



FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

COMPORTAMIENTO VIBROACÚSTICO DE CONTENEDORES CILÍNDRICOS EN AIRE

PACS: 43.40.Rj

Rodrigo Saura, F.J.^{1,2}; Poveda Martínez, Pedro²; Carbajo San Martín, Jesús²; Requena Plens, Jose M², Ramis Soriano, Jaime²

¹Sociedad Anónima de Electrónica Submarina. Carretera Algameca, s/n, 30205, Cartagena, Murcia, España. f.rodrigo@electronica-submarina.com

²Universidad de Alicante. Carretera San Vicente del Raspeig, s/n, 03080, San Vicente del Raspeig, España. jramis@ua.es, jcarbajo@ua.es, pedro.poveda@ua.es, jmp15@alu.ua.es²

Palabras Clave: Vibraciones, ruido estructural, función de transferencia

ABSTRACT

This work describes the experimental procedure carried out to study the radiant behavior of the surface of the base of semicilindro structures of 50 cm in diameter and a lateral surface of 15 cm in height when they are excited by an actuator in the center of the base. The vibration level has been evaluated by means of small size accelerometers completing a detailed modal analysis. The measurements of sound pressure level have been made on a surface near the source and the data has been processed according to the technique of Near Field Acoustic Holography (NAH). In addition to comparing the results of different materials (steel and aluminum), the influence of the bonding condition between the surface of the base and the lateral surface of the structure is studied.

RESUMEN

Este trabajo describe el procedimiento experimental llevado a cabo para estudiar el comportamiento radiante de la superficie de la base de estructuras en forma semicilindro de 50 cm de diámetro y una superficie lateral de 15 cm de altura cuando son excitados mediante un actuador en el centro de la base. El nivel de vibración ha evaluado mediante acelerómetros de pequeño tamaño completando un detallado análisis modal. Las medidas de nivel de presión sonora se han realizado en una superficie cercana a la fuente y los datos se han procesado de acuerdo con la técnica de Holografía Acústica de Campo Cercano (NAH). Además de comparar los resultados de distintos materiales (acero y aluminio), se estudia la influencia de la condición de unión entre la superficie de la base y la superficie lateral de la estructura.



FIA 2018

**XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre**

1. INTRODUCCION Y PLANTEAMIENTO

El control de ruido acústico submarino radiado por buques adquiere cada vez más importancia debido a diversas normativas de reciente aparición. Concretamente, en el año 2008, la Unión Europea (UE) promulgó la Directiva Marco de Estrategia Marina (DMEM), dirigida a la preservación del entorno marino. En dicha Directiva, el Descriptor 11 incluye los indicadores que describen los niveles de energía acústica a valorar. Debido a que los buques son las fuentes principales de contaminación acústica en el entorno marino, es necesario analizar y evaluar el ruido emitido por ellos con el objeto de entenderlo y así poder reducirlo, minimizando su impacto en la fauna y flora marina.

Para determinar el ruido radiado por grandes estructuras es necesario sumar la contribución de diferentes partes de esta. Habitualmente, se recurre a formalismo en los que intervienen parámetros como la eficiencia de radiación [1,2], -a cuya determinación se han dedicado grandes esfuerzos[3,...,9] - que depende, entre otras cosas, de las condiciones de contorno del sistema radiante.

Por otra parte, es importante disponer de datos experimentales para poder ajustar los modelos numéricos, cada vez más accesibles.

El presente trabajo se inscribe en este contexto de proyectos dirigidos a cuantificar la energía acústica radiada por buques. Forma parte de una acción en la que se ha estudiado el comportamiento vibroacústico de estructuras en forma de semicilindro de distintos materiales y espesores en los que la forma de pegar la superficie de la base (de la que se estudia la radiación) a la superficie lateral del cilindro es distinta. Concretamente, aquí se muestra el procedimiento experimental llevado a cabo para estudiar el comportamiento radiante de la superficie de la base de estructuras en forma de semicilindro de 50 cm de diámetro y una superficie lateral de 15 cm de altura cuando son excitados mediante un actuador en el centro de la base. En este trabajo se incide en cuantificar la influencia del tipo de unión (rígida o blanda) entre la superficie de la base y la superficie lateral de la estructura.

2. MATERIAL Y MÉTODO

Se describirán a continuación las estructuras bajo estudio, el setup experimental utilizado y el procedimiento seguido

2.1. Descripción de las estructuras bajo estudio

Consisten en dos semicilindros de 50 cm de diámetro y unas paredes laterales de 15 cm de altura. Están fabricadas de acero de 2 mm de espesor. En una de las muestras la unión de la base con la superficie lateral se realiza con una soldadura y en la otra intercalando una junta tórica. En la Figura 1 se muestra las estructuras de las que se presentarán resultados. Se pueden apreciar los puntos de medida de vibración. La excitación se ha realizado en el centro geométrico de la superficie de la base.

2.2. Setup experimental

Se ha aplicado una metodología experimental basada en la utilización de señales pseudoaleatorias tipo MLS (Maximum Length Sequence) y actuadores de tipo electrodinámico, que ha sido ensayada con éxito en diferentes aplicaciones [10]

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

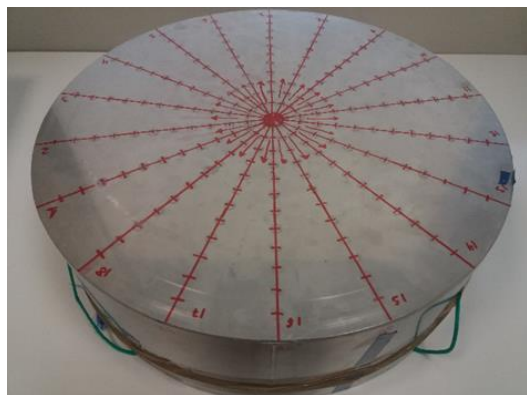


Figura 1. Estructuras bajo estudio. Izquierda: con junta tórica entre la superficie de la base y la superficie lateral. Derecha: Idem sin junta tórica. La unión es una soldadura.



En la Figura 2 se muestra un actuador de tipo electrodinámico como los que se utilizan en Altavoces de Modos Distribuidos (DML, en inglés) [7] y que ha sido utilizado como excitador de la estructura. En la Figura 3 se muestra un acelerómetro piezoeléctrico al que se le ha acoplado un imán para facilitar su adhesión a las estructuras.



Figura 2. Actuador utilizado para excitar las estructuras bajo estudio.



Figura 3. Acelerómetro piezoeléctrico con imán acoplado utilizado como sensor de vibraciones.

Además de los actuadores y sensores mencionados, es necesario disponer de una configuración básica para el registro de señales que conste de una plataforma de adquisición y un soporte software. La tarjeta de adquisición utilizada es el modelo NI-PCI 6120, que dispone de 4 entradas y 2 salidas analógicas y que permite trabajar con tasas de muestreo de 1 MS/s y 4 Ms/s, respectivamente, con 16 bits de resolución. El soporte software o aplicación ha sido implementada en lenguaje de programación visual LabVIEW© y permite, entre otras opciones, enviar una señal de ruido al actuador y adquirir la señal de vibración de los acelerómetros, o de los micrófonos en su caso, de forma sincronizada y simultánea. La Figura 4 muestra la interfaz gráfica de la aplicación implementada.

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre



Figura 4. Interfaz gráfica de la aplicación software implementada en Labview©.

Para la adecuada realización del ensayo, se establecen como parámetros de ajuste el tiempo de captura o adquisición, el tipo de señal a emitir, la amplitud de la señal de salida y el rango de tensión de entrada (éste último permitirá ajustar la resolución de la tarjeta al rango de entrada previsto). Como señal de excitación, el programa permitirá seleccionar entre tres tipos: ruido blanco, ruido rosa y MLS. Los dos primeros tipos se generarán directamente por el programa mientras que el último, se cargará desde un archivo de audio tipo .wav almacenado en la carpeta audio del programa. La tasa de muestreo empleada para el envío y adquisición de señales es de 96 ks/s. Una vez llevado a cabo el proceso de medida, se almacenarán los datos correspondientes a cada registro en archivos de texto, facilitando así su tratamiento o posterior análisis en plataformas como MATLAB©.

2.3. Procedimiento

Para las medidas de vibración, el procedimiento de adquisición consiste en ubicar el actuador o excitador en el centro de la base y registrar los niveles de vibración de los acelerómetros en los puntos seleccionados. En todos los casos el excitador se ha colocado en el centro como se muestra en la Figura 5. Por lo que respecta a la posición exacta de los acelerómetros, se ha realizado medidas a lo largo de cada diámetro cada 2 cm y con un intervalo angular de 20º (ver Figura 6).

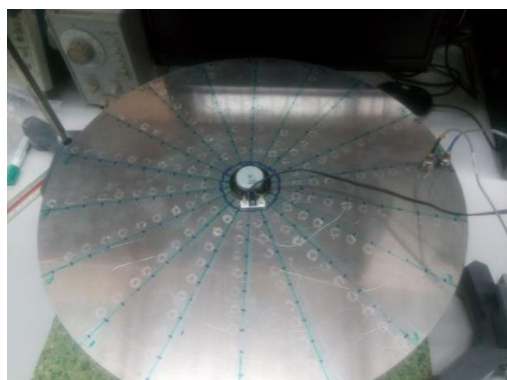


Figura 5. Posición del actuador en el centro de la base.

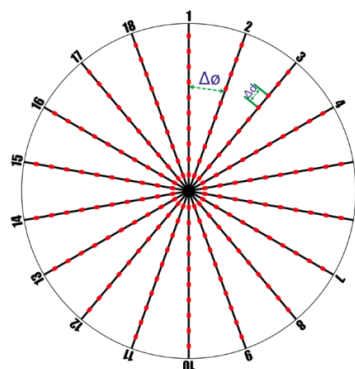


Figura 6. Posición de los puntos donde se ha medido la vibración (mediante acelerómetros) $\Delta\phi = 20^\circ$ y $\Delta d = 2$ cm.

En la Figura 7 se muestra el micrófono utilizado para realizar las medidas de nivel de presión, que es $\frac{1}{4}$ de pulgada.

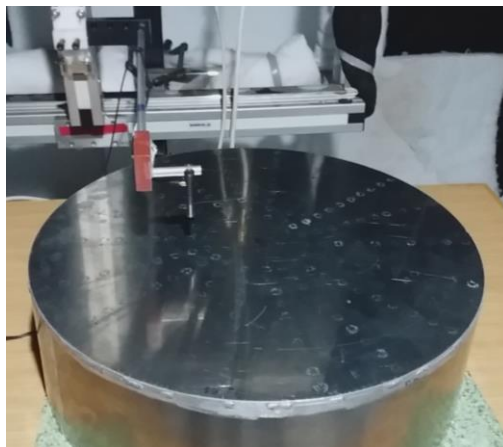


Figura 7. Posición de $\frac{1}{4}$ de pulgada a 4 cm de la superficie de una de las muestras.

Para evaluar la radiación en aire de las muestras se realizan medidas en un plano vertical y en un plano horizontal. En las Figuras 8 y 9 se muestra la matriz de puntos medidos en el plano vertical, siendo un total de 31 x 31, es decir, 30 x 30 tramos cubriendo un área de 55 cm x 55 cm.

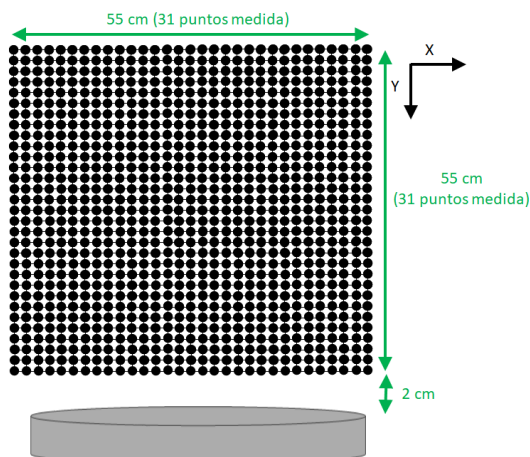


Figura 8. Descripción de los puntos de medida en el plano vertical medidas de la respuesta en frecuencia en aire de las muestras.

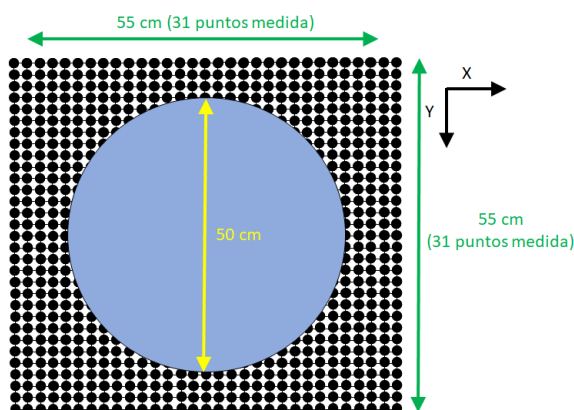


Figura 9. Descripción de los puntos de medida en el plano horizontal medidas de la respuesta en frecuencia en aire de las muestras.

3. RESULTADOS

Se presentan a continuación gráficamente, algunos resultados representativos en los que queda reflejado el efecto de la diferencia entre las dos situaciones analizadas: con y sin junta tórica en la unión entre la superficie de la base y la lateral de los semicilindros de 2 mm de espesor.

En la Figura 10 se muestra el patrón de vibración y de radiación (en los dos planos indicados) para la frecuencia considerada (236 Hz) así como la respuesta modal (color azul en la parte inferior) y el nivel de presión sonora promediado en todos los puntos de medida para el

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

dispositivo con junta tórica. De la misma forma, en la Figura 11 se muestran las mismas representaciones pero para la frecuencia de 317 Hz, para el caso del semicilindro sin junta tórica en la unión.

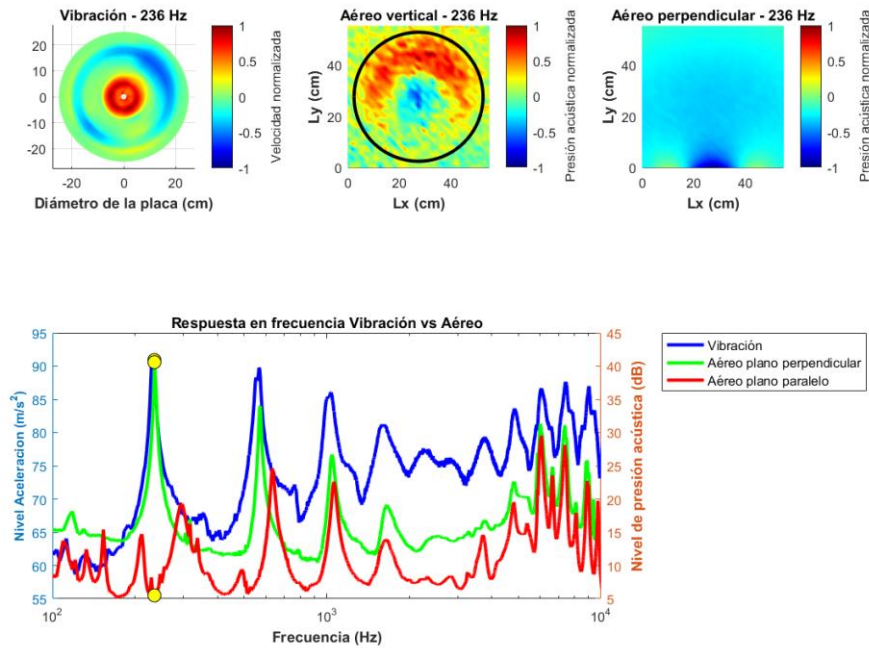


Figura 10. Comportamiento vibroacústico del dispositivo con junta tórica. Arriba: Patrón de vibración y radiación para para la frecuencia considerada. Abajo: respuesta en frecuencia.

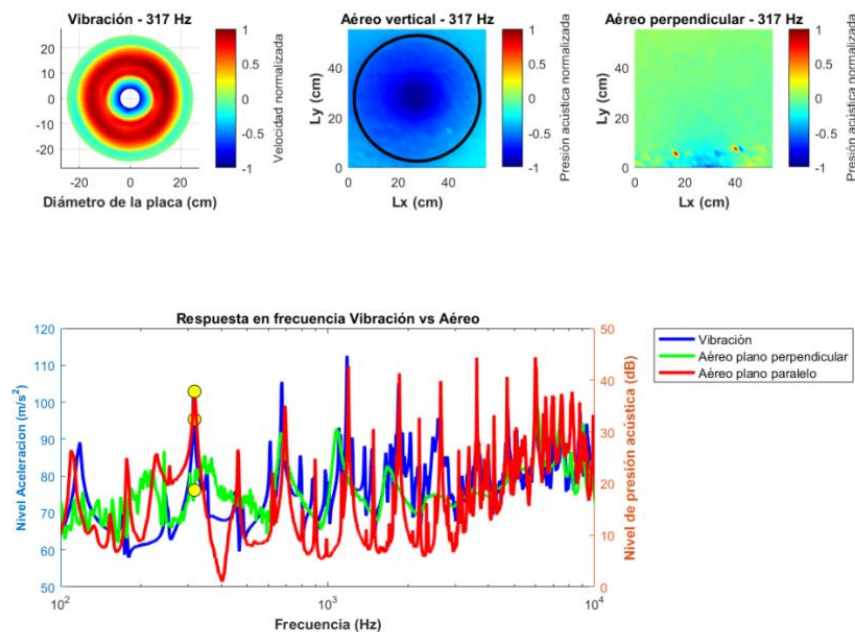


Figura 11. Comportamiento vibroacústico del dispositivo sin junta tórica. Arriba: Patrón de vibración y radiación para para la frecuencia considerada. Abajo: respuesta en frecuencia.

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

En las Figuras 12 y 13 se muestran las distintas funciones de transferencia *Presión/aceleración* en dB para los casos con y sin junta tórica en la unión. El promedio se ha resaltado en negro en ambas gráficas.

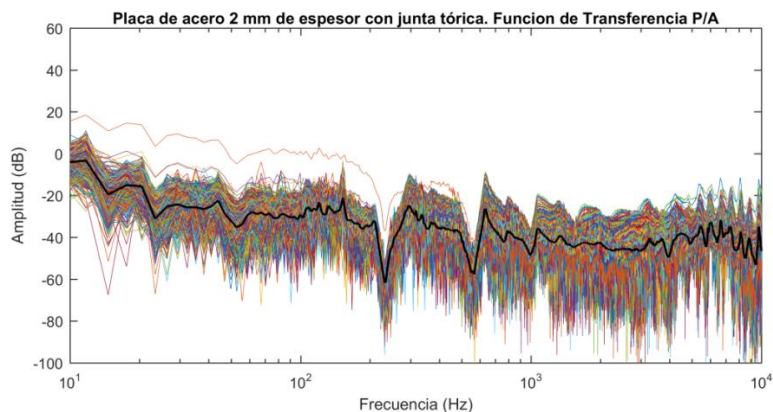


Figura 12. Función de transferencia P/A en dB para una de las medidas realizadas para el caso de unión con junta tórica. El promedio se ha resaltado en negro.

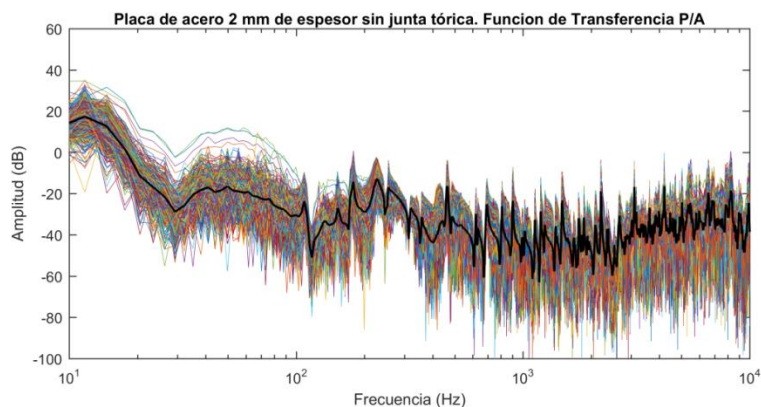


Figura 13. Función de transferencia P/A en dB para una de las medidas realizadas para el caso de unión sin junta tórica. El promedio se ha resaltado en negro.

Por último, en la Figura 14 se representa la comparación de los promedios de las funciones de transferencia en tercios de octava.

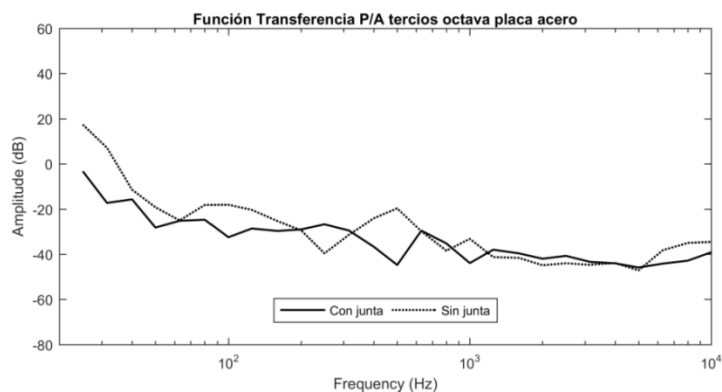


Figura 14. Función de transferencia P/A en dB promediada en tercios de octava. Comparativa entre los dos casos señalados.



FIA 2018

**XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre**

4. CONCLUSIONES

Se ha presentado el procedimiento seguido para el estudio del comportamiento vibroacústico mediante una técnica ya ensayada en otras aplicaciones, haciendo uso de señales MLS, utilizando un actuador de tipo electrodinámico. La propuesta facilita el procesado y la visualización de resultados experimentales rápidamente.

La respuesta modal y la respuesta en frecuencia de las dos estructuras comparadas difiere notablemente especialmente por debajo de los 800 Hz (baja frecuencia).

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo se ha llevado a cabo en el contexto de un contrato de investigación entre la empresa SAES (Cartagena) y el Departamento de Física, Ingeniería de Sistemas y Teoría de la Señal de la Universidad de Alicante.

Referencias

- [1] Fahy F., Garddonia P. (2007), Sound and structural vibration, radiation, transmission and response (2nd ed.), Oxford: Academic Press.
- [2] Ross, D. (1976). Mechanics of underwater noise. New York: Pergamon Press Inc.
- [3] J.S. Kim, H.S. Kim, H.J Kang and S.R. Kim. Transfer Function of Structure-borne Noise to Underwater Radiated Noise. Autumn Conference of KSNVE in 2001, pp. 138-142.
- [4] Hyung-Suk Han and Kyung-Hyun Lee. Specification of the hull vibration to control underwater radiated noise by estimation with modified experimental sound radiation efficiency. Journal of Mechanical Science and Technology. 28 (9) 3425~3432, 2014.
- [5] G. Maidanik. Response of ribbed panels to reverberant acoustic fields. The Journal of Acoustical Society of America. 34 (1962) 809-829.
- [6] S. Uchida, Y. Yamanaka, K. Ikeuchi, K. Hattori and K. Nakamachi, Prediction of underwater noise radiated from ship's hull. Bulletin of the Society of Naval Architectures of Japan. 686 (1986) 36-45.
- [7] Xie G, Thompson DJ, Jones CJC. The radiation efficiency of baffled plates and strips. J Sound Vib 2005;280:181-209.
- [8] Z. Cheng, J. Fan, B. Wang and W. Tang, Radiation efficiency of submerged rectangular plates, Applied Acoustics, Vol. 73, 150-157, 2012.
- [9] Rodrigo-Saura, F. J.; Carbajo-San Martín, Jesús; Poveda-Martínez, Pedro; Ramis-Soriano, Jaime. Revisión de métodos de cálculo de la eficiencia de radiación aplicados en acústica submarina. 48º Congreso español de acústica. Tecniacústica. A Coruña 2017.
- [10] Torres-Romero, W. Cardenas, J. Carbajo, E.G. Segovia Eulogio, J. Ramis-Soriano, An Experimental Approach to Vibro-Acoustic Study of Beam-Type Structures, Archives of Acoustics 43(2) (2018) 283-295.