realidad. Por un lado podemos decir que una máquina ideal no produce vibraciones puesto que toda la energía absorbida se empleará en el trabajo a realizar. Por otro el movimiento se transmite desde el eslabón conductor al órgano de trabajo mediante mecanismos transmisores que en el estudio cinemático y dinámico los contemplamos como un conjunto de elementos y miembros rígidos e indeformables, enlazados entre sí.(3)

Pero en realidad la transmisión de fuerzas y pares de unos mecanismos a otros generan perturbaciones dinámicas variables en el tiempo, debido por un lado a la propia inercia de los mismos y por otra a que en realidad todos los cuerpos son elásticos y por tanto se deformarán en mayor o menor grado por dichas acciones, disipando parte de la energía motriz.



Estas perturbaciones dinámicas como ya puede uno suponer son las VIBRACIONES, persistentes en el tiempo e IMPACTOS si son puntuales en un diferencial de tiempo.

Efectivamente todos los cuerpos son capaces de vibrar debido a que poseen inercia y flexibilidad, por ello al deformarse lo realizarán alrededor de su posición de equilibrio durante más o menos tiempo, dependiendo del amortiguamiento de los mismos.

En esta fase de amortiguamiento una parte se degradará en calor y otra se radiará en forma de sonido que en la gama audible generará "ruido" que al propagarse por superficies vibrantes dará lugar a un ruido estructural característico.

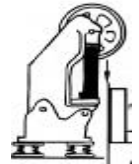




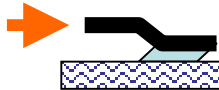
### 2.1.1 - Tipos de Fuerzas Perturbadoras

Las fuerzas que producen perturbadoras dinámicas en una máquina son muy diversas, por ejemplo podemos citar las siguientes (4):

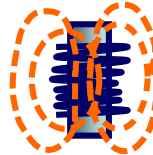
- Fuerzas de Impacto entre componentes, asentamiento incorrecto de alguno de los apoyos de la máquina al suelo generando un golpeteo continuo, etc.



- Fuerzas de Rozamiento: La mala lubricación, descentrajes o malos ajustes generan fricciones. En ocasiones las fricciones transitorias producen severas vibraciones que en la gama audible se manifiestan como “castañeteo” o “chirrido de frenos”.



- Fuerzas electromagnéticas como los que generan los motores eléctricos o centrales transformadoras (fenómenos de magnetoestricción).



- Fuerzas inestables de interacción mecánica, como las que se producen entre engranajes cruzados o en rodamientos de bolas.

- Fuerzas debido a la interacción fluido-estructura. Cuando son fruto de la interacción de movimientos estructurales con fuerzas fluidas asociadas a la expansión del vórtice a partir de la estructura.




- No hay que olvidar por otro lado que a medida que la máquina funcione en el transcurso del tiempo se producirán otras fuerzas añadidas a las anteriores

-desequilibrios, desalineaciones, deformación de estructuras de máquinas por asentamiento en soportaciones con falta de planitud, aflojamiento de pernos y fijaciones, desgaste de componentes aumentando el juego de los ajuste existente entre ellos etc.,-



Estas provocarán cambios en sus propiedades dinámicas, lo que denominamos habitualmente ..”proceso de envejecimiento”.

<p>Buenas Vibraciones En Instalaciones Térmicas</p> <p>Ed:1ª 6/05</p>	<p>Artículo Técnico Instalaciones Térmicas</p>	 <p>FT-BV IT</p>
---	--	--

Por tanto generalmente los niveles vibratorios aumentarán progresivamente , incluso pueden llegar de forma súbita con niveles muy elevados debido a la presencia de resonancias. Algunas veces fáciles de detectar por emitir sonidos característicos y muy familiares para el técnico como: castañeteos de rodamientos, chirridos, cabeceos, etc.

Estableciendo el símil de forma que las fuerzas perturbadoras son una patología de la máquina, su manifestación más inmediata es la presencia de un incremento del nivel de vibración como la subida de fiebre en una persona al haber contraído una enfermedad. Dada esta situación es necesario aplicar técnicas adecuadas de control y aislamiento. (5)

Así los niveles vibratorios serán bajos en una máquina si partimos de un buen diseño y es por ello que el estudio elastodinámico de las mismas sea cada vez más importante ya que afecta tanto a su funcionalidad como a su integridad.

## **2.2. – Optica a tratar en las actuaciones de Aislamiento de Vibraciones .**

Las técnicas de aislamiento de vibraciones como ya sabemos se basan en realizar uniones elásticas entre las máquinas y cualquier componente de la instalación térmica al forjado del edificio, con la particularidad que la rigidez y masa de estos elementos elásticos antivibratorios, sean completamente diferentes de los que posee la instalación en general y la estructura de apoyo.

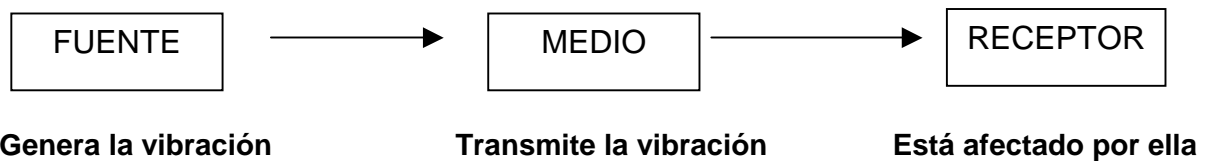
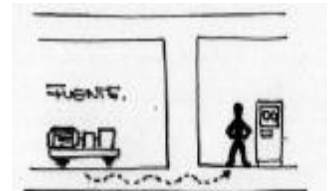
El cálculo y selección adecuado del montaje antivibratorio podrá conseguir que la discontinuidad creada sea más o menos grande en función de la efectividad de degradación por fenómenos de disipación de la energía vibratoria incidente o bien por interposición de las fuerzas periódicas perturbadoras a partir de sistemas de almacenamiento de energía, que la retornará a su origen.

Ello implica un cambio de visión hiperestático que contempla nudos fuertemente rígidos por estructuras isostáticas elásticamente independientes. Debemos acostumbrarnos a ver y comprobar como por ejemplo una planta enfriadora o bomba de calor se balancea al ser empujada por nosotros para así constatar que la actuación es correcta.

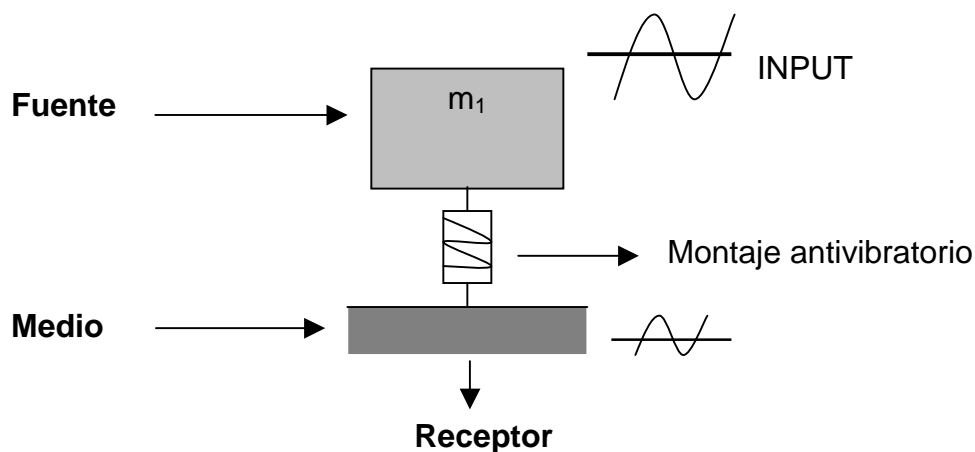


### 2.2.1. – Fuente- Medio- Receptor.

Resulta útil contemplar un problema de transmisión de vibraciones en términos de los tres elementos que intervienen en la emisión de una señal tal como se muestra esquemáticamente adaptado al modelo mecánico masa-muelle sería



Que adaptado al modelo masa-muelle sería



#### Interacción entre Fuente y Medio

La máquina es la fuente generadora de las vibraciones, que está unida al suelo o la estructura soporte, mediante elementos de fijación o apoyos por tanto para maximizar la eficacia del aislamiento vibratorio debemos siempre actuar lo mas cercano posible a dicha fuente sin olvidar que están intercomunicadas por prolongados ramales de tuberías que de igual modo deben aislarse puesto que son fuente secundaria de transmisión.

De esto se deduce que es desacertado plantearse únicamente en el diseño de una instalación la tendencia de buscar únicamente la máquina con los niveles de potencia sonora y vibratoria más bajos, descuidando diseñar el emplazamiento adecuado para evitar transmisiones indeseables.



<p>Buenas Vibraciones En Instalaciones Térmicas</p> <p>Ed:1ª 6/05</p>	<p>Artículo Técnico Instalaciones Térmicas</p>	 <p>FT-BV IT</p>
---	--	--

Es preciso saber conjugar estos dos elementos a priori puesto que realizar medidas correctoras posteriores supone en muchos casos no obtener los resultados acordes a las expectativas esperadas, además de haber ocasionado un coste muchísimo más elevado que de haberlo previsto correctamente.

### Interacción entre Medio y Receptor

Cuando más alejado coloquemos el receptor, el camino de transmisión se extiende más desde la fuente y así favoreceremos la “dispersión” de la energía vibratoria y por tanto lo alcanzará con menos energía.

Por ello conviene colocar las máquinas alejadas de zonas potencialmente críticas (receptor) para conseguir mayor atenuación natural de la vibración.

Pero además el medio estructural de un edificio no es homogéneo al igual que el aire y por tanto pueden aparecer fenómenos de resonancia estructural con algún modo de vibración y esto depende principalmente de la manera en que las estructuras se hallen ancladas en sus extremos, ya sea simplemente apoyadas, empotradas o con ambos tipos de anclaje.(6)

### **2.3. –Determinación de la eficacia del aislamiento vibratorio.**

La norma UNE 100-153 / 88 incluida en la Instrucción técnica ITE 0.2.2.3 determina un criterio para conseguir un adecuado aislamiento de vibraciones. Pero para solventar posibles patologías vibroacústicas es recomendable ajustarse a los valores de aislamiento vibratorio indicados en la tabla siguiente.

TIPO	Características	Grado de aislamiento S/UNE 100-153/88	Expresado en dB de aceleración vibración respecto a $10^{-6} \mu\text{m}/\text{s}^2$
ZONAS MUY CRITICAS	Edificaciones de uso cultural (auditorios, teatros, cines) Hoteles y Hospitales	>95%	>25
ZONAS CRITICAS	Zonas cercanas a dormitorios Oficinas y estudios	>90%	>20
ZONAS NO CRITICAS	Almacenes Sótanos y zonas de poco compromiso	>80%	>18



### 3.- PLANTAS ENFRIADORES , BOMBAS DE CALOR CLIMATIZADORES INSTALADOS EN CUBIERTAS

Las patologías que suelen encontrarse en estos tipos de instalaciones viene directamente causadas por las grandes dimensiones y peso de estos equipos, que obliga el construir previamente estructuras de soportación puesto que en muchos casos sobrepasa la carga admisible del forjado.

Además puesto que cada vez más los equipos van menos revolucionados con el principal motivo de tener velocidades de paso de aire en torno a los 6 a 10 m/s, para evitar molestias de ruido aéreo ello implica que se incorporen en muchos casos variadores de velocidad y en definitiva todo ello hace que se deban extremar en ocasiones las medidas de aislamiento vibratorio.



Las patologías más habituales que vamos a detallar casi siempre vienen juntas, por ello ante una situación semejante es aconsejable actuar revisando todas las posibles patologías posibles e ir descartando una a una.

#### 3.1.- Equipos aislados debidamente pero sin tener en cuenta sus conexiones de tuberías

Este tipo de patología es muy habitual, ya que se embocan manguitos antivibratorios y es fácil detectar puesto que las molestias de ruido estructural se centran especialmente en el ancho de banda de frecuencias entre 250 Hz a 1000 Hz.

Recordemos por el punto del apartado anterior 2.2.1, que para asegurar un buen aislamiento debemos de desolarizar tanto la fuente como tener presente su medio de transmisión, como son las tuberías. Por ello ante una situación como esta se debe realizar como una persecución policial e ir desconectando punto por punto cada unión rígida de la red de tuberías para así asegurar el axito de tal actuación.





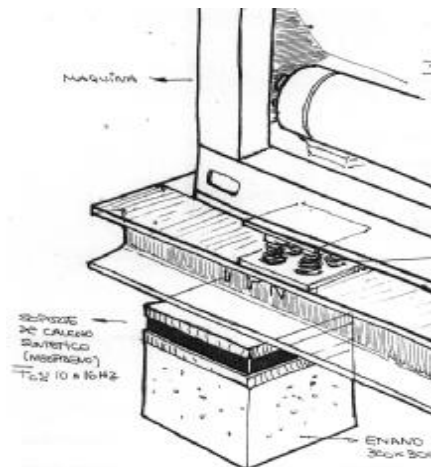
### 3.2.- Equipos aislados debidamente pero soportados sobre bancadas deficientes.

En estas situaciones se caracterizan por que el aislamiento que realiza el montaje antivibratorio compuesto por lo general por aisladores metálicos de muelle se reduce su aislamiento notablemente. Las causas puede deberse a varios motivos

#### 1º.- Bancadas metálicas apoyadas directamente o empotradas

Las bancadas metálicas deben estar apoyadas elásticamente sobre enanos mediante elementos elásticos, nunca apoyadas directamente o empotradas.

Este es la patología más común afectando a todo el edificio y se detecta fácilmente puesto que su espectro de frecuencia al ruido estructural concentra casi toda su energía en los anchos de banda de 16 a 63 Hz.



#### 2º.- Bancadas metálicas con flechas excesivas

Bancadas flexibles por tener luces entre apoyos demasiados largos. Ello hace que los aisladores metálicos de muelle estén situados en lugares de apoyo de gran movilidad. Esto se puede comprobar si medimos la diferencia entre el nivel de vibración en la base de la máquina con el nivel detectado en la cabeza del enano de soporte de la bancada.



Por lo general un aislamiento correcto mediante aisladores metálicos de muelle bien calculados se sitúa entre los 20 dB de nivel de aceleración de amplitud. Si la diferencia está 5 0 6 dB por debajo puede ser por motivo de dicha patología.



Una manera de comprobar sería excitar las bancadas estáticamente y ver si algunas de sus posibles frecuencias naturales coincide con alguna de las puntas detectadas en el espectro cuando está en marcha.

Según indican los manuales teóricos (7) que ante tal situación es aconsejable variar el régimen de frecuencia de los elementos dinámicos, pero la práctica nos hace inviable modificar las revoluciones tanto de compresores como de ventiladores puesto que eso implicaría realizar importantes modificaciones en el seno de la maquinaria entrando así en un terreno delicado en el cual interviene el fabricante de los equipos bastante reticente a realizar cambios en sus equipos normalizados. Lo más práctico es rigidizar la bancada metálica por un lado y recolocar los aisladores en zonas de menor movilidad y en algunos casos incluso es conveniente colocar aisladores de mayor flecha de compresión de los modelos normalizados en el mercado (50 mm o más). Lo mejor es prever ya desde proyecto.

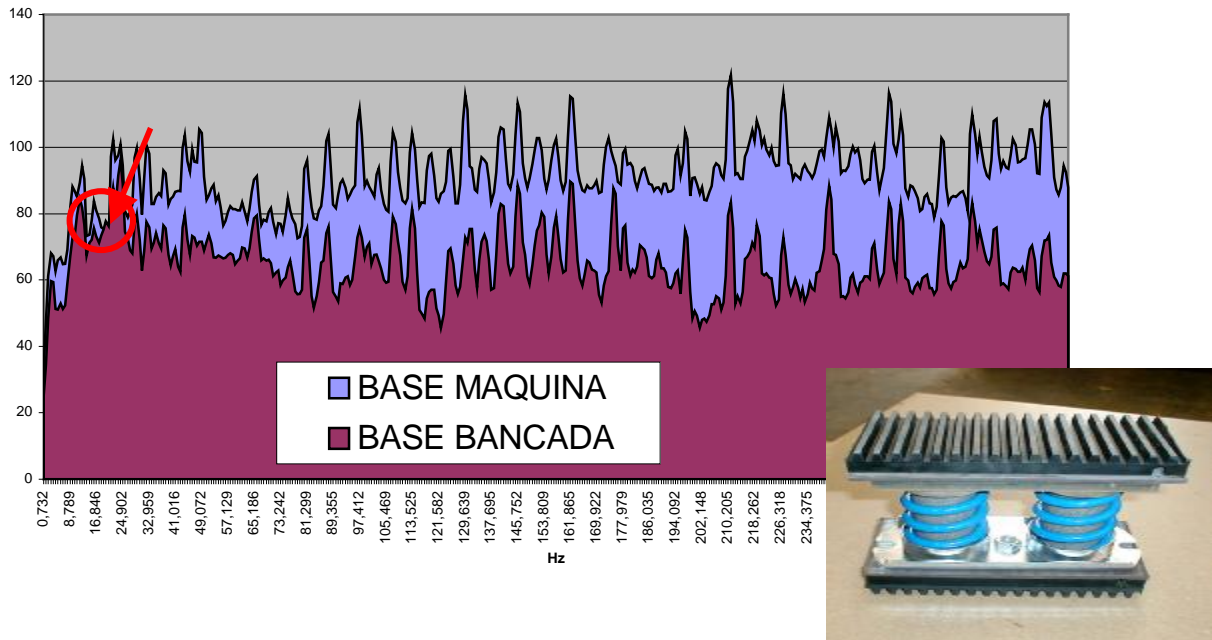
### 3º.- Montaje antivibratorio incorrecto

Cabe decir previamente que para aislar vibraciones correctamente en instalaciones de HVAC, el montaje antivibratorio que da los mejores resultados son los formados por aisladores metálicos de muelles.

Suele darse el caso que si aparecen quejas por percibir las puestas en marcha de los equipos tanto por los pies como en mesas o mobiliario ello suele deberse a un mal dimensionado de los mismos.



En otras ocasiones suele aparecer ruido estructural en torno a los 50Hz, tal como se puede apreciar en el gráfico de aislamiento adjunto y el motivo se debe a que los aisladores metálicos al ser de acero dejan pasar vibración a lo largo de su espira que se detecta en la gama audible a partir de dicha frecuencia. Por ello es necesario colocar una plancha antivibratoria de caucho al aislador para desacoplarlo por completo.



### 3.3.- Sistemas de bancadas flotantes muy efectivas

Bancadas de hormigón:



Fotos: realizadas por R. Torres 2002. Hotel SUNWAY Sitges. Humiclíma Est.





#### 4.- INSTALACIONES DE GRUPOS DE PRESIÓN

En este tipo de instalaciones tiene suma importancia para evitar todo tipo de patologías vibroacústicas más un buen diseño de caudales, presiones y trazado de la red de tuberías, que el adoptar un tipo u otro de montaje antivibratorio.

La principal fuente de ruido en bombas se relaciona con los impulsos hidrodinámicos inherentes a todas ellas. Estas pulsaciones están asociadas con la velocidad rotacional de la bomba y el número de sus aspas impulsoras. La frecuencia fundamental de este ruido de bomba es igual al producto de la velocidad rotacional (en ciclos por segundo) y el número de aspas. Además, el ruido de frecuencia alta de las bombas es el resultado de la cavitación producida por la vaporización del agua y el colapso rápido de las burbujas de vapor que son impulsadas por las aspas propulsoras.



Otras fuentes de ruido de bombas que pueden transmitir vibración a su estructura de apoyo y área circundante son las relacionadas con el desequilibrio de los cojinetes del motor, el ventilador de refrigeración del motor, la caja de transmisión y el propulsor desequilibrado.

Se recomienda siempre colocar dichos equipos apoyados elásticamente sobre amortiguadores de caucho metal y sobre bancadas flotantes de hormigón tal como aparecen en la fotografía derecha, en la cual se aprecia como el material que hace de lecho elástico para la bancada sobresale por el lado de la pared para asegurar totalmente que dicha construcción está completamente independizada del forjado y paredes (foto de la derecha).



La emisión de ruido de estos equipos la podemos detectar con facilidad, colocando sencillamente el oído en alguna pared y podremos apreciar una inmisión de sonido tonal en torno a las frecuencias de 250 Hz a 1000 Hz.

Si se mide vibración especialmente las bandas de 31,5 a 63Hz son las que concentran mayor energía.

Si por el contrario no se puede realizar bancada flotante, colocar siempre aisladores metálicos de muelle, con refuerzo de caucho en la base inferior, tal como aparece en la foto.







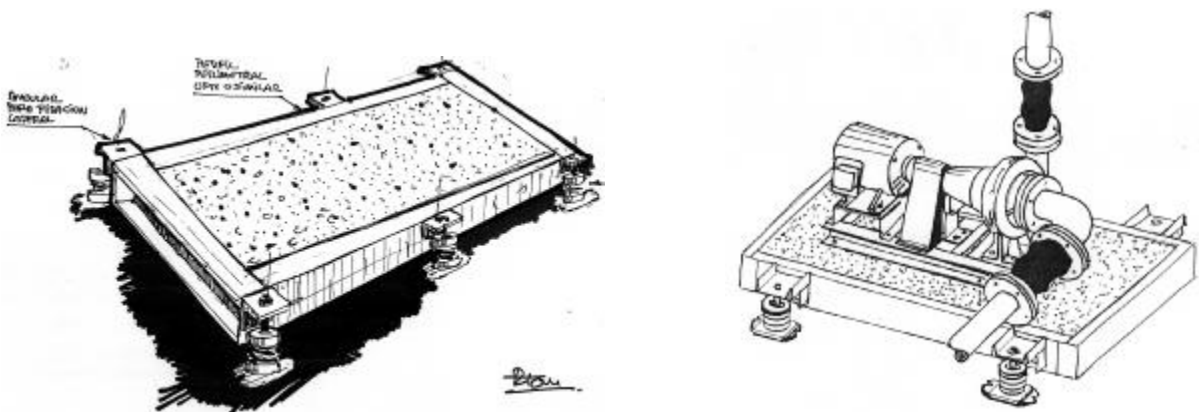
Como ya se ha dicho en puntos anteriores es preciso además que la tubería que las pincha esté debidamente unida elásticamente colocando manguitos antivibratorios de caucho preferentemente de doble onda.



De esta manera podremos aislar fenómenos de cavitación, vibraciones pulsatorias debido al paso de fluido e impactos debido a golpes de ariete.

El montaje antivibratorio más efectivo que garantice su total desolarización es el formado por una bancada flotante de hormigón suspendida elásticamente mediante aisladores metálicos de muelle con flechas de compresión comprendidas entre 15 y 20 mm.

Con esta construcción fijamos la bomba a la bancada directamente y así favorecemos su buen funcionamiento puesto que aportamos mayor estabilidad y mejor reparto de esfuerzos dinámicos que revertirá positivamente en su funcionamiento.



Dibujos: bocetos realizados por R. Torres 1998



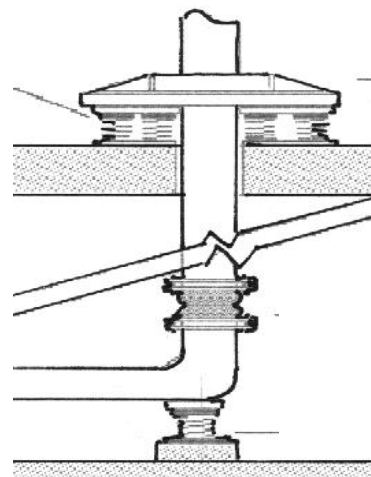
#### 4.1. Tramos de tuberías

Por otro lado no daremos por resuelto este tipo de patologías si nos aseguramos que todo el trazado de tuberías horizontales que peinan los techos, están debidamente suspendidos elásticamente.



En cambio, cuando dichos tramos de tuberías han de apoyarse al suelo deben adoptarse soportes elásticos que garanticen una unión elástica efectiva, para ello tanto el apoyo superior en forma de media luna incorporará un elemento viscoelástico de caucho a modo de manta o alfombrilla antivibratoria.

Para los tramos de tuberías verticales no deben fijarse para nada ni en pilares ni paredes. Deben de diseñarse sistemas de sustentación flotantes, como porterías (ver fotos inferiores ) o similares para asegurar que están desolarizados.



Sin descuidar por último, que los tramos pasantes entre paredes y forjados no deben tocar para así evitar cualquier transmisión de ruido estructural.





No olvidemos que los tramos de tuberías, si son rectos, el ruido resultante del flujo del fluido es relativamente insignificante. Sin embargo cuando hay codos o piezas en forma de " T " y la velocidad es alta, es cuando surgen los problemas de transmisión de ruido. La velocidad media del flujo en un giro en un sistema de tuberías, es la misma que en un tramo recto con la misma área transversal, pero debido a la recirculación que existe en el giro, el fluido puede acelerarse hasta una velocidad muy alta, produciéndose ruido fuerte de cavitación en la parte inferior del giro, donde la presión es menor (mayor velocidad).

#### 4.2.-colectores

Un buen diseño de los colectores permite bajar las turbulencias del fluido y por tanto disminuye la vibración generada en las tuberías. Cuanto mejor flujo laminar se produzca los niveles de vibración serán más bajos. No todo consiste como muchos creen en colocar elementos antivibratorios o cualquier adopción de medida de aislamiento vibratorio. Como en muchos casos deben aplicarse también las técnicas de control, que consisten básicamente en actuaciones en el propio diseño de la maquinaria o instalación

Es conveniente como el caso mostrado en las fotografías que se cambió el colector existente, ya que las molestias ocasionas al vecino de las oficinas del piso inmediato inferior se quejaba de ruido de baja frecuencia. Se sustituyó el montaje antivibratorio existente pero el resultado fue una mejora escasa en 2 dB.



El buen criterio del técnico fue rediseñar el colector (Juan Carlos Arias EMTE) de forma que permitiese hacer más laminar el flujo del fluido reduciendo su velocidad mediante curvas y eliminando codos de 90 grados. La mejora permitió reducir más los niveles iniciales aunque posteriormente se debieron realizar más actuaciones.



## 5.-INSTALACIONES DE CENTRALES FRIGORÍFICAS.

Este tipo de patologías se producen más frecuentemente cuando dichas actividades se emplazan en la planta baja de los edificios de viviendas. Por lo general sus salas de máquinas las sitúan en sótanos especialmente diseñados acústicamente.

Aún y todo, a veces ocurre que llegan quejas de los vecinos de las plantas superiores que tienen molestias de ruido especialmente a altas horas de la noche. Si se tiene la oportunidad de medir ruido y vibraciones en alguna de las viviendas afectadas se puede observar que el espectro sonoro concentra especialmente su energía en torno a las frecuencias entre los 25 Hz y 63Hz y que coinciden con picos acusados en la medición de niveles de vibración.

La conclusión más clara es que se produce por la instalación de frío industrial ya que ha de estar en servicio las 24 horas del día. Además la frecuencias coinciden con las de servicio tanto de los motores como la de los compresores de las plantas enfriadoras.

### 5.1.- Montaje antivibratorio inadecuado

En estos casos lo primero que hay que ver es el tipo de montaje antivibratorio que se ha adoptado. Por lo general es frecuente ver colocados amortiguadores de caucho metal (como aparece en las fotos) seleccionados con el buen criterio por parte del instalador para así evitar que las unidades instaladas sean lo más estables posibles de esta manera la tubería de cobre existente sufriría lo mínimo posible con el fin de evitar fugas.

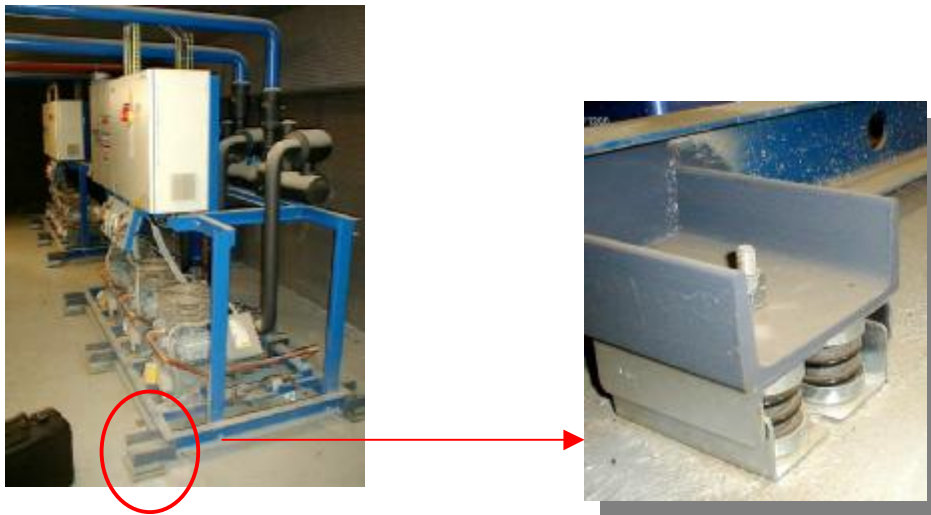






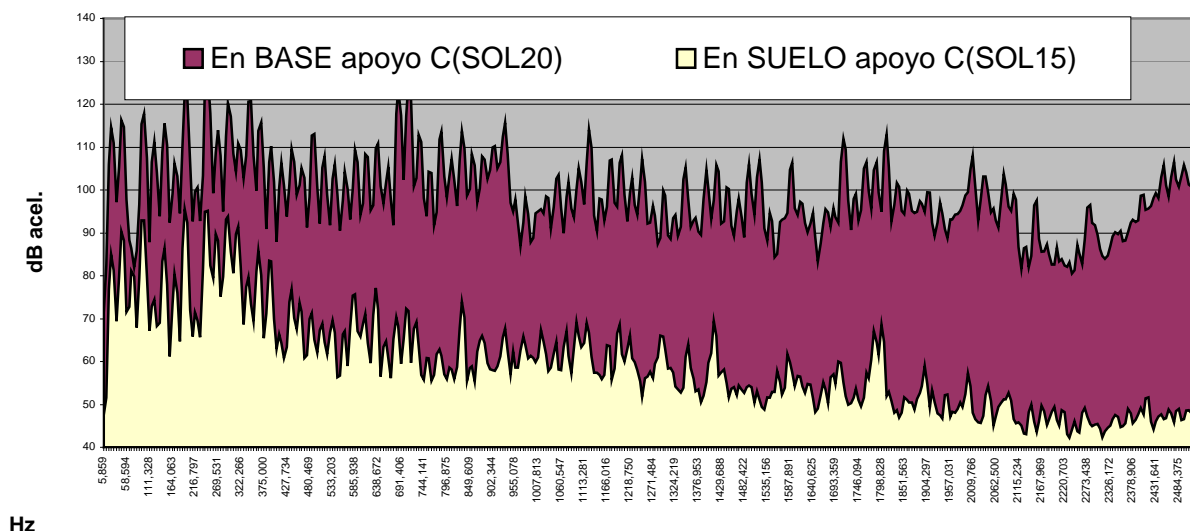
La frecuencia natural de los amortiguadores de caucho se sitúa entre los 10 a 20 Hz, por tanto muy próxima a las de giro tanto de motores como compresores, así cabe esperar que su afectividad para estos casos es precaria o nula.

En estos casos una vez más es recomendable utilizar aisladores metálicos de muelle con la particularidad de que estén blindados, es decir, que las bases de dichos aisladores posean algún dispositivo que permita limitar su balanceo lateral tal como aparece en las fotos adjuntas.



Si efectuamos una medición de los niveles de vibración en la base de la planta enfriadora en uno de sus apoyos y posteriormente en el suelo podemos comprobar la efectividad resultante. El aislamiento producido es de unos 20 dB.

Central frigorífica1 c/compresores 1.2 y 1.3





## 5.2.- transmisión de ruido estructural a través de conducciones y tuberías.

Si el montaje antivibratorio ya es correcto y persisten las inmisiones de ruido estructural con niveles aún molestos, entonces la causa puede deberse además a como está fijado el tramado de tubería a lo largo de todo el edificio.



Debe asegurarse que todas las fijaciones de tuberías están completamente desolarizadas mediante uniones elásticas y especialmente interponer “flexos” o elementos elásticos que eviten la vibración del paso de fluido. Es frecuente ver flexos de longitud entre 20 o 50 centímetros de largo, pero como aparece en la foto anterior, fue preciso colocar varios metros para solventar el problema que se planteaba de transmisión vibroacústica.

Por eso es recomendable que además de realizar uniones flexibles en todas la fijaciones de tuberías, se utilicen flexos pero evitando tramos rectos, preferentemente con formas a modo de liras para así que la propia tubería haga de amortiguador de las vibraciones que se generan por el paso de fluido.





## 6.- INSTALACIONES DOMESTICAS Y COMERCIALES

### 6.1.- Splits y unidades condensadoras

Como introdujimos lo sucedido al Sr. Lluch en el apartado 2, el motivo más probable de su queja era un problema de transmisión de vibraciones mecánicas de la unidad condensadora que al ser fijada rígidamente en la fachada de la vivienda del vecino, se transmite por todo su alrededor radiando un sonido estructural en tonos bajos (16 Hz a 63Hz) .

Pero también es cada vez más frecuente que la causa se deba o bien a un montaje incorrecto en el cual aún existe contacto estructural (foto izquierda) o bien que uno de los aisladores se ha roto y provoca que el apoyo al vibrar realice un golpeteo constante y bastante ruidoso.



Fotos Realizadas por R. TORRES ; Patologías de amortiguadores de caucho-metal mal fabricados o diseñados.

Además últimamente suele realizarse montajes de acondicionamiento de aire para todo un edificio de viviendas mediante unidades autónomas partidas, de esta forma cada vecino su consume es independiente del de los demás propietarios.





Bajo estas circunstancias suelen instalarse todas las unidades condensadoras en la cubierta originando últimamente asiduas quejas de los vecinos de áticos por molestias de ruido.

El motivo es que al empotrar mediante bastidores normalizados dichas unidades aún colocando antivibradores en número de fuentes suele ser tan numeroso que la inmisión de niveles vibratorios es muy intensa. Por ello en estas situaciones debe buscarse otra ubicación (suele colocarse encima del casetón del ascensor) y recomendable no fijar a paredes si no realizar una bancada debidamente aislada que los soporte a todas ellas.



Foto Realizada por ALDOVIER: Losas flotantes modulares "LOSAS Q" patentadas por I. J. Jackson

## 6.2.-Pequeñas instalaciones comerciales y bares.

Toda actividad comercial dedicada a la restauración o la alimentación precisa de instalación térmica para la conservación de los alimentos por un determinado espacio de tiempo en el cual se mantengan totalmente sus propiedades sin deterioro alguno.

Una patología común se origina cuando algún vecino de alguna vivienda situada en la última planta del edificio se queja de ruido mientras que los vecinos situados entre plantas no se quejan tanto aunque con el tiempo al hablar entre ellos la queja finalmente será generalizada materializándose finalmente en denuncia al departamento de medio ambiente del ayuntamiento correspondiente.

El motivo es meramente estructural común en todos los edificios como respuesta a una excitación dinámica. La vivienda del ático no está sometida a cargas como los situados por debajo de él por ello sus niveles de amplitud de vibración son más elevados. Si hacemos un símil de una varilla delgada empotrada en uno de sus extremos en el suelo, podemos observar que si la desplazamos con el dedo en su otro extremo libre, esta oscilará como un péndulo. Pues bien, la amplitud de vibración es apreciablemente mucho mayor en el extremo libre que en cualquier otro punto inferior de ella .



## 7.- CONCLUSIONES

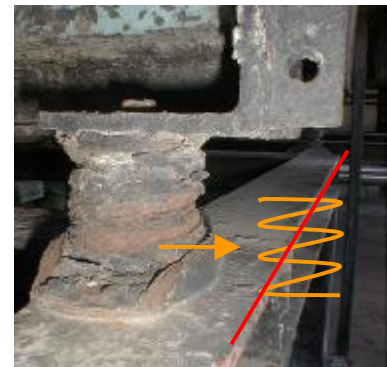
Siempre es aconsejable aplicar criterios y medidas de control y aislamiento de vibraciones ya desde proyecto, puesto que actuaciones posteriores pueden ser muy costosa y en ocasiones no pueden conseguirse los resultados deseados.

Las medidas de aislamiento de vibraciones en instalaciones térmicas se ha de adoptar no solamente a las unidades fundamentales, plantas enfriadoras, roof-top, climatizadores, etc., si no a todo su entramado de tuberías e instalaciones complementarios menores. Debemos desolarizar totalmente la instalación de los elementos estructurales para evitar problemas de transmisión de ruido estructural, no sirve de nada actuaciones parciales.

Los elementos antivibratorios probados más eficaces son aquellos que poseen una frecuencia natural situada en torno a los 6 Hz, por tanto ello implica en utilizar preferentemente los aisladores metálicos de muelle que los amortiguadores de caucho o caucho-metal. Los amortiguadores de caucho especialmente las planchas o mantas antivibratorias complementan los montajes antivibratorios con aisladores de muelles especialmente a partir de las 50 Hz.

No todo consiste en adoptar medidas de aislamiento de vibraciones, si no que las técnicas de control centradas en cambios de diseño como en el caso de colectores en tuberías son eficaces.


Es fundamental realizar un seguimiento periódico del estado de las instalaciones. No hay que olvidar que las máquinas e instalaciones al funcionar en el transcurso del tiempo, aparecerán nuevas fuerzas perturbadoras debido a deformaciones, desalineaciones, etc., que producirán cambios en sus propiedades dinámicas, y que se traducirán de forma manifiesta con incrementos de sus niveles de vibración al igual como si se tratase de una subida de fiebre que padece una persona ante una patología manifiesta.



Fuente: GYMSA central LA CAIXA  
2002

## AGRADECIMIENTOS

- A todos los técnicos instaladores que he tenido el honor de trabajar con ellos y que han depositado en mí su confianza y a los cuales les debo gran parte de mis conocimientos sobre la materia.
- Al Doctor Robert Barti jefe del departamento de Acústica y acondicionamiento acústico de Ingeniería La Salle perteneciente a la Universidad Ramón Llull. Por ser un amigo y excelente profesor mio.

<p>Buenas Vibraciones En Instalaciones Térmicas</p> <p>Ed:1ª 6/05</p>	<p>Artículo Técnico Instalaciones Térmicas</p>	 <p>FT-BV IT</p>
---	--	--

## BIBLIOGRAFÍA

(1) **Rafael Torres del Castillo:** -“Soluciones para el aislamiento de vibraciones adaptadas al reglamento de instalaciones termicas en edificios (RITE) y sus instrucciones complementarias”-. Ponencia presentada en Jornadas Técnicas CLIMATIZACION 2001

(2) **Josep Maria Corretger:** Presidente de ACTECIR: -“Presentación a las Jornadas “Impacto ambiental acústico en espacios interiores y exteriores de las instalaciones de climatización y sanitarias de los edificios”.-19/11/02.

(3) **Rafael Torres del Castillo:** Apuntes sobre- “Técnicas de Aislamiento de Vibraciones”- Impartida en el curso 2000-2001 en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Terrassa de la UPC.

(4) **Cyril M.Harris:** Manual de medidas acústicas y control del ruido. Mc Graw Hill tercera edición 1995

(5) **Fernando Bolaños:** -“Mantenimiento predictivo de maquinaria análogo a la medicina”- Ingeniería Química –Octubre 1995.

(6) **Higini Arau:** ABC de la Acústica Arquitectónica. Ediciones CEAC 1999.

(7) **Mark E. Schafer:** -“ A practical guide to Noise and Vibration Control for HVAC systems -“ Ed. ASHRAE 1993.

