

RELACIÓN ENTRE EL AISLAMIENTO DE LAS VIVIENDAS Y LA MOLESTIA DE SUS HABITANTES: ESTADO ACTUAL EN ESPAÑA

PACS: 43.66.

Andrés F. Javier, Herráez Marta¹, Machimbarrena María², Martín M^a. Ángeles³, Tarrero Ana³

¹ Área de Ingeniería Mecánica. Escuela de Ingenierías Industriales, Paseo del Cauce 59, 47011 Valladolid, Spain. marher@eis.uva.es

²Dpto. Física Aplicada, ETS Arquitectura, Av.Salamanca s/n, 47014 Valladolid. mariao@opt.uva.es

³ Dpto. Física Aplicada, Escuela de Ingenierías Industriales, Francisco Mendizábal s/n 47014 Valladolid, Spain. maruchi@sid.eup.uva.es ana@sid.eup.uva.es

ABSTRACT

A socio-acoustic survey questionnaire has been developed to determine human responses to noise in dwellings. Neighbour noises, equipment noise and road traffic noises are increased in last years becoming the second most heard and annoyed noise sources after traffic noise. The aim of this document is to produce a robust methodology for obtaining subjective responses that will be combined with airborne and impact sound insulation measurements. This paper describes the development of the questionnaire and explains the criteria selected for choosing the wording and rating scales, the order of the questions, the use of filter questions, etcetera.

RESUMEN

Un cuestionario socio-acústico ha sido desarrollado para determinar la respuesta humana al ruido en las viviendas. El ruido entre vecinos, el de instalaciones y el de tráfico se han incrementado en los últimos años convirtiéndose en la segunda fuente de ruido más escuchada y la fuente de ruido más molesta después de ruido de tráfico. El objetivo de este documento es elaborar una metodología sólida para la obtención de respuestas subjetivas que serán combinadas con las medidas de ruido aéreo y ruido de impacto. Este artículo describe el desarrollo del cuestionario y explica los criterios seleccionados para la elección de los términos, de las escalas de respuestas, el orden de las preguntas, el uso de preguntas filtro, entre otros.

INTRODUCCIÓN

El ruido producido por fuentes internas en los edificios como el que producen los vecinos, derivados de sus propias actividades domésticas y lúdicas, las instalaciones y el tráfico pueden ser transmitidos a través de paredes, suelos, techos, huecos de ventilación, a través de las propias instalaciones, e incluso, en forma de vibraciones a través de la estructura o paredes y suelos.

La respuesta en forma de molestia a estas fuentes por parte de los habitantes en el interior de sus viviendas puede variar desde un ligero desagrado, a una gran molestia dependiendo de las características del ruido [11, 24], componentes en frecuencias, volumen, y de los factores personales o individuales como la sensibilidad, las expectativas, experiencias personales previas etcétera [7].

La falta de una normativa a nivel nacional y Europeo [3] hace difícil comparar datos de dosis-respuesta de distintos estudios, ya que las preguntas y las escala de las respuestas son diferentes en muchos casos y por lo tanto compleja de valorar, y más aún si queremos compararlo con otras encuestas llevadas a cabo en otros países de la Unión Europea, donde la barrera del idioma es enorme [5].

Dentro de la acción europea COST TU0901, se quiere dar solución a este problema a partir de un modelo de cuestionario tipo que evalúe la dosis de ruido y la respuesta de los habitantes, y permita relacionarlo con los valores de aislamiento acústico de los elementos separadores entre viviendas, seleccionando el mejor descriptor y buscando su homogenización a nivel europeo para poder intercambiar información, experiencias e incluso soluciones constructivas que mejoren la calidad acústica de las viviendas. En esta comunicación se describen los pasos seguidos en la elaboración del cuestionario tipo que se ha diseñado.

TERMINOLOGÍA EN LAS PREGUNTAS

Las preguntas deben utilizar las palabras adecuadas para que la respuesta pueda ser la más apropiada para describir las respuestas y los efectos del ruido que se están buscando. La barrera del idioma y de las traducciones juega un papel muy importante en la exportación e importación de datos de otras encuestas y hay que tenerlo en cuenta a la hora de la selección de la terminología de las preguntas y de la escala de las respuestas en el cuestionario.

Algunas encuestas explican [18] que han usado combinaciones de palabras con el objetivo de abarcar un amplio abanico de ellas y poder hacer comparaciones. Por ejemplo, molestia o perturbación se utilizan en la misma frase ya que si queremos comparar con encuestas realizadas en inglés, "annoyance" (molestia) and "disturb" (perturbación) son conceptos diferentes en inglés que en nuestro idioma se podrían traducirse por molestia. Pero si se quiere comparar estudios que pregunten por molestia y perturbación deben incluirse dichas palabras.

Básicamente hay tres formas de evaluar la respuesta subjetiva, por lo tanto tres términos con los que los habitantes valoran subjetivamente la respuesta al ruido: la escucha, la molestia o la evaluación del aislamiento acústico de su vivienda [2,10]. Dichos términos se encuentran ubicados en preguntas tipos similares a las tres siguientes: ¿Escucha la siguiente fuente de ruido en el interior de su vivienda?, ¿Cuánto le molesta?, y ¿cómo valoraría el aislamiento acústico de su vivienda? La primera es más una pregunta denominada filtro donde la respuesta suele ser "sí o no" y que suele preceder a la segunda. Dicha segunda pregunta evalúa el grado de molestia siendo una pregunta más subjetiva en la que la escala de

respuesta y sus términos juegan un importante factor. Por último, la tercera pregunta tiene un componente más técnico en el que se valora el aislamiento y las calidades acústicas de la vivienda.

Pero ¿cuál es la mejor terminología o forma de evaluar las respuestas subjetivas frente al ruido entre las viviendas?. Muchos autores apuestan por la molestia como principal indicador subjetivo frente al ruido, haciendo un gran esfuerzo en investigación y desarrollo del modelo de preguntas y de su influencia en los resultados [4,7], pero la satisfacción o la valoración del acondicionamiento acústico comienzan a tener fuerza sobre todo en las encuestas realizadas en el interior de las viviendas [1]. Sin embargo una de las principales razones de muchos de ellos cuando apuestan por la molestia como indicador es la facilidad de comparación con otros muchos informes y estudios y eso permite una fácil calibración de la encuesta que están llevando a cabo.

Dentro del resto de la terminología de la pregunta, hay que tener en cuenta otros factores como son el periodo de tiempo por el que se pregunta (no es lo mismo preguntar por un periodo de 12 meses que por un periodo inferior), la situación física del entrevistado, (enunciar que se trata de su casa, en el interior de su vivienda, no en el balcón...), la elección del indicador de respuesta subjetiva, explicado anteriormente, es decir preguntar por la molestia, satisfacción, y por último respecto de qué fuentes de ruido se quiere conocer su respuesta.

El modelo propuesto en este estudio sigue el modelo de pregunta desarrollado por la ISO 15666 [4]: *“Tomando en consideración los últimos (12 meses), indique qué número, cero al diez, expresa mejor la cuantía en que Vd. está molesto o perturbado por el ruido producido por (indicar la fuente de ruido)”*

ESCALAS DE RESPUESTA

Durante la fase previa de recopilación de información en la que se evaluaron diferentes estudios y encuestas se pudo comprobar que la mayoría de dichos estudios recomendaban el uso de una escala verbal frente a una numérica, o combinación de ambas para asegurar la veracidad de los resultados [4, 7, 16, 17]. Para ello afirman que en la escala verbal la facilidad de entendimiento y de interpretación, así como la familiaridad de los términos, contribuyen a hacer una escala más comprensible por los encuestados.

Las desventajas que presenta el uso de la escala verbal vienen determinadas por la utilización del término más apropiado y la desviación estándar que éste introduce [5, 17]; ya que no todas las palabras utilizadas tiene el mismo significado. Estas desventajas nos han hecho optar por la escala numérica frente a la verbal ya que ésta es muy difícil de traducir a diferentes idiomas, y no todas las palabras tienen la misma proximidad en la escala, es decir, si son cinco respuestas verbales la separación entre los términos 3 ó 4 por su significado puede ser diferente que las separaciones entre 1 y 2, no teniendo una escala con términos equidistantes. Son varios los autores que intentan buscar las mejores traducciones y los mejores términos equidistantes introduciendo factores matemáticos [5], pero aún sigue habiendo dificultades y necesidad de más investigaciones.

El cuestionario diseñado utiliza una escala numérica de 11 puntos (de 0 a 10) con una explicación de la misma en el encabezado del cuestionario, figura 1, determinando la correcta utilización de los extremos y su significado en el análisis de los resultados. La familiaridad de esta escala en los diferentes países, la recomendación de autores de utilizarla junto a la verbal para estudios internacionales [4, 7, 16] y la facilidad para convertirla en tanto por ciento son entre otras las razones que determinaron su elección.

Instructions:

This questionnaire uses a 0-to-10 opinion scale for how much noise bother, disturb or annoy you when you are here at home.

- if you hear the noise but you are not disturbed by it, *choose 0*

- if you are somewhere in between, *choose a number from 1 to 9*

- if you are extremely bothered, disturbed or annoyed, *choose 10*

- if you do not hear anything at all, or the source does not exist or it is not possible to answer, *make a line through the question*

Fig 1: Instrucciones para rellenar la escala del cuestionario.

USO DE PREGUNTAS FILTRO

La utilización de preguntas filtro puede ser una buena opción [16], siempre que el número de ellas no alargue en exceso el tiempo del cuestionario. H. Howarth & M.J. Griffin recomiendan que su uso sea muy restringido (basado en su experiencia y en sus investigaciones) [18] y evitable si es posible debido a que pueden ser vistas por el encuestado como preguntas largas introduciendo errores en los resultados.

En este cuestionario hemos determinado no utilizar ninguna pregunta filtro indicando en las instrucciones que si el entrevistado no escucha ninguna fuente de las preguntadas, o simplemente las fuentes de ruido no existen en su vivienda o vecindario que tache la pregunta. De esta forma evitamos la repetitiva pregunta filtro preguntando por la existencia u escucha de las diversas fuentes.

BLOQUES DE PREGUNTAS

El cuestionario tipo se ha diseñado con el objetivo de realizarlo con el menor número de preguntas basado en el estudio de diferentes tipos de encuestas [10, 12, 16, 18, 22, 23] y valorando las fuentes de ruido más importantes en el interior de las viviendas. Además se hace una división entre el ruido aéreo transmitido a través de paredes y suelos, y el ruido el producido por vibraciones.

El cuestionario diseñado consta de los siguientes bloques:

1. *Introducción:* Explicación sobre el motivo y los objetivos del cuestionario
2. *Pregunta general:* una pregunta sobre ruido en general.
3. *Preguntas sobre la molestia que generan diferentes fuentes de ruido.*
4. *Preguntas sobre el ruido producido por vibraciones.*
5. *Preguntas sobre las expectativas.*
6. *Preguntas sobre la sensibilidad.*
7. *Datos del entrevistado y de la vivienda* (adjuntando detalles constructivos y planos de la misma).

En la figura 2 se muestra el bloque relacionado con la molestia, en él se diferencia si el ruido proviene de suelos o de paredes.



ANNOYANCE to noise through walls and floors											
Thinking about the last 12 months here at home, what number from 0 to 10 best shows how much you are bothered, disturbed or annoyed by these sources of noise?	 										
	Not at all										Extremely
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2. Neighbours; usual living, e.g. people talking, audio, TV through the walls	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Neighbours; usual living, e.g. people talking, audio, TV through the floors	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Neighbours; people shouting, playing loud music, dogs barking etcetera	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Neighbours; footstep noise, i.e. people walking on the floors	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Neighbours; other, e.g. moving furniture, slamming doors, cleaning, children playing	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Fig 2: Bloque 2 de la encuesta relacionado con la molestia

ORDEN DE LAS PREGUNTAS EN EL CUESTIONARIO

El orden de las preguntas en la encuesta sigue los criterios de la ISO 15666 [4], que muchos otros estudios también ponen de manifiesto [7]. Se introduce una pregunta general sin especificar el tipo de fuente ni la situación del encuestado en la pregunta (no se indica que se evalúe desde el interior o exterior de la vivienda) antes de la pregunta sobre la molestia. La pregunta sobre otros factores que influyen en la respuesta de la molestia como la sensibilidad o las expectativas están incluidas después del bloque de preguntas sobre la molestia con el objetivo de no influenciar dichas respuestas pensando en factores personales.

FUENTES DE RUIDO EVALUADAS

Una de las características más importantes de este cuestionario es que no se pide que los encuestados determinen cuáles son las fuentes de ruido que más se oyen y de mayor molestia, ya que en cierto modo a través de diferentes estudios y de experiencias personales se puede determinar cuáles son las fuentes más molestas ahorrando tiempo en la realización del cuestionario indica.

Cada respuesta subjetiva de cada fuente de ruido preguntada será correlacionada con los parámetros de aislamiento a ruido aéreo y de impactos que mejor las identifiquen. Diferentes estudios [11, 24] muestran el incremento de la molestia por parte de ciertas fuentes de ruido sobre los habitantes y una lista con las fuentes de ruido más escuchadas y generadoras de mayor molestia. Dentro de esta lista se comprueba que en la mayoría de países se repiten las mismas (conversaciones a gran volumen, música, caminar bruscamente sobre las escaleras, cerrar fuertemente las puertas...). Por ello en este cuestionario se ha optado por preguntar por las fuentes de ruido más habituales y serán correlacionadas con su mejor descriptor de ruido.

MUESTRA DE LA ENCUESTA

La muestra a la que se realice la encuesta será lo más heterogénea posible, intentando abarcar diferentes tipos de viviendas, así como diferentes rangos de edad, diferentes sexo, y diferentes estatus social de los entrevistados.

MEDICIONES

Para correlacionar la dosis de ruido con los valores de aislamiento de la vivienda es importante realizar mediciones in situ (incluyendo en la encuesta la norma seguida, el número de

mediciones así como la instrumentación) o estimar a través de los detalles constructivos, de la información de la vivienda y de los planos los valores de aislamiento acústico a ruido aéreo y a ruido de impacto (cálculo mediante programas informáticos, valores de laboratorio etc).

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

El análisis de los resultados se llevará a cabo utilizando una regresión lineal. Se ha evaluado el uso de otros métodos, incluyendo una clasificación de la muestra encuestada en clústeres (edad, calidades constructivas...), pero la simplicidad y la facilidad e interpretación de datos sin operaciones matemáticas complejas permitirán el intercambio de información y datos más rápido, sin tener que hacer conversiones de escalas o resultados complejos. En caso de querer hacer una clasificación con clústeres o cualquier otra modificación se deberá explicar detalladamente los motivos por los cuales se ha realizado, adjuntándose a la encuesta.

Los resultados de los bloques de expectación y de sensibilidad se utilizarán, en el caso de que sea necesario, para ajustar la pendiente de los resultados obtenidos en el bloque de molestia.

CONCLUSIONES

La optimización y mejora de soluciones constructivas por parte de los países europeos permitirá un ahorro y un mejor uso de materiales así como la mejora de la salud de sus habitantes, aumentando su calidad de vida.

Con el diseño de este primer cuestionario tipo se intenta conocer la opinión subjetiva de los habitantes sobre la calidad acústica de sus viviendas en toda Europa permitiendo el intercambio y comparación de datos, así como de soluciones constructivas. Este cuestionario se pasará en diferentes países europeos y el análisis de los resultados se utilizará para validar sus preguntas y modificar lo que se crea necesario para conseguir los objetivos propuestos.

AGRADECIMIENTOS

Agradecer a Christian Simmons, director de la acción europea y coautor del cuestionario por su dirección, asesoramiento y contribución. Agradecer también la inestimable colaboración de María Machimbarrena, Marta Herráez, M^a. Ángeles Martín y Ana I. Tarrero, miembros de WG2 España por su implicación y aportación a este proyecto. Tampoco quiero olvidar al resto de miembros de la acción Europea TU0901 por su contribución de documentos, ideas y apoyo sin el cual este primer cuestionario tipo no hubiera podido realizarse. Gracias a todos.

REFERENCIAS

- [1] K. Hagberg, "*Evaluation of sound insulation in the field*", Wespac IX, Sweden 2006.
- [2] H.K. Park & J. S. Bradley, "*Evaluating standard airborne sound insulation measures in terms of annoyance, loudness, and audibility ratings*", Korea and Canada 2009.
- [3] B. Rasmussen, J. Holger Rindel, "*Sound insulation between dwellings Descriptors applied in building regulations in Europe*". Applied Acoustics 71, Denmark 2008.
- [4] ISO/TS 15666, "*Acoustics Assessment of noise annoyance by means of social and socio-acoustic surveys*", Switzerland 2002.

- [5] A. Botteldooren, C. Verkeyn, M. De Cock Cornelis, "On the Meaning of Noise Annoyance Modifiers: A Fuzzy Set Theoretical Approach", *Acta Acustica United* Vol 88 pag 230-251, 2002.
- [6] T. Holm Pedersen, "Measurements and Judgments of sound in relation to Human Sound Perception", DELTA, Denmark 2001.
- [7] T. Holm Pedersen, "The "Genlyd" Noise Annoyance Model Dose-Response Relationships Modelled by Logistic Functions", Denmark 2007.
- [8] J. Holger Rindel, "Acoustic quality and sound insulation between dwellings", *Journal of Building Acoustics*, Volume 5 number 4, Denmark 1999.
- [9] H.K. Park & J. S. Bradley, "Evaluating airborne sound insulation in terms of speech intelligibility", , Belgium 2007.
- [10] CSTB France, "Social study on the satisfaction of inhabitants living in dwellings in accordance with regulation", Paris, France 1969.
- [11] TNO and RIGO study, "Noise Annoyance from neighbours and the impact of sound insulation, social norms and other factors", Holland 2010.
- [12] A. Izewska, "Subjective and objective evaluation of acoustic climate in dwellings previous experiences in Poland", Poland 2010.
- [13] P. Roonasy, "Thesis: Sound Quality Evaluation of Floor Impact Noise Generated by Walking", Sweden 2007.
- [14] B. Thorne, "Thesis: Assessing Intrusive Noise and Low Amplitude Sound", New Zealand 2007.
- [15] R. Thanden, "Thesis Auralisation in building Acoustics", Germany 2005.
- [16] NordTest, "Assessment of annoyance caused by vibrations in dwellings from road and rail traffic by means of socio-vibrational and social surveys", Finland 2001.
- [17] B. Rohormann, "The use of verbal labels in noise annoyance scales theoretical deliberations and empirical findings", Australia 1998.
- [18] H. Howarth & M.J. Griffin, "Develop of a social survey questionnaire of reactions to vibration in residential buildings", U.K. 2008.
- [19] A. Izewska, "Requirements for impact sound insulation between dwellings", Poland 2005.
- [20] C. Simmons, "Revision of sound classifications schemes in Sweden", *Internoise 2010*, Sweden 2010.
- [21] G. Notbohm, "A questionnaire on the individual attitude towards the acoustical environment", *Internoise 2010*, Germany 2010.
- [22] M. A. Martin Bravo, A.I. Tarrero Fernández, M. Machimbarrena Gutiérrez, "Exposure–effect relationships between road traffic noise annoyance and noise cost valuations in VALLADOLID", Valladolid, Spain 2006.
- [23] M.A. Martin Bravo, A.I. Tarrero Fernández, M. Machimbarrena Gutiérrez "Procedure used to determine citizens annoyance due to noise in Málaga", Málaga, Spain 2009.
- [24] C.J. Skinner, C.J. Grimwood, G. Raw, "The 1999/2000 National Survey of Attitudes to environmental Noise" - Volume 5 Questionnaire comparison and review United Kingdom 2000.