

ANÁLISIS DE LA TRANSMISIÓN SONORA A TRAVÉS DE UNA UNIÓN EN CRUZ MEDIANTE EL ESTUDIO DE LA AMPLITUD DE LA ACELERACIÓN

PACS: 43.55.Rg

Martín Bravo, M^a.A.¹; Tarrero Fernández, A.I.¹; Aparicio Colino, A.¹; González Suárez, J.²; Machimbarrena Gutiérrez, M.²

¹E.U. Politécnica. Universidad de Valladolid,

C/ Francisco Mendizábal nº 1

470014 Valladolid

Tef: 34 983 423 500

Fax: 34 983 423 490

E-mail: maruchi@sid.eup.uva.es, ana@sid.eup.uva.es

²E.T.S. Arquitectura. Universidad de Valladolid

ABSTRACT

In the present work a cross junction has been considered, and the sound transmission has been determined through them, by means of acceleration amplitude in situ measurements when using an impact machine on an upper room. In each of adjoining wall surfaces that form the junction, acceleration measurements were carried out in function of the frequency for thresh octave taking values between 1 Hz and 16.000 Hz. The results obtained show how the energy can be transmitted to different adjoining walls, and in each of these one how take different values in function of the frequency.

RESUMEN

En el estudio que presentamos se ha considerado una unión en cruz, y se ha determinado la transmisión sonora a través de ella, a partir de medidas "in situ" de la amplitud de la aceleración con que oscilan las partículas de los distintos paramentos de la unión cuando se excita una de las salas superiores mediante la máquina de impactos. En cada una de las superficies de los paramentos que forman la unión se han realizado medidas de la aceleración en función de la frecuencia para los tercios de octava comprendidos entre 1 Hz. y 16.000 Hz. De los resultados obtenidos se puede ver como se transmite la energía a los diferentes paramentos, y en cada uno de los paramentos cómo varía en función de la frecuencia.

1. INTRODUCCIÓN

En los diseños arquitectónicos de los edificios se pueden encontrar muchos tipos de uniones entre salas. Algunos de estos tipos son fácilmente identificables y se repiten una y otra vez en las construcciones, mientras que otros tipos de uniones responden al espacio en plano disponible por los diseñadores y sobre todo a la posterior utilidad de los recintos. Partiendo de este hecho, parece interesante encontrar qué características desde el punto de vista acústico presentan los tipos de unión mas frecuentes, con base en la normativa reciente [1], donde se clasifican las uniones como elemento esencial de las transmisiones indirectas.

Una de estas uniones típicas es la unión vertical en cruz. Pare este tipo de unión se tratará de evaluar, a partir de medidas realizadas in situ, lo que ocurre con la amplitud de la

aceleración cuando se excita una de las salas superiores de la unión en cruz con una máquina de impactos, y la vibración se va propagando hacia los recintos contiguos atravesando la unión.

2. DESCRIPCIÓN DE LAS SALAS DE ENSAYO

En la Figura 2.1 se observa la disposición de las cuatro salas que forman la unión que es objeto de análisis. Las salas se denominan A, B, C, y D. Sobre el suelo de la sala C es donde se coloca la máquina de impactos. La sala C tiene representadas en la Figura 2.2 un suelo C y una pared C, al igual que la sala A tiene representados un techo A, un suelo A y una pared A. Lo que en este estudio se denominan paredes A, B, C o D son realmente superficies A, B, C y D en dos dimensiones, y no elementos de tres dimensiones. Además, aprovechando las circunstancias constructivas de los recintos, podemos distinguir dos uniones entre las salas de ensayo. La unión en cruz es la unión 1 y la unión 2 es una segunda unión que se aprovecha circunstancialmente para observar lo que ocurre en los suelos de las salas A y B.

Los recintos reales en los que se han realizado las medidas son todos iguales de dimensiones: 6,10 m. de largo, 5 m. de ancho y 3 m. de alto. La anchura de las paredes que forman la unión son 12 cm. Estos recintos se encuentran totalmente vacíos y sin objetos colgados en sus paredes o techos. El espesor del suelo superior es 38 cm.

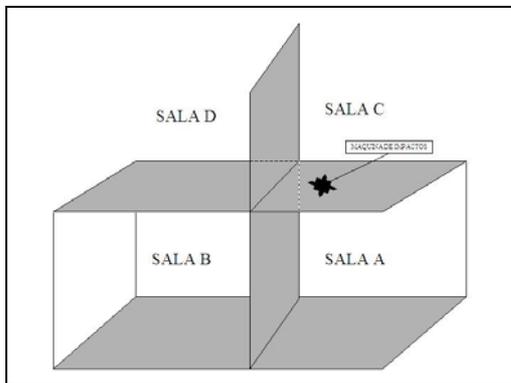


Figura 2.1 Representación esquemática de las salas de ensayo que forman la unión en cruz

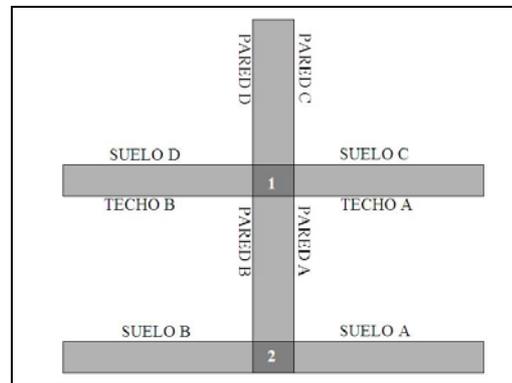


Figura 2.2 Nomenclatura utilizada para la unión en cruz

3. DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO DE MEDIDA

Para realizar las medidas se eligieron dos salas adyacentes de la misma planta de un edificio, y las dos salas contiguas a éstas situadas en la planta inmediatamente superior, como se aprecia en la Figura 2.1. De esta forma la unión en cruz estará compuesta por las paredes separadoras de las salas y los techos de las salas de la planta inferior (o los suelos de las salas de la planta superior).

Para las medidas se ha utilizado una máquina de impactos normalizada, un acelerómetro y un analizador. La máquina de impactos está formada por cinco martillos que impactan en el suelo con una secuencia determinada. El transductor de aceleración utilizado es un acelerómetro de carga tipo 4500 de Bruel & Kjaer, con una superficie sensible a la vibración que se adhiere perfectamente con cera caliente a la superficie sobre la que se quiere medir. El acelerómetro se conecta a un analizador de espectros de doble canal, tipo 2148 de Bruel & Kjaer, que nos proporciona la amplitud de la aceleración en cada punto de medida en función de la frecuencia.

La máquina de impactos normalizada se coloca en la sala C, apoyada sobre el suelo de la misma. La máquina de impactos se deja primeramente en una posición fija para todas las medidas que se realicen. A continuación se selecciona un paramento de ensayo para realizar las mediciones, por ejemplo la pared A (Figura 2.2), se coloca el acelerómetro en distintas posiciones de dicha pared y se va midiendo la amplitud de la aceleración de la vibración

provocada por la máquina que está impactando en el suelo C. El objetivo es crear una matriz con los resultados de las medidas obtenidas en los distintos puntos de la superficie considerada, y comparar los valores entre los distintos paramentos que se hallan contiguos a la unión. Todas las medidas se realizan en función de la frecuencia.

En la Figura 3.1, se representa una de las superficies sobre las que se realizaron las medidas, a modo de ejemplo, que puede extenderse a todas las superficies de ensayo, y la situación de las uniones para tratar de dar una idea de dónde están cada uno de los puntos de medida. También es importante situar las uniones en las paredes puesto que proporcionan una idea más precisa de la ubicación de los puntos de medida dentro de las salas.

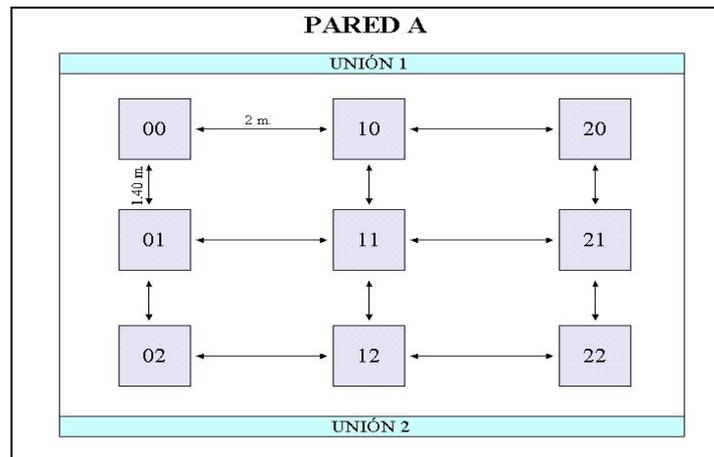


Figura 3.1 Puntos de medida sobre la Pared A

4. PORCENTAJE DE LA ENERGÍA VIBRATORIA QUE SE TRANSMITE A CADA PARAMENTO

La máquina de impactos inyecta una energía vibratoria en el suelo C, y ésta se reparte a los paramentos adyacentes. Surge la cuestión de cómo se produce ese reparto de energía. Esta pregunta no posee una fácil respuesta, ya que la transmisión de la vibración no sólo se produce por todos los paramentos que están en contacto con la unión, sino que además se degrada dentro de estos paramentos.

A pesar de no poder conocer de forma exacta la cuantía de la energía vibratoria que se ha transmitido a cada uno de los paramentos, se puede realizar una aproximación a través de los datos recogidos *in situ* de la aceleración en cada uno de los paramentos que forman parte de la unión. Considerando que la energía vibratoria es proporcional al cuadrado de la amplitud de la aceleración e inversamente a la frecuencia al cuadrado, se pueden obtener los valores relativos de la energía que adquiere cada uno de los paramentos, considerando el 100% la suma de las energías transmitidas a los distintos paramentos que forman la unión. En este análisis no se ha considerado el paramento en el que se coloca la máquina de impactos, pues la energía que adquiere éste es tan grande comparada con la de los restantes paramentos, que enmascara los resultados. Por este motivo, lo que se analiza es el reparto de la energía transmitida a los restantes paramentos de la unión, prescindiendo del paramento en el que se genera.

En primer lugar, y antes de hacer un estudio del reparto total de energía entre paramentos, se va a analizar el porcentaje de energía que se transmite a cada paramento, en función de la frecuencia.

El método de trabajo que se ha seguido consiste en medir *in situ* la amplitud de la aceleración, y a partir de los valores en dB obtenidos con el analizador de espectros y el acelerómetro, pasar posteriormente a unidades naturales. Para cada una de las frecuencias, los valores al cuadrado de la amplitud de la aceleración se promedian para todos los puntos de medida en cada superficie y de esta forma se obtiene el valor medio del cuadrado de la

amplitud de la aceleración en toda la superficie, lo que permitirá obtener el reparto de energía vibratoria entre los paramentos de la unión, para la frecuencia que se está considerando. Estos cálculos se han realizado para cada frecuencia en tercios de octava, sin embargo en la Figura 4.2 se representan sólo algunas de las octavas más importantes.

Para analizar la vibración en cada paramento, en función de la frecuencia, hemos representado en la figura 4.1, para cada una de las superficies de los paramentos, la amplitud de la aceleración de la vibración transmitida.

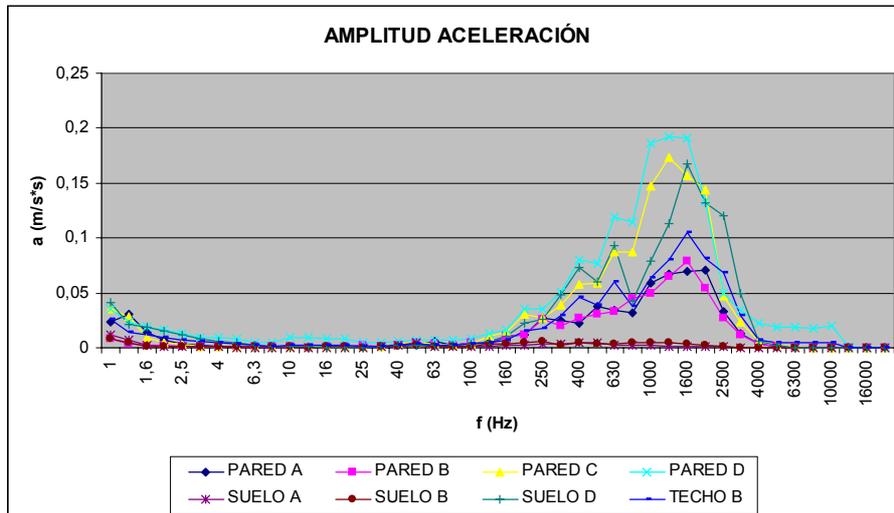


Figura 4.1 Representación, en función de la frecuencia, de la amplitud de la aceleración

En esta gráfica se pone de manifiesto que para todos los paramentos de la unión, el rango de frecuencias donde la vibración es significativa, abarca las frecuencias comprendidas entre 160 Hz y 4000 Hz. Además, es destacable que dentro de este rango la variación de la amplitud de la aceleración con la frecuencia es muy similar para todas las superficies consideradas, estando el valor máximo en torno a 1600 Hz.

A continuación analizamos como se reparte la energía vibratoria transmitida entre las distintas superficies de los paramentos que forman la unión; esto es, el porcentaje de la energía transmitida que llega a cada uno de los distintos paramentos (figura 4.2). Este análisis se hace para cada una de las frecuencias del rango significativo, que se ha puesto de manifiesto en la figura 4.1.

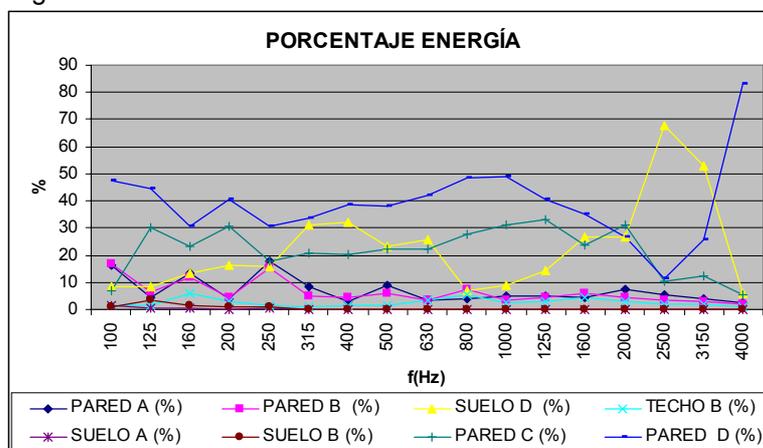


Figura 4.2 Representación gráfica del porcentaje para cada frecuencia de energía transmitida a cada paramento.

Para analizar de forma más detallada los resultados observados en la figura 4.2, se realizan representaciones gráficas agrupando los paramentos de dos en dos, entre paramentos adyacentes o próximos. Estos resultados se recogen en las figuras 4.3, 4.4, 4.5 y 4.6.

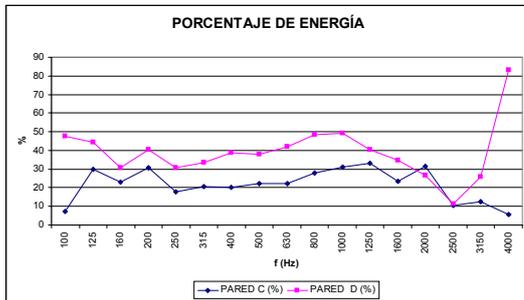


Figura 4.3 Representación gráfica del porcentaje de energía frente a la frecuencia en tercios de octava, para las paredes C y D.

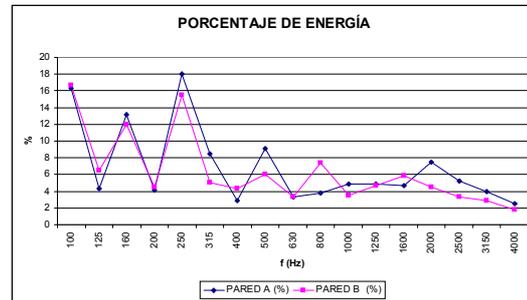


Figura 4.4 Representación gráfica del porcentaje de energía frente a la frecuencia en tercios de octava, para las paredes A y B.

En la figura 4.3 se representan los porcentajes de energía en las dos superficies que forman el paramento vertical superior de la unión en cruz considerada. A esta pared se transmiten los mayores valores de energía (los porcentajes más altos), lo que puede explicarse por ser la pared más próxima a la posición de impacto y es alcanzada sin necesidad de atravesar el paramento horizontal (forjado). La variación del porcentaje de energía con la frecuencia es similar en ambas superficies, excepto para 4000 Hz, aunque la amplitud de la vibración sea algo mayor en la superficie D que en la superficie C.

En la figura 4.4 se representan los porcentajes de energía en las superficies que forman el paramento vertical inferior, pared que separa las salas A y B. Los porcentajes son muy similares no sólo en los valores sino también en la forma de variación con la frecuencia. Puede decirse que este paramento vibra prácticamente igual todo él, con las mismas frecuencias y amplitudes en ambas caras. En la gráfica se pone de manifiesto lo que pudieran ser los modos propios del paramento, así como la disminución de la energía con la frecuencia.

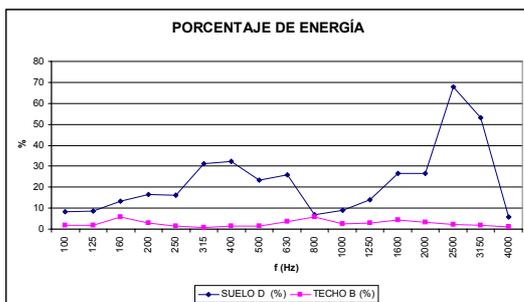


Figura 4.5 Representación gráfica del porcentaje de energía frente a la frecuencia en tercios de octava, para el suelo D y el techo B.

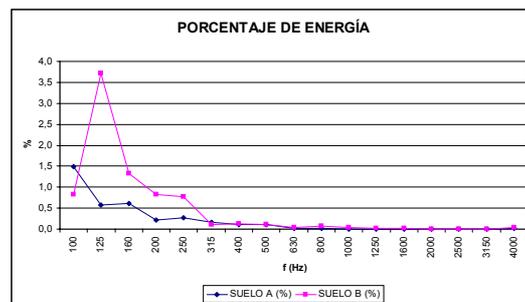


Figura 4.6 Representación gráfica del porcentaje de energía frente a la frecuencia en tercios de octava, para los suelos A y B.

La figura 4.5 corresponde al paramento formado por el suelo D y el techo B. En este caso el porcentaje de energía es muy diferente en ambas superficies y mucho mayor en el suelo D que en el techo B. El hecho de que no sea una pared simple, como era el caso en las situaciones representadas en las dos figuras anteriores, hace que cada una de las superficies vibre de forma diferente. Los bajos valores de la energía transmitida al techo B se pueden justificar porque la vibración tiene que atravesar el forjado para llegar a esta superficie, cosa que no ocurre con el suelo D.

En la Figura 4.6 se representa el porcentaje de energía vibratoria en cada uno de los suelos de la salas A y B. La energía es prácticamente nula, excepto para las frecuencias

comprendidas entre 100 Hz y 315 Hz. Los valores son muy pequeños, debido al largo camino que debe seguir la vibración desde que se genera hasta que alcanza los suelos A y B. El recorrido es menor para el suelo A, y por eso los valores de la energía son mayores. La variación con la frecuencia es similar, excepto a 250 Hz donde el valor alto que presenta el suelo A será debido a alguna peculiaridad constructiva de este suelo.

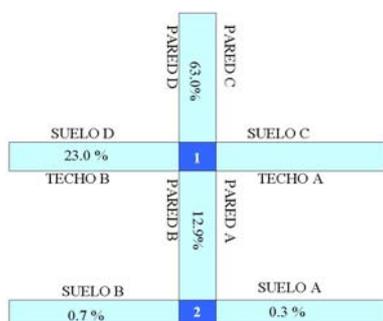


Figura 4.7 Porcentaje total de la energía en cada uno de los

Finalmente hemos calculado el porcentaje total de energía vibratoria para cada uno de los paramentos, considerando las dos superficies del paramento y sumando para todas las frecuencias. Aunque este cálculo no es exacto, nos da una visión global de cómo se transmite la energía vibratoria a través de una unión en cruz. No hemos tenido en cuenta la energía del paramento en el que se inyecta y hemos considerado como el 100% la energía transmitida a los restantes paramentos.

En la figura 4.7 vemos que más del 60% de la energía se transmite al paramento de la misma planta donde se inyecta, seguido del paramento que separa ambas plantas, a continuación está el paramento que separa

las salas de la planta inferior, y finalmente con una energía casi nula están los suelos de la planta inferior.

5. CONCLUSIONES

Del análisis de los resultados experimentales de las medidas “in situ” de la amplitud de la aceleración producida en los diferentes paramentos de una unión en cruz, cuando se excita uno de ellos con la máquina de impactos, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

La vibración transmitida a los distintos paramentos tiene amplitudes significativas en un rango de frecuencias comprendido entre 160 Hz y 4000 Hz.

En los paramentos simples, paredes verticales de las dos plantas consideradas, la vibración en ambas superficies de estas paredes es muy similar.

En los paramentos complejos, suelos y techos, la vibración es bastante diferente en las superficies de estos paramentos. La vibración sufre una amortiguación importante al atravesar estos paramentos.

El porcentaje de energía vibratoria de los paramentos decrece al alejarnos de la planta en la que se impacta. En primer lugar el paramento de esa planta, a continuación el paramento que separa ambas plantas, seguido del paramento de la planta contigua y finalmente los suelos de la planta contigua.

6. BIBLIOGRAFÍA

1. Laboratory measurement of the flanking transmission of airborne and impact noise between adjoining rooms. Part 1: Frame document. CEN European Committee for Standardization. ISO/DIS 10848-1:2001.
2. *Laboratory measurement of the flanking transmission of airborne and impact noise between adjoining rooms. Part 2: Application to light elements when the junction has a small influence.* CEN European Committee for Standardization. ISO/DIS 10848-2:2001.
3. *Laboratory measurement of the flanking transmission of airborne and impact noise between adjoining rooms. Part 3: Application to light elements when the junction has a substantial influence.* CEN European Committee for Standardization. ISO/DIS 10848-3:2001.

Este trabajo forma parte del Proyecto de Investigación BIA2004-07102-C03-03