

Título completo del trabajo: CORRIMIENTO DE LOS MODOS PROPIOS EN EL PUENTE DE UN VIOLONCELLO DEBIDO A VARIACIONES EN EL MATERIAL Y LA FORMA GEOMETRICA

Director: Paupy Pablo

Resumen: Este proyecto de investigación es una continuación de un proyecto anterior PID ASUTNDE0007666 realizado en los laboratorios de Vibraciones Mecánicas de la Facultad Regional Delta, donde se propone un estudio sobre la generación y propagación de señales de vibración junto al estudio del fenómeno de la transformación de sonido en un instrumento musical del tipo cordófono, de cuerdas frotadas. Dicho estudio puede dividirse en, al menos, tres etapas de estudio: la influencia de la geometría del puente en los modos naturales de resonancia, la influencia del material utilizado en la construcción del puente y la transferencia de la señal a una caja de resonancia.

Son conocidas diversas investigaciones, que dedican su esfuerzo al estudio de las cajas de resonancia en distintos instrumentos musicales acústicos (Meyer, 2009). Destacando que es muy poco abordado el caso particular de los instrumentos de cuerda, especialmente de cuerda frotada, como se presenta en este proyecto. En instrumentos de este tipo, la fuente vibrante es la cuerda que, según su longitud, vibra de acuerdo a un modelo ideal, conocido como movimiento de Helmholtz (Woodhouse, 2014), donde la función de transferencia de la señal de la cuerda a la caja resonante tiene un rol central. En el caso del violoncello, el rol de transferir la vibración de la cuerda a la caja resonante, lo cumple el puente del instrumento (Bissinger, 2006) (Elie, 2014) (Matsutani, 2002) (Paiva, 2016) (Pan, 2007) (Saitis, 2012) (Zhang, 2013) del cual se puede obtener diversas funciones de transferencia, según la naturaleza del mismo. El núcleo de interés del presente proyecto, que hace novedosa e innovadora la propuesta del mismo, se centra en estudiar los modos de vibración del puente del instrumento (Rodgers, 2006), siendo el principal objeto de estudio, la influencia de la geometría y el material empleado para la construcción del puente, en la transferencia de la energía a la caja de resonancia del instrumento.

En el desarrollo de la investigación, se identificarán los modos de vibración del puente y el mecanismo de transferencia de la señal a la caja del instrumento. Para ello se diseñará un conjunto de puentes con modificaciones en la forma de los apoyos (pies), las caladuras (ojos y corazón) a los fines de analizar cómo estas formas, típicas en los puentes desde los orígenes de los instrumentos de cuerdas frotadas, caracterizan la función de transferencia de la señal y eventualmente afectan el timbre del instrumento (Matsutani, 2002) (Rodgers, 1990) (Bissinger, 2006). Asimismo, se propone desarrollar métodos de copiado de puentes existentes reales -provistos por luthieres- y replicarlos en materiales, tales como: polímeros de impresoras 3D, resinas epoxis y con un particular énfasis en la experimentación de ensayos con métodos de construcción de puentes con fibras de carbono. Esto último podría generar una innovación en la industria de construcción de este tipo de instrumento, ya que se estima que el uso de puentes de carbono, generaran una mayor transmisión de energía y, por consiguiente, una mayor energía sonora entregada al medio por este tipo de instrumentos (Ibañez-Arnal, 2019).

Se construirán puentes con variantes en las formas mencionadas para evaluar de qué modo cada una de estas afectan la señal transmitida. Se modelará el comportamiento

del puente como objeto vibrante para identificar físicamente los aspectos que influyen en la transmisión de la señal como, por ejemplo, la altura de los apoyos (pies), las dimensiones de las caladuras (ojos, corazón y cintura), observando en qué medida los instrumentos de medición adheridos a las cuerdas afectan la propagación de la señal de vibración y el posible efecto sobre la cualidad tímbrica emitida por el instrumento. Se evaluará la posibilidad de introducir señales de vibración controlada, en el puente o en la cuerda, a los fines de lograr una emisión sonora controlada electrodinámicamente (McPherson, 2015). Todas las mediciones se repetirán con la misma metodología en las diferentes variantes de puentes construidos para poder comparar y evaluar los efectos encontrados a partir de los datos obtenidos. Se continuará el trabajo realizado hasta el momento, en referencia al modelado en pequeñas vibraciones y en diferencias finitas, se procurará formular el modelo acorde con el esquema de mediciones, se analizará el comportamiento de la matriz de vibraciones y se vinculará con los modos propios obtenidos a partir de la matriz de covarianza en las mediciones de vibraciones. Sobre la base de este mismo esquema, se modelará el proceso de transferencia de la vibración de la cuerda a la caja de resonancia a partir de un planteo en diferencias finitas. Este desarrollo se ha iniciado en modo preliminar analizando el comportamiento matemático de la matriz de vibraciones, modelando la geometría del puente y la elasticidad de los puntos más representativos acoplados con mediciones. Se buscará asimismo combinar señales externas con la que introduce la fricción mecánica del arco. En diferentes estadios, en el marco de la investigación, se utilizarán métodos de análisis y resíntesis digital de sonido a través de la técnica ATS (Analysis-Transformation-Synthesis) (Di Liscia, 2003) tomando datos obtenidos por diferentes métodos de implementación de DFT (Discrete Fourier Transform) (Smith, 2012a, b, c, d) sobre señales provenientes de análisis de registros de audio en soporte digital o de señales de vibración mecánica.

Bibliografía citada

- Rodgers O. E, Masino TR (2006) The effect of wood removal on bridge frequencies Catgut Acoust Soc.J. Vol. 1, No, 6 (Series II) November 2006
- Basso G (2006) Percepción Auditiva. Buenos Aires, UNQ Editorial.
- Bissinger G (2006) The Violin Bridge as Filter J. Acoust. Soc. Am. 120 _1_, July 2006
- Di Liscia OP Pampin J (2003) Spectral analysis-based synthesis and transformation of digital sound: the ATSH program. Proceedings IX Brazilian Symposium on Computer Music, Campinas, Brasil.
- Elie B Gautier F David B (2014) Acoustic signature of violins based on bridge transfer mobility Measurements PACS numbers: 43.75. De, 43.75.
- Manuel Ibáñez-Arnal, Luis Doménech-Ballester and Fernando Sánchez-López (2019) A Study of the Dynamic Response of Carbon Fiber, Reinforced Epoxy (CFRE) Prepregs for Musical Instrument Manufacturing Department of Mathematics, Physics and Technology Sciences. University CEU Cardenal Herrera, CEU Universities, Avda. Seminario s/n, 46113 Moncada, Spain.
- Matsutani A (2002) Study on Bridge of Violin by Photoelastic Observation Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 41, pp. 6291-6296.
- McPherson A (2015) Buttons, Handles, and Keys: Advances in Continuous-Control Keyboard

- Instruments. Computer Music Journal, 39:2, pp. 28-46 MIT. Massachusetts
- Meyer J (2009) Acoustics and the Performance of Music. Original German edition published by PPV Medien, Edition Bochinsky. Bergkirchen
 - Paiva G Ablitzer F Gautier F Sécail-Géraud M Dos Santos JMC (2016) Measuring the Mobility Matrix at the Bridge of Stringed Instruments by the Wire Breaking Method CFA 2016 / VISHNO
 - Pan J Wilkins R (2007) A Study of Input Mobility Functions at a Violin's Bridge ICSV14 9-12 July 2007. Cairns. Australia
 - Perna G (2017a) ATS-C Programa de resíntesis de sonido bajo la técnica ATS para ejecutar por línea de comando. Trabajo Final de Especialización en Sonido digital aplicado a las artes (ATAM-UNA)-CABA.
 - Perna G Paupy P Huggenberger D (2017b) Resíntesis digital de sonido realizada sobre la base de señales de vibración mecánica de un cuenco tibetano. III Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología Musical. Departamento de Artes Musicales y Sonoras. Carlos López Buchardo. Universidad Nacional de las Artes. Buenos Aires. 26-28 de octubre de 2017.
 - Saitis CL Fritz C Giordano B L Scavone G P (2012) Bridge Admittance Measurements on 10 Preference-Rated Violins Proceedings of the Acoustics 2012 Nantes Conference.
 - Smith III JO (2012a) Mathematics of the Discrete Fourier Transform (DFT), CCRMA Stanford, USA.
 - Smith III JO (2012b) Introduction to digital filters, CCRMA-Stanford.
 - Smith III JO (2012c) Spectral Audio signal Processing, CCRMA-Stanford.
 - Smith III JO (2012d) Physical Audio signal processing, CCRMA Stanford.
 - Woodhouse J (2014) The acoustics of the violin: review. Reports on Progress in Physics. 77 (2014) 115901 (42pp) doi:10.1088/0034-4885/77/11/115901.
 - Zhang ChZ Zhang GM Ye BY Liang LD (2013) Violin Bridge Mobility Analysis under In-Plane Excitation Sensors 2013, 13, 15290-15306; doi:10.3390/s131115290.