

# SÍNDROME DEL EDIFICIO ENFERMO. RUIDO Y VIBRACIONES COMO FACTORES DE RIESGO.

*M.Sc. Ing. LUIS FELIPE SEXTO\**  
[felipe@ceim.cujae.edu.cu](mailto:felipe@ceim.cujae.edu.cu)

Centro de Estudio de Innovación y Mantenimiento (CEIM / CUJAE)  
Telf.: (537) 267 1872 y (537) 267 9074 Fax.: (537) 267 2046  
Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echeverría"  
Ciudad de La Habana. Cuba

## Resumen: \_\_\_\_\_

El Síndrome del Edificio Enfermo resulta un fenómeno identificado conscientemente en los últimos veinte años. Es provocado por agentes químicos, físicos, biológicos y ergonómicos. Frecuentemente el Síndrome tiene lugar debido a una combinación de factores, relacionados con la estructura, instalaciones y equipos del edificio. No afecta a todos los ocupantes por igual. Constituye un conjunto de síntomas diversos que presentan las personas en las edificaciones y que no suelen ir acompañados de ninguna lesión orgánica. El ruido y las vibraciones constituyen dos de los contaminantes físicos que más afectan a los ocupantes de estas construcciones. Este trabajo aborda la influencia del ruido y las vibraciones en los edificios y la influencia potencial que pueden ejercer sobre sus moradores. Se exponen detalles de un caso de estudio, donde queda reflejado el impacto social y económico de estos contaminantes físicos sobre un centro turístico. Además, se brindan algunas pautas para mitigar el alcance y los efectos de la contaminación vibroacústica.

**Palabras Claves:** Ruido, vibraciones, contaminación, salud, mantenimiento.

## 1-INTRODUCCIÓN \_\_\_\_\_

La Organización Mundial de la Salud (**OMS**) reconoce y define al Síndrome del Edificio Enfermo como el conjunto de síntomas diversos que presentan las personas en estos recintos y que no suelen ir acompañadas de ninguna lesión orgánica. Sin embargo, el autor considera que una definición más precisa del problema la propone la Asociación Catalana de Empresas Especializadas en el Síndrome del Edificio Enfermo (**ACESEM**). Estos últimos definen al Síndrome como el conjunto de síntomas causados por agentes químicos, físicos, biológicos y ergonómicos, con frecuencia relacionados con la estructura, distribución, instalaciones y equipamiento del edificio, con relación temporal con el mismo y causas no siempre evidentes. No afectando a la totalidad de los ocupantes.

Las causas más frecuentes se manifiestan clasificadas en los tres grupos que se exponen a continuación:

**Biológicas:** incluye virus, hongos, bacterias, insectos, ácaros, desechos orgánicos, patógenos, alergenicos, polvo.

**Químicas:** incluye compuestos orgánicos volátiles, formaldehídos, pesticidas, plomo, ozono, gases, dióxido de carbono, monóxido de carbono, humo del tabaco.

**Físicas:** incluye ruido, vibraciones, iluminación deficiente o incorrecta, radiación, ventilación y climatización inadecuada.

Los principales síntomas que presentan quienes habitan o trabajan en un edificio enfermo son fatiga o decaimiento, picazón; irritación de la piel, los ojos, la nariz o la garganta; dolor de cabeza, náuseas, asma, infecciones, insomnio y otras. Pese a que generalmente no representa un riesgo grave, el Síndrome del Edificio Enfermo causa una serie de problemas de salud que dificultan el trabajo y provocan numerosas bajas laborales.

El análisis de este problema que afecta a las edificaciones tiene su base en las soluciones que se plantean para evitar o atenuar el impacto ambiental provocado por diferentes contaminantes. Este trabajo analizará exclusivamente la influencia del ruido y las vibraciones como parte importante del gran conjunto de factores de riesgo y causas que apuntan a señalar como enfermo a un edificio, teniendo en consideración que la contaminación acústica es un fenómeno que aumenta cada año a escala global según lo manifiestan las demandas de la población y la cantidad de leyes, ordenanzas, reglamentos y normas que existen, a propósito, en gran cantidad de países. Las edificaciones deben prever la protección sonora ante el impacto del ruido provocado por los medios de transporte fundamentalmente (entiéndase tráfico vial, ferroviario y aéreo), también debe proteger a los que trabajan o viven en los edificios de las fuentes internas y el resto de las externas que pudieran ser posibles.

## 2-EFECTOS SIGNIFICATIVOS DEL RUIDO Y LAS VIBRACIONES \_\_\_\_\_

El ruido es uno de los contaminantes que más afecta a las comunidades. Los efectos que provoca han sido estudiados con profundidad. Sin embargo, no resulta ocioso mencionar algunos de los efectos principales, aunque sea de manera extremadamente simplificada. El ruido es causa directa de la **hipoacusia** (o pérdida auditiva irreversible, reconocido este efecto como enfermedad profesional). En el ámbito comunitario tiene lugar el fenómeno conocido por **socioacusia**, que consiste en la pérdida irreversible, y progresivamente, de la capacidad de escuchar, debido al ruido generado por determinado ambiente social y asimilado durante años. Es también responsable de transformaciones fisiológicas y psicológicas en el organismo que se manifiesta en afectación directa de la calidad de vida y en el comportamiento.

El ruido interfiere en la comunicación, provoca trastornos en el sueño, en la presión y composición química de la sangre, en el funcionamiento cardíaco, en el desarrollo fetal y en los órganos de fonación. También, propicia la pérdida de la atención y la disminución del rendimiento en el trabajo. Además, es causa de estrés y de la consiguiente disminución del sistema defensivo del organismo humano.

Por su parte las vibraciones son todas aquellas oscilaciones mecánicas que son emitidas por una fuente utilizando uno o varios medios de propagación y que pueden afectar a los seres vivos. El efecto de las vibraciones en el ser humano se condiciona a variedad de factores físicos, así como a la posición de la persona expuesta (de pie, acostada...). Al igual que con el ruido, las vibraciones pueden caracterizarse en función de las frecuencias que contenga la señal vibratoria (o sonora), las amplitudes a esas frecuencias y el tiempo de exposición.

En el caso de un edificio, el efecto de las vibraciones tiende a romper con la condición de comodidad debido al insuficiente aislamiento de las fuentes generadoras de vibraciones y ruido, tales como motobombas, sistemas de aire acondicionado, elevadores, sanitarios, ruidos de la calle, ruido de aviones, etc. En ambientes industriales las vibraciones son causa de múltiples enfermedades del sistema osteomuscular, pero ello ocurre cuando los niveles y la exposición a las oscilaciones logran valores no alcanzables normalmente en la vida comunitaria.

## 3-AISLAMIENTO DE VIBRACIONES \_\_\_\_\_

Todas las máquinas vibran y por tanto transmiten oscilaciones a la estructuras sobre las que descansan (pisos, paredes, tuberías...). Una parte del ruido estructural se convierte, por radiación,

en ruido aéreo. De manera que el correcto aislamiento de las vibraciones es una forma de atenuar los niveles de ruido, que es capaz de generar una máquina.

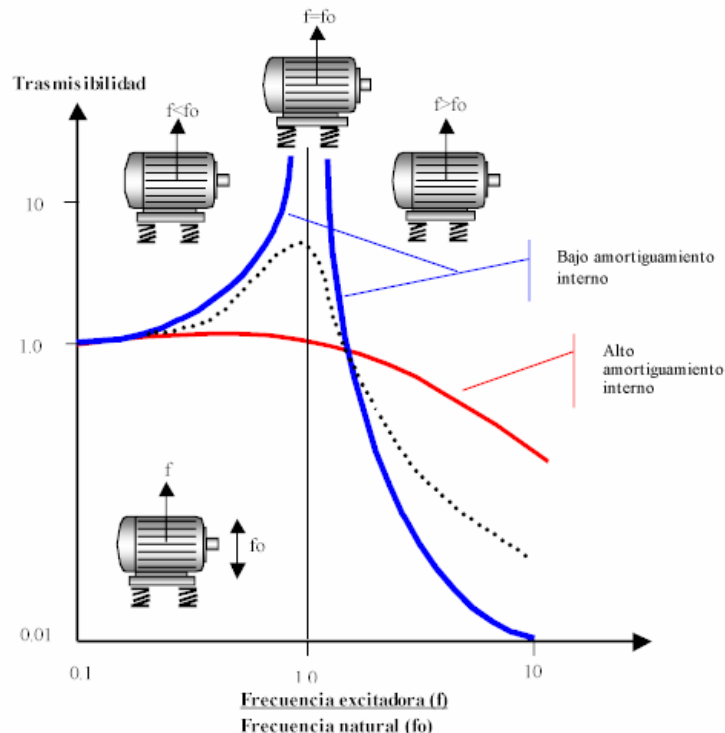
Con el aislamiento se pretende impedir que las vibraciones de una máquina pasen al suelo (y se propaguen), o visto desde otro punto, evitar que las vibraciones de otros equipos no se transmitan a alguna máquina sensible. El aislamiento es más efectivo cuando la estructura sobre la que descansa la máquina (y a la cual se quiere evitar pasen las vibraciones), tiene suficiente masa y rigidez, para evitar, en un caso, las resonancias, y en otro las deformaciones indeseables.

Generalmente, para reducir la transmisión de vibraciones de la máquina a la base (o viceversa). Se pueden aplicar las siguientes acciones (debidamente explicadas en la bibliografía existente al respecto):

- Montaje de la máquina sobre calzos antivibratorios (ello implica el cálculo y selección de dichos calzos).
- Preparación de una base adecuada en cuanto a masa y rigidez.
- Utilizar juntas flexibles en los sistemas de tuberías, siempre que sea posible.

La **figura 1**, muestra el grado de transmisión de las vibraciones de un equipo con relación a la frecuencia de excitación  $f$  (a aislar) y la frecuencia natural del sistema  $f_0$  (inherente a la máquina), empleando calzos con diferente amortiguación. Obsérvese que el comportamiento aislante es muy favorable cuando la frecuencia a aislar ( $f$ ) es, como mínimo, 10 veces la frecuencia natural de la máquina, para calzos con bajo amortiguamiento interna.

**Figura 1. Trasmisibilidad de las vibraciones según el material de los calzos y la frecuencia a aislar.**



En la práctica, muchas veces, es posible emplear un modelo masa (máquina y, eventualmente, una placa base unida a ella rígidamente) y resorte (calzo) de un solo grado de libertad. Se evidencia que, cuando  $f < f_0$  no hay aislamiento (trasmisibilidad es igual a 1); cuando  $f = f_0$  ocurre la resonancia en la máquina, incrementándose la amplitud de las vibraciones y por tanto aumentando

la trasmisibilidad de las vibraciones a la fundación. Cuando  $f \gg f_0$  se obtienen los mejores resultados en el aislamiento, utilizando calzos con baja amortiguación interna. De aquí se deduce que los materiales con alta amortiguación interna no mejoran el aislamiento. Sin embargo, pueden resultar muy útiles para reducir la amplitud de las vibraciones en caso de resonancias u otras vibraciones indeseadas.

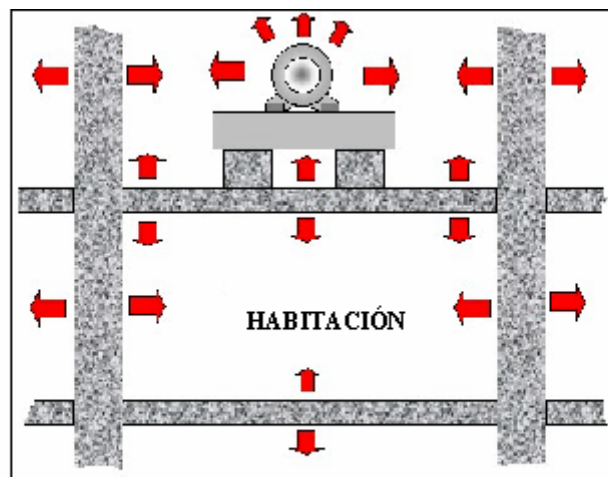
Los problemas más serios de propagación de vibraciones y ruido en edificaciones, a los que se han enfrentado los especialistas del Centro de Estudio de Innovación y Mantenimiento (CEIM) de Cuba, están asociados con el incorrecto aislamiento de las instalaciones técnicas de los edificios. Esto, debido fundamentalmente al incumplimiento de recomendaciones de la acústica arquitectónica, a deficiencias de montaje relacionadas a la no previsión del impacto sonoro de las tecnologías que se adquieren y al deficiente mantenimiento de las mismas.

#### 4-UN CASO DE ESTUDIO

---

El siguiente análisis de caso refleja una situación que están manifestando gran cantidad de edificaciones modernas. Es un caso típico de contaminación sonora causada por la propagación aérea y estructural del ruido generado por los equipos de climatización. Esta situación manifiesta el perfil de los costos que puede generar el fenómeno de invasión acústica de un recinto.

Con relación a esto último, se tiene el ejemplo de un importante hotel cinco estrellas de La Habana, donde resaltan las consecuencias de no valorar en su justa magnitud el diseño de un proyecto acústico certero; al colocarse, justo encima de un ala habitacional, que abarca diez aposentos, parte del sistema de bombeo y 32 compresores recíprocos (de los más ruidosos) distribuidos en cuatro enfriadoras. La solución no resulta una novedad ni, mucho menos, un disparate de proyecto. Sin embargo, se convierte en tal, al no haberse considerado las respectivas y correspondientes soluciones de aislamiento. El resultado se manifiesta nítidamente a través de una severa propagación de ruido aéreo y estructural, generados continuamente por las máquinas, según se representa en la **figura 2**.



**Figura 2. Propagación de ruido aéreo y estructural en el hotel**

Los ruidos corrientes dentro de una instalación hotelera se pueden subdividir en cinco categorías y, en esencia afectan a cualquier edificación:

1. Ruidos provocados por el hombre (hablar, gritar, cantar).
2. Ruidos de los equipos de comunicación y recreo (teléfono, televisor, radio, nevera).

3. Ruidos de los equipos de limpieza y mantenimiento (aspiradoras, taladros, sanitarios).
4. Ruidos de instalaciones técnicas (sistema de climatización o calefacción, sistemas de bombeo, sistemas de refrigeración, sistemas de elevación).
5. Ruidos provenientes de fuentes exteriores al inmueble (vehículos, zonas de recreo adyacentes).

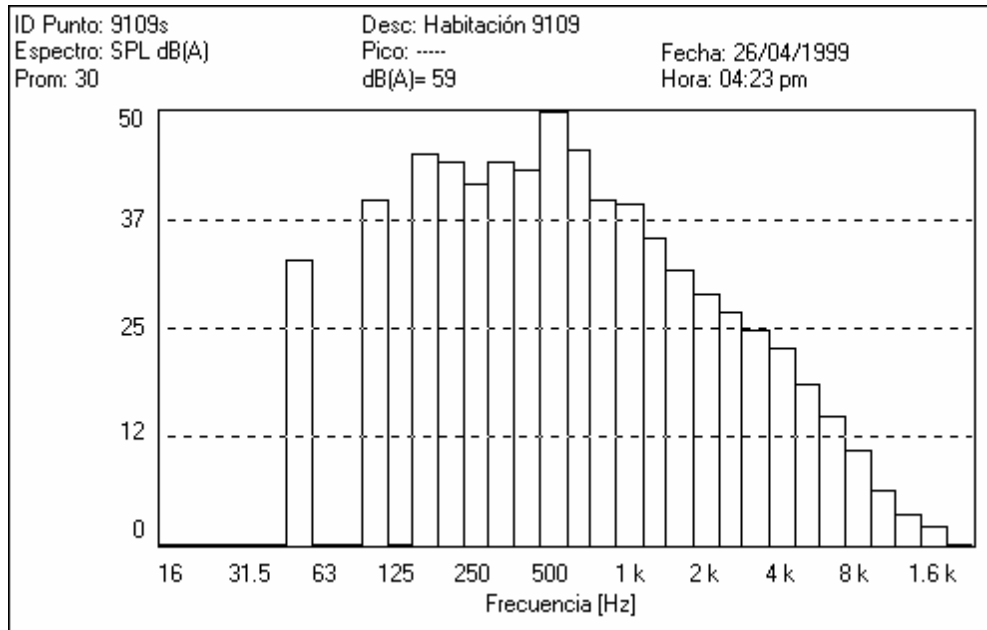
Es conocido que la categorización de una instalación turística depende de la cantidad y calidad de los servicios que vende. A más cantidad de estrellas se supone superior la comodidad y el lujo que se oferta. Consecuentemente, el cliente ha de pagar precios altos. En concordancia con lo anterior, puede afirmarse que una valoración decisiva del hotel pasa por la respuesta de si los huéspedes tienen (o no) garantizado un descanso sin molestias. Las medidas de protección necesarias tienen que considerar tanto las fuentes externas de ruido, como las internas. En el caso de las fuentes internas es preciso considerar, en primera instancia, el impacto de las instalaciones técnicas.

Normalmente, no es fácil cuantificar con claridad los daños económicos causados por el ruido. Se conoce que provoca daños, pero el control monetario de estos se convierte en una pista difícil de seguir. ¿A cuánto ascienden las pérdidas del hotel debido a las habitaciones inhabilitadas? En su aspecto principal se dará respuesta al problema utilizando un indicador seguido en la instalación turística.

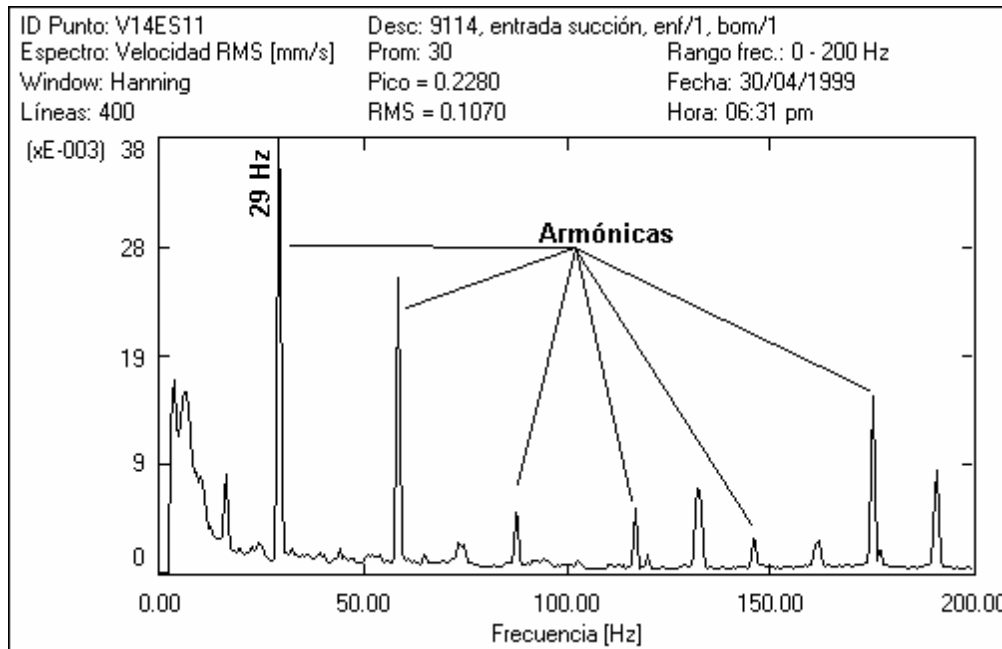
Tomando como punto de partida el **porcentaje de ocupación promedio anual** de la instalación (PO), que es igual al 70%, es posible estimar pérdidas directas provocadas por ruido. Las pérdidas mínimas se pueden estimar a partir del porcentaje ocupacional promedio. Las máximas, se obtendrán para un PO=100%. El índice de ocupación nos aporta el grado de utilización de las habitaciones del hotel durante un período determinado. En este caso, para un año. Significando, en el ejemplo, que las habitaciones se mantienen ocupadas como promedio ocho meses y medio; y libres, tres meses y medio. Para cuatro de las habitaciones afectadas se pueden deducir pérdidas, solo por indisponibilidad habitacional, superiores a los **USD 270 000 (!)**. Justamente, el dinero que se hubiera ingresado si se hubieran podido ocupar las habitaciones durante el 70% del tiempo. Este impresionante valor conlleva a un costo promedio por habitación afectada que se eleva a **USD 67 500**. Esto sin incluir el costo de estudios y alternativas para el control y aislamiento del ruido y las vibraciones, el costo de las soluciones constructivas que es preciso ejecutar, el costo de deterioro a la imagen corporativa... Y otros. En la **figura 3** puede observarse el registro sonoro, en el dominio de las frecuencias de una de las habitaciones afectadas.

En la **figura 4** se observa un espectro donde resulta interesante el comportamiento de las vibraciones medidas en una vigueta del techo de una de las habitaciones afectadas. Se observa que además de que el nivel dominante tiene lugar a la frecuencia de operación de los compresores ubicados encima del recinto, se puede apreciar el efecto de múltiples armónicas, inducido por las propias vibraciones de los compresores. Todo lo cual evidencia la falta de aislamiento de las vibraciones que se transmiten sin dificultad aprovechando la estructura de la obra civil. Encontrando en las paredes que separan a las habitaciones, superficies radiantes que convierten el ruido estructural en ruido aéreo que contamina la habitación.

Como elemento importante que puede deducirse del espectro se encuentra la frecuencia fundamental de 29 Hertz, que es preciso aislar y cuya operación no fue contemplada durante la etapa de ejecución del proyecto. El problema está dado porque el rango fundamental de resonancia de los órganos del cuerpo humano se encuentran alrededor de los 5 Hertz y entre los 12 y los 30 Hertz, en dependencia de las características de la vibración y de la forma que la recibe el que se expone (vibraciones verticales u horizontales). Para frecuencias mayores de 30 Hertz las vibraciones no penetran profundamente en el organismo, ya que este es capaz de amortiguarlas con la acción de la piel, los músculos y los ligamentos.



**Figura 3. Espectro de ruido en una habitación (en tercios de octava).**



**Figura 4. Espectro de vibraciones registrado en el techo de una habitación.**

La Organización Mundial de la Salud (**OMS**) recomienda un nivel de ruido en interiores de **30 dBAeq**. Admite niveles máximos aislados al dormir que oscilan entre **40 y 45 dBA**. Lo anterior es válido para habitaciones de hoteles, puesto que se trata de garantizar un descanso sin molestias. En la **Figura 5** se aprecia una vista en planta de las habitaciones afectadas sus respectivos niveles de ruido y los valores de vibraciones (Nivel Total de Desplazamiento Pico-Pico). Es preciso aclarar que se trata de ruido constante que se percibe con evidencia y resulta muy molesto. Los niveles sonoros registrados se encuentran muy lejos de poder cumplir con los criterios aceptados.

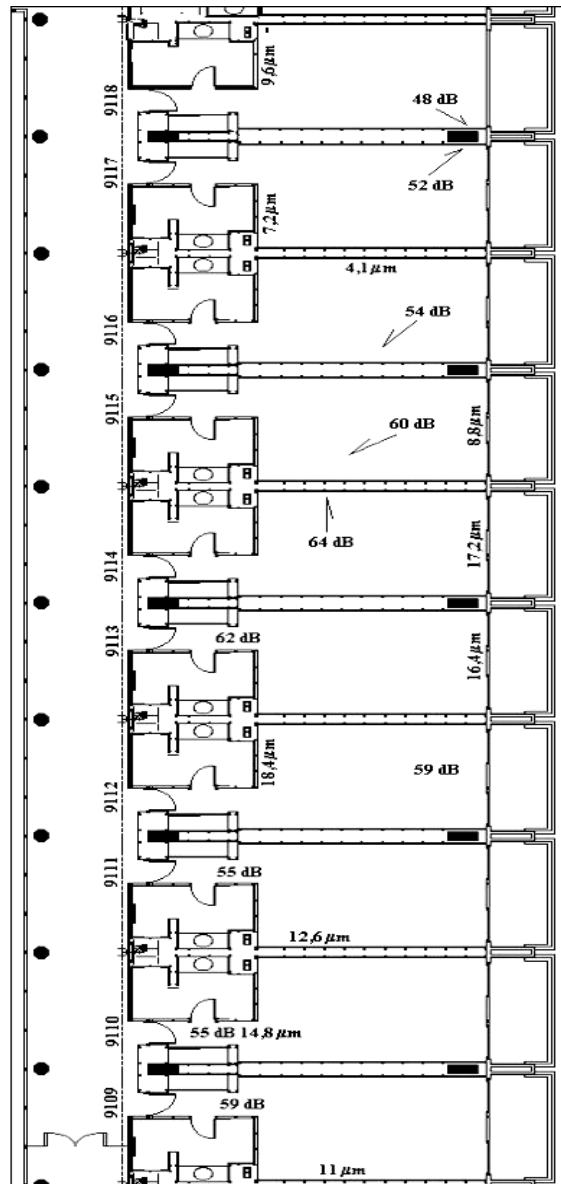


Figura 5. Vista en planta de las habitaciones afectadas acústicamente.

## 5-LA PREVENCIÓN

Al realizarse la operación de seleccionar las máquinas que conformaran las instalaciones técnicas de un edificio se puede (y se debe) solicitar a los posibles suministradores, que junto a la documentación técnica de las máquinas, se adjunte la **Declaración de Emisión de Ruido (DER)** de cada equipo. Este documento es la base para el pronóstico del impacto sonoro que provocarán los nuevos equipos y las medidas posibles a ejecutar, antes de que se instalen. En la norma ISO 4871, se define el método para verificar los valores de emisión de ruido dados por el fabricante en la declaración. Especial énfasis se requiere en la selección, montaje y mantenimiento de las máquinas climatizadoras y sus conductos.

Un aspecto muy importante lo constituye el diseño arquitectónico, considerando las características de proyecto urbanístico donde se va a insertar. Se precisa tener identificadas las principales fuentes de ruido y vibraciones que puedan afectar y tener estimaciones del alcance de dichas fuentes vibroacústicas. La selección correcta de materiales (absorbentes y/o aislantes), según sea la necesidad, unido al fraccionamiento de las vías de propagación y la ubicación racional de los locales según su utilización garantizan un desempeño positivo para disminuir o erradicar la contaminación vibroacústica.

El cumplimiento de las reglas de la acústica arquitectónica, contar con normas y procedimientos afines ya preparados, contribuyen a no cometer errores en la fase de proyecto. Un factor no despreciable es el hecho de poder disponer de legislaciones nacionales o territoriales que establezcan, sobre bases realistas, los niveles sonoros permisibles para cada zona y horario, tanto en el exterior como en el interior de las edificaciones.

El desarrollo de la cultura ambiental en el ámbito comunitario ayuda en el enfrentamiento a la propagación de los diferentes contaminantes. Indudablemente, un ejemplo de la necesidad de una cultura ambientalista se manifiesta en la gran afectación que causa la contaminación sonora en gran cantidad de países. Esto se liga con los problemas de convivencia, comunicación y nivel cultural de los habitantes de diferentes sociedades. Por ejemplo, en la Comunidad Económica Europea el ruido ocupa el segundo lugar en incidencia dañina, entre el resto de los contaminantes. En Francia y Japón el primer lugar. Según la **OMS** el ruido presente en las oficinas es causa del trabajo mal hecho, la pérdida de tiempo y el desperdicio de materiales, costando a Estados Unidos más de 6 millones de dólares diarios (sin contar las reclamaciones). En 1989 un estudio realizado en zonas residenciales de ciudad de La Habana reflejó que el ruido era el factor que más afectaba a la población, tanto en el hogar como en el trabajo. Los niveles superaban con creces lo permitido por la higiene y las normas nacionales.

## 6-CONCLUSIONES

---

El ruido y las vibraciones son dos de los contaminantes físicos que con mayor asiduidad e influencia afectan a los moradores de las edificaciones. El Síndrome del Edificio Enfermo está asociado con la afectación del bienestar y la salud de un porcentaje de los que habitan o trabajan en estas construcciones. La calidad ambiental en el interior de los edificios queda determinada por las condiciones de proyecto, construcción, selección, instalación y mantenimiento del equipamiento; fundamentalmente los sistemas de climatización. Una vez que la obra se termina, es el mantenimiento la función que tendrá que asumir las insuficiencias acústicas no consideradas durante las fases de proyecto e inversión. Las faltas de la edificación no corregidas en las etapas de proyecto e inversión pueden ser muy difíciles de revertir técnica y económicamente una vez que la obra se ejecuta. Para prever el impacto del ruido y las vibraciones en un edificio es necesario considerar las diferentes fuentes generadoras de ruido (tanto las internas como las externas), el camino de propagación, los materiales empleados y su disposición y el aseguramiento del control y aislamiento de la fuente o del receptor.

## 7-REFERENCIAS

---

- Sexto, Luis Felipe. Seguridad industrial y minera: aspectos estratégicos para el control pasivo de ruido (Ponencia presentada en el 1er Congreso peruano de Ingeniería de Mantenimiento Industrial, Eléctrico y Minero. Lima, Perú, mayo del 2001).
- Cruceta, Gloria. Calidad ambiental en el interior de los edificios. Novedades normativas. Mantenimiento (España) 25-31, octubre del 2000.).

- Cuba. Centro de Estudio de Innovación y Mantenimiento. División de Ingeniería de las Vibraciones, Ruido y Diagnóstico. Estudio y alternativas para el aislamiento y control de vibraciones en el hotel xxxx xxxxx (informe confidencial código IAT-HMH 040499, 1999).
- ISO/TR 11688-2: 1998 ACOUSTIC. RECOMMENDED PRACTICE FOR THE DESIGN OF LOW NOISE MACHINERY AND EQUIPEMENT. PART 2: INTRODUCTION TO THE PHYSICS OF LOW NOISE DESIGN.
- ISO 11690-1: 1996 ACOUSTIC. RECOMMENDED PRACTICE FOR THE DESIGN OF LOW NOISE WORKPLACES CONTAINING MACHINERY. PART 1: NOISE CONTROL STRATEGIES.
- ISO 11690-2: 1996 ACOUSTIC. RECOMMENDED PRACTICE FOR THE DESIGN OF LOW NOISE WORKPLACES CONTAINING MACHINERY. PART 2: NOISE CONTROL MEASURES.
- CUBA. INSTITUTO DE PROTECCIÓN E HIGIENE DEL TRABAJO. MEDICIÓN Y VALORACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL RUIDO Y LAS VIBRACIONES EN EL HOMBRE. COMITÉ ESTATAL DEL TRABAJO Y SEGURIDAD SOCIAL, 1989.
- Cuba. Centro de información de la Construcción. Selección de artículos No. 10 (Publicación trimestral, octubre de 1989).
- Noise Control. Principles and Practice. Brüel&Kjaer. 2<sup>nd</sup> edition. Naerum offset. Denmark, 1986.
- KURTZE, GÜNTER Y OTROS. FÍSICA Y TÉCNICA DE LA LUCHA CONTRA EL RUIDO. EDICIONES URMO, BILBAO, 1972.

---

\*M.Sc. ING. LUIS FELIPE SEXTO

Graduado en la especialidad de Diseño Mecánico, 1992; de Ingeniero Mecánico, 1998 y Máster en Ingeniería del Mantenimiento, 2003; en el Instituto Superior Politécnico “José Antonio Echeverría” (CUJAE) de La Habana. Ha desarrollado asesorías técnicas e investigaciones vinculadas con la introducción de tecnologías predictivas en empresas cubanas pertenecientes al Ministerio de la Industria Básica, el Ministerio de Alimentación y el Ministerio de Turismo. Ha participado como ponente en varios eventos y congresos dentro y fuera del país. Ha realizado trabajos en el campo de la contaminación acústica, el diagnóstico vibroacústico, la alineación por láser y la implantación de sistemas de calidad. Tiene publicados varios artículos de divulgación científico-técnica en revistas nacionales e internacionales de prestigio. Actualmente trabaja como profesor y especialista del Centro de Estudio Innovación y Mantenimiento, perteneciente a la CUJAE. Es coordinador, y uno de los fundadores, de la lista de distribución electrónica cubana sobre mantenimiento: CubaMan. Es miembro de la Unión Nacional de Arquitectos e Ingenieros de la Construcción de Cuba (UNAICC); de la Sociedad de Ingenieros Mecánicos, Eléctricos e Industriales (SIMEI). Forma parte de la directiva del Comité Técnico Nacional de Mantenimiento de la UNAICC y del Comité Técnico Nacional de Normalización de Vibraciones y Acústica, perteneciente a la Oficina Nacional de Normalización. Fue nombrado Coordinador Regional de Cuba ante el Comité Panamericano de Ingeniería de Mantenimiento, en junio de 2002.