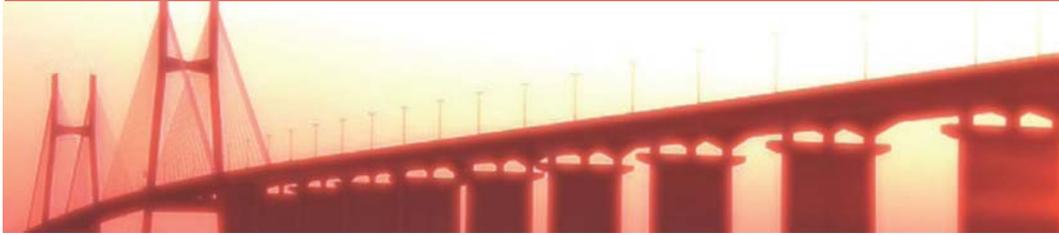


PRIMERAS JORNADAS REGIONALES DE ACÚSTICA AdAA 2009

19 y 20 de noviembre de 2009, Rosario, Argentina



AdAA2009-A007R

Comparación entre método directo e inverso para la obtención de la respuesta al impulso del tiple colombiano

Carolina Guerrero ^(a),
Stephanie Murcia ^(b),
Luis Fernando Hermida ^(c).

(a) Estudiante de Ingeniería de Sonido VIII semestre, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Buenaventura sede Bogotá, Cra 8h No. 172-20, Bogotá, Colombia. E-mail: dguerrero@academia.usbbog.edu.co

(b) Estudiante de Ingeniería de Sonido VIII semestre, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Buenaventura sede Bogotá, Cra 8h No. 172-20, Bogotá, Colombia. E-mail: smurciaquintero@academia.usbbog.edu.co

(c) Cátedra de Acústica, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Buenaventura sede Bogotá, Cra 8h No. 172-20, Bogotá, Colombia. E-mail: lhermida@docentes.usbbog.edu.co

Abstract

In this paper two methods for obtaining the impulse response of a plucked string musical instrument, in this case to the Colombian national instrument, the tiple, are compared. The first one is the direct method, which applies an LSS signal on the instrument's body through an electro-mechanical transducer to excite and then capture the signal radiated by it. The second one is the inverse method, which applies a sound field generated by an appropriate sound source to the instrument. The vibrations generated by the sound field are then measured on the body of the instrument by an electro-mechanical transducer. Data from both methods are compared by calculation and spectral analysis.

Resumen

En este trabajo se presenta la comparación de dos métodos de obtención de la respuesta al impulso aplicados a un instrumento musical de cuerda pulsada, en este caso al instrumento nacional colombiano: el tiple. El primer análisis realizado corresponde al método directo, el cual excita con una señal de tipo LSS la caja del instrumento por medio de un transductor electro-mecánico y luego captura la señal irradiada por éste. El segundo análisis corresponde al método inverso, en el que se genera un campo sonoro con una fuente que baña de energía al instrumento y se capturan las vibraciones formadas por el campo sonoro sobre la caja del instrumento mediante un transductor mecano-eléctrico. Obteniendo estos datos se procede a realizar una comparación objetiva mediante cálculos y análisis espectral.

1 Introducción

Este trabajo aborda la comparación objetiva entre dos métodos (directo e inverso) de obtención de la respuesta al impulso a instrumentos musicales de cuerda con una caja de resonancia acoplada, en este caso el tiple colombiano. Es importante destacar esta comparación pues a partir de está se puede evaluar que método es el más eficiente y así aplicarlo en áreas de diseño de instrumentos, mejora de calidad sonora mediante convolución y síntesis de sonido entre otras. Para esto se realiza un análisis FFT y un análisis espectral de cada una de las muestras tomadas con los dos métodos.

2 Desarrollo ingenieril

Para lograr un análisis adecuado y preciso del comportamiento del tiple colombiano y conseguir la respuesta al impulso del mismo, se hizo uso de dos métodos de obtención de la función de transferencia, el método directo y el método indirecto.

2.1 Método directo

Para utilizar el método directo se construyó un transductor con un parlante de 8' (ocho pulgadas) sin cono al cual se le realizaron mediciones de respuesta en frecuencia y resonancia. Este transductor fue ubicado sobre el puente del instrumento (lugar donde se excita generalmente el mismo), se conectó a un generador de onda y se realizó un barrido en frecuencias desde 20 Hz hasta 20 kHz en un tiempo de 10 segundos. Simultáneamente se ubicó un micrófono Behringer ECM8000 a 10 cm frente a la boca del instrumento y se capturó el sonido generado por el mismo. Las cuerdas del instrumento fueron inmovilizadas y desacopladas para evitar su vibración y resonancia.

2.2 Método indirecto

Para emplear el método indirecto se utilizó un parlante JBL Eon 15, al cual se le realizaron medidas de respuesta en frecuencia para generar un campo sonoro con la respuesta en frecuencia más plana posible en el rango deseado. Se ubicó a una distancia de 70 cm cerca al instrumento y se generó un campo sonoro con un SPL de 90 dB alrededor del mismo generando un barrido en frecuencia desde 20 Hz hasta 20 kHz con un tiempo de duración de 10 segundos. Se ubica un acelerómetro de referencia TLP434a sobre la tapa de instrumento para capturar las vibraciones generadas por el mismo debido al campo sonoro. Al igual que en el método anterior las cuerdas son desacopladas del instrumento e inmovilizadas para evitar su resonancia.

El tiple colombiano, en ambos métodos fue desacoplado de cualquier superficie y/o objeto que pudiera agregar masa alterando su comportamiento o generando transmisión estructural de vibraciones, con el fin de asegurar que las señales capturadas fueran propiamente del instrumento; mediante la suspensión del mismo con cuerdas de nylon a una base metálica. No es recomendable quitar las cuerdas para el desacople con respecto al instrumento ya que al hacerlo la tensión de la tapa disminuye y el comportamiento en frecuencia del instrumento varía.

3 Resultados

3.1 Método directo

Mediante la aplicación del método directo y la convolución de la señal capturada se obtuvo la siguiente respuesta al impulso:

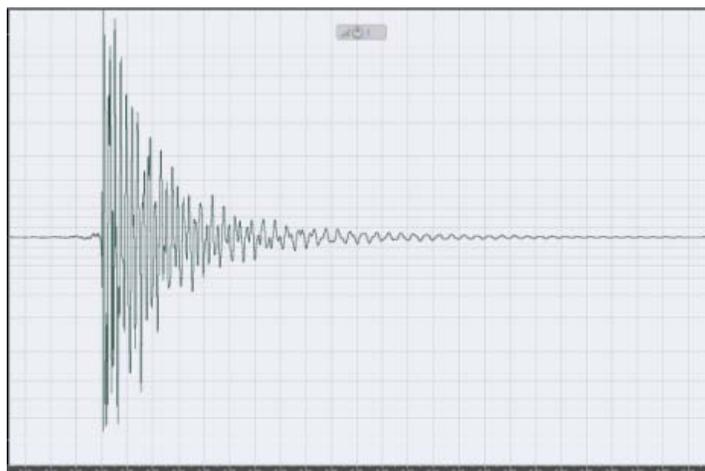


Figura 1. Respuesta al impulso obtenida mediante el método directo.

Al aplicar la transformada de Fourier (FFT) con el software de audio Adobe Audition 3.0 a la respuesta al impulso obtenida, se consigue la siguiente gráfica:

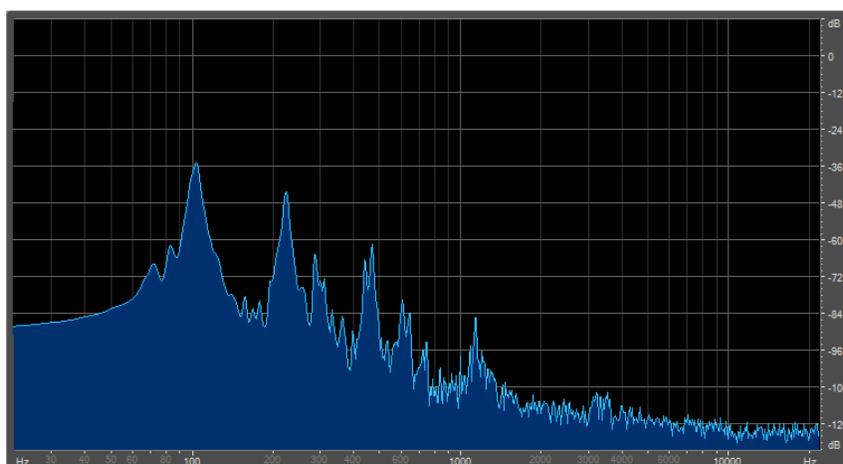


Figura 2. FFT de la respuesta al impulso.

Como se puede observar en el análisis de frecuencia de la respuesta al impulso, se presentan tres picos significativos en 110 Hz, 220 Hz y 460 Hz, los cuales pertenecen a la frecuencia de resonancia de la caja del instrumento, a la frecuencia de resonancia del sistema (transductor acoplado con la caja) y a la frecuencia de resonancia del transductor, respectivamente. Evidentemente la frecuencia de resonancia de mayor nivel, es generada por la caja de instrumento debido al gran volumen que éste presenta.

3.2 Método indirecto

Para la obtención de la respuesta al impulso mediante el método indirecto se tomaron varias muestras sobre el instrumento, dos en el eje X y dos más en el eje Y. De esta manera se

obtuvieron las siguientes gráficas a aplicar la transformada de Fourier (FFT) a cada una de las muestras, así:

3.2.1 Respuesta al impulso 1X

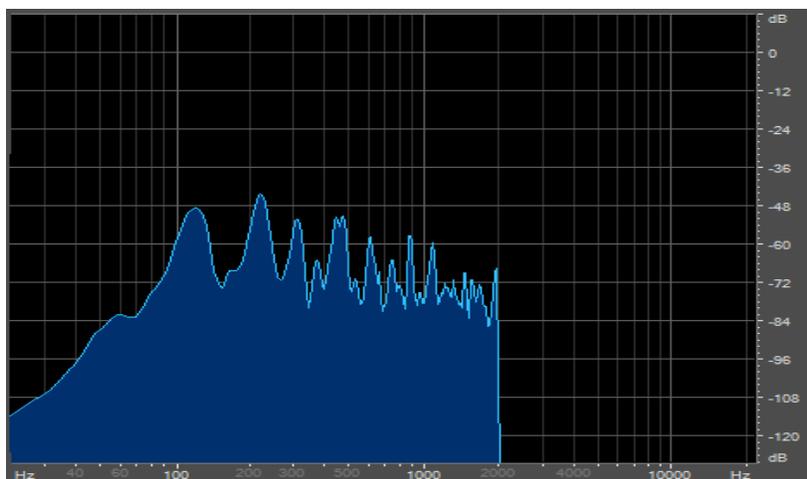


Figura 3. FFT de la respuesta al impulso sobre el eje X muestra 1.

Se puede observar en la figura 3 un decremento en frecuencias bajas desde aproximadamente 100 Hz hacia abajo y con picos fuertes en las frecuencias de 118 Hz, 215 Hz, 312 Hz y 452 Hz, también se observa que el comportamiento del acelerómetro tiene una frecuencia máxima de trabajo de 2000 Hz como lo indican sus especificaciones.

3.2.2 Respuesta al impulso 1Y

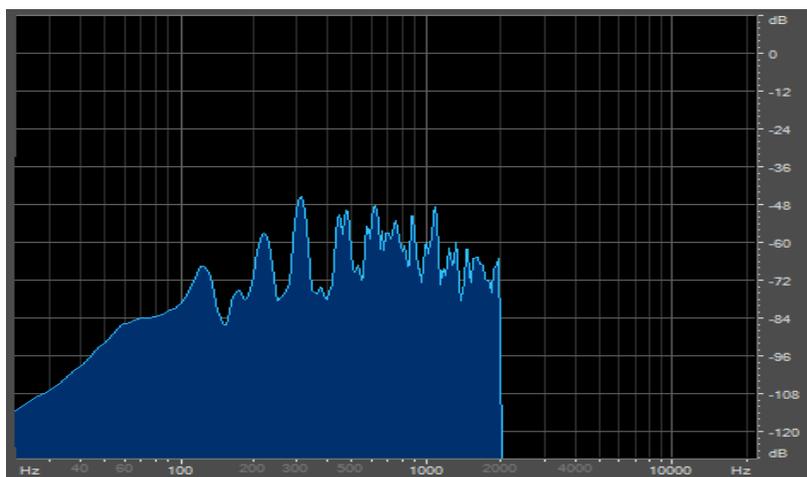


Figura 4. FFT de la respuesta al impulso sobre el eje Y muestra 1.

En la figura 4 se aprecian picos más o menos a las mismas frecuencias que sobre el eje X aunque estas tienen una menor amplitud, esto se debe a que el eje X corresponde al movimiento generado de forma perpendicular a la tapa del instrumento, eje en el cual se tiene

mayor libertad movimiento. La energía empieza a decaer desde aproximadamente 118 Hz, presentando picos fuertes en las frecuencias de 215 Hz, 312 Hz, 441 Hz. Tampoco hay contenido energético para frecuencias altas por encima de 2000 Hz.

3.2.3 Respuesta al impulso 2X

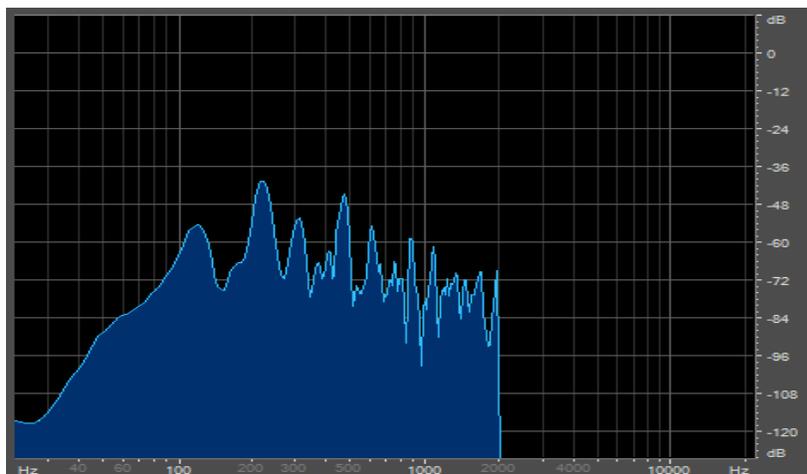


Figura 5. FFT de la respuesta al impulso sobre el eje X. Muestra 2.

En la figura 5 se muestra un comportamiento muy similar al obtenido en la figura 3, lo que da confiabilidad a la medición.

3.2.4 Respuesta al impulso 2Y

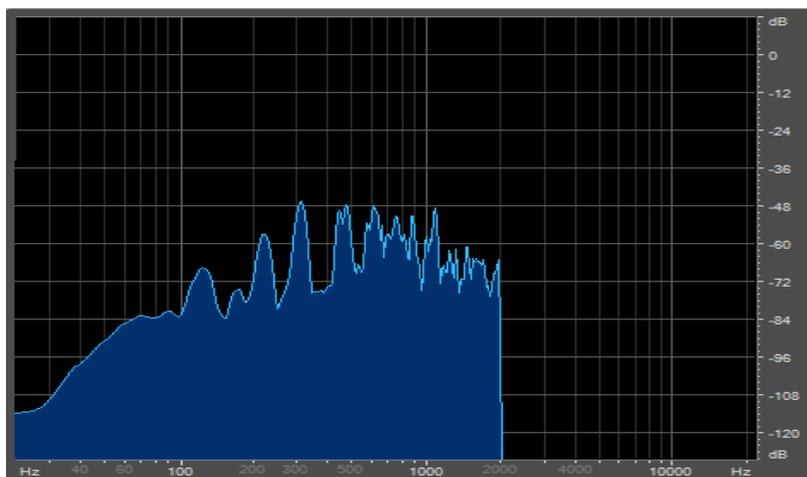


Figura 6. FFT de la respuesta a impulso sobre el eje Y. Muestra 2.

En la figura 6 se observa un comportamiento casi idéntico al mostrado en la figura 4, lo que le da a la medición un buen margen de confiabilidad.

4 Análisis de resultados

Los resultados obtenidos entre el método directo y el método indirecto se encuentran próximos entre sí, lo cual demuestra un patrón de comportamiento del tiple, así como la fidelidad de los métodos y elementos utilizados. El método indirecto solo presenta el espectro desde 20 Hz hasta 2 kHz, esto se debe al ancho de banda del acelerómetro, ya que solo trabaja hasta 2 kHz. Por debajo de 100 Hz la respuesta del instrumento es pobre, ya que se aprecia un fuerte decaimiento por debajo de esta frecuencia. Sin embargo en el rango de frecuencias percibido (100 Hz – 2 kHz), el acelerómetro muestra bastantes picos representativos, pertenecientes a las diferentes frecuencias de resonancia presentes en el instrumento.

En el método directo se muestra un espectro más amplio que en el método indirecto, que va desde 20 Hz hasta 20 kHz. Durante todo el espectro se presentan tres picos significativos en 110 Hz, 220 Hz y 460 Hz, debido a las frecuencias de resonancia del instrumento, el sistema y el transductor, respectivamente. Desde 1 kHz el contenido energético del espectro comienza a decaer, lo cual muestra la incapacidad del tiple para reproducir frecuencias altas.

El comportamiento en espectro y frecuencia de ambos métodos es similar, en cuanto a las pendientes presentes y los picos significativos.

5 Errores sistemáticos

El altavoz no presentó una respuesta plana.

El acelerómetro tenía una frecuencia máxima de trabajo de 2 kHz.

La sala donde se llevaron a cabo los métodos directo e indirecto no fue una sala anecoica como idealmente debería ser, así que puede existir alguna influencia de las reflexiones de las superficies de la misma a pesar de realizar las mediciones en campo directo.

6 Conclusiones

Luego de analizar el comportamiento en frecuencia en el rango de respuesta de los transductores en los dos métodos, se observa los dos arrojan resultados similares, lo que muestra que sin importar el método utilizado para la obtención de la IR que se use, el comportamiento del instrumento permanece.

Los dos métodos utilizados muestran que el tiple presenta una respuesta pobre por debajo de 100 Hz. Además comparten los picos energéticos alrededor de 110 Hz, 220 Hz y 460 Hz.

Utilizar los dos métodos de obtención de respuesta a impulso brinda una visión más amplia del comportamiento del instrumento, debido a que el método indirecto muestra con más detalle la zona entre 100 Hz y 2 kHz; y el método directo muestra además el comportamiento por encima de los 2 kHz.

Al comparar las respuestas al impulso obtenidas por medio del método indirecto en los ejes X y Y, se puede observar que se presentan picos en las mismas frecuencias, aunque con mucha menor amplitud, esto se debe a que el eje X corresponde al eje perpendicular a la tapa del instrumento, eje en el cual se tiene mayor libertad de movimiento.

Se puede apreciar una mayor conservación de energía a frecuencias bajas en el método directo, esto se debe a que en este caso se analiza de mejor forma el sistema completo de excursión de energía del tiple, es decir volumen de aire de quien depende el comportamiento en frecuencias bajas (resonador de Helmholtz) y el comportamiento estructural de las maderas, mientras que en el método inverso se analiza principalmente el comportamiento estructural del instrumento que es el encargado de irradiar frecuencias altas.

Cualquiera de los dos métodos es útil a la hora obtener la respuesta al impulso del instrumento; ambos son métodos fieles a sus resultados.

En los dos métodos utilizados se está analizando un sistema compuesto por varios subsistemas. En el caso del método directo el transductor electromecánico, el tiple y el micrófono conforman un primer sistema, y en el método inverso se tiene un altavoz, el tiple y el acelerómetro. Para hablar de la respuesta al impulso única y exclusivamente del tiple se hace necesario un desacople entre estos subsistemas.

Referencias

- Puerta Zuluaga, David Puerta (1988). "Los Caminos del Tiple". Primera Edición. Ediciones AMP. Biblioteca Luis Ángel Arango, Bogotá Colombia.
- Beranek, Leo (1961). "Acústica". Primera Edición. Editorial Hispanoamericana. Buenos Aires, Argentina.
- Howard, David Martin (2001). "Acoustics and Psicoacoustics". Segunda Edición. Oxford, Focal Press. Oxfordshire, Inglaterra.
- Puerta Zuluaga, David Puerta (1988). "Los Caminos del Tiple". Primera Edición. Ediciones AMP. Biblioteca Luis Ángel Arango, Bogotá Colombia.
- Ruffa, Fransisco (2008). Cátedra de la asignatura Diseño de Sistemas I, en la Universidad de San Buenaventura, sede Bogotá, Colombia.
- Hermida Cadena, Luis Fernando (2009). Cátedra de la asignatura Mediciones Acústicas en la Universidad de San Buenaventura, sede Bogotá, Colombia.
- Fletcher, Neville Horner (2000). "The physics of musical instruments". Primera Edición. Springer Verlag. New York, Estados Unidos.
- Farina, Angelo; Langhoff, Andread; Tronchin, Lamberto. "Comparison of Violin Impulse Responses by Listentint to Convoluted Signals". Institute for System Engineering and Informatics, E.C. Joint Research Center y Scuola Internazionale di Liuteria, Cremona. Ispra, Italia
- Farina, Angelo; Langhoff, Andread; Tronchin, Lamberto. "Acoustic characterisation of virtual musical instruments: using MLS technique on ancient violins". Institute for System Engineering and Informatics, E.C. Universidad de Parma, Italina. D.I.E.N.C.A, Facolta di Ingengeria, Univerisity of Bolonga, Italia.