

ANÁLISIS ESPECTRAL DEL SONIDO OBTENIDO CON TUDELES DE OBOE FABRICADOS CON DIFERENTES MATERIALES

PACS: 43.75.Ef, 43.66.Jh

I. Navalón Sala¹, M.T. Sala Milvaques², C. Blasco-Yepes³, S. Castiñeira-Ibáñez⁴, C. Rubio⁵,
J.V. Sánchez-Pérez⁵

¹Conservatorio Profesional de Música Tenor Cortis de Denia (España).
isabelnavalonsala@hotmail.com

²Centre Professional de Música "Mestre Onofre Diez Monzó" Montserrat, Valencia (España).
maiteoboe@gmail.com

³Conservatorio Superior de Música Joaquín Rodrigo de Valencia (España).
cablasy@gmail.com

⁴Departamento de Física Aplicada, Universitat Politècnica de València, València, (España).
sercasib@mat.upv.es

⁵Centro de Tecnologías Físicas: Acústica, Materiales y Astrofísica, Universitat Politècnica de
València, València, (España). crubiom@fis.upv.es, jusanc@fis.upv.es

RESUMEN

El oboe produce su sonido gracias a la vibración de una lengüeta doble. Esta lengüeta está formada por la pala (*Arundo donax*) y el tudel. Actualmente, los tudeles se fabrican con diversos materiales. En este trabajo, se realiza un estudio comparando lengüetas ensambladas en el mismo modelo de tudel pero compuesto de diferentes materiales: oro, plata, cobre, latón y rodio, para así ver si los diferentes materiales influyen en la producción del sonido del oboe. Se ha realizado un análisis espectral de varias notas pertenecientes a diferentes registros con la finalidad de comprobar la mejora respecto a su calidad tímbrica.

ABSTRACT

The oboe's sound is produced by the vibration of its double reed. The double reed consists of two pieces of ARUNDO DONAX cane and the staple. Nowadays, the staples are made of different materials. In this work, a study is made comparing reeds joined in the same staple but constructed with different materials such as, gold, silver, copper, brass and rhodium. The aim is to observe if there is some difference in the tone quality. Moreover, it has been made a spectral analysis of different sounds in different registers in order to observe if there is an improvement in the sound quality.

1.- INTRODUCCION

El sonido emitido por un instrumento no es un tono puro sino que es una composición de varias frecuencias siendo una de ellas la fundamental y el resto múltiplos de esa frecuencia, denominados armónicos. El timbre de un sonido es la característica subjetiva que hace posible al oído distinguir entre dos sonidos, de igual frecuencia fundamental e intensidad, emitidos por fuentes de diferente naturaleza [1]. La explicación del significado del timbre radica en el conjunto de armónicos o frecuencias que acompañan a la frecuencia fundamental. Así por ejemplo, nuestro oído es capaz de distinguir un La₃ (440 Hz) emitido por un oboe de un La₃

emitido por una flauta travesera. Por lo tanto, cuando dos instrumentos emiten a la vez dos sonidos de la misma frecuencia e intensidad, se pueden distinguir perfectamente las notas emitidas por cada uno de ellos.

En el estado estacionario de un sonido el timbre depende de la distribución de potencia sonora en función de la frecuencia, es decir, de cómo se distribuye la potencia sonora entre el modo fundamental y sus armónicos. Para un espectro de potencias con componentes $P_i(f_i)$, el centroide espectral f_c , es una frecuencia que se define como:

$$f_c = \frac{\sum f_i P_i}{\sum P_i}$$

La definición guarda analogía con la del centro de masas. Muchos investigadores sostienen que la calidad tímbrica o brillantez está correlacionada con el incremento de potencia de las altas frecuencias. La hipótesis es que la brillantez de dos tonos está simplemente correlacionada con el parámetro f_c [2] [3].

2.- CARACTERÍSTICAS DE LOS TUDELES EMPLEADOS

2.1.- Materiales

El oboe es un instrumento aerófono que necesita de una lengüeta para la producción de su sonido. Esta lengüeta es doble, ya que está formada por dos láminas de madera que vibran a una frecuencia determinada, dependiendo de sus dimensiones, masa y elasticidad. Esta vibración, excita las ondas periódicas de presión de la columna de aire situada dentro del tubo del oboe. La lengüeta está formada por dos palas y un tudel que se unen con hilo de nailon, para luego ser raspada. Un tudel es un tubo cónico sobre los que se montan las palas. Su longitud es de 47 milímetros, aunque existen también de 45 y 46 mm. Su diámetro interior puede variar tanto en su extremo superior como inferior, dependiendo de los fabricantes. Su longitud y los diámetros influyen sobre el timbre, el volumen y la afinación del instrumento.

Los tudeles utilizados en este experimento son los fabricados por Gualco de 47 mm. Y tienen como molde base la forma del tudel Chiarugi 47 2, en diferentes materiales: oro, plata, rodio, cobre y latón (figura 1).



Figura 1: Tudeles con los distintos materiales: oro, plata, rodio, latón y cobre (ordenados de izquierda a derecha).

2.2.- Características constructivas de los tudeles

Si se observa la parte externa de estos tudeles, aparentemente parecen estar contruidos con un único material, pero si observamos las Figura 2 y Figura 3, se puede ver el despiece interno y el corte de sección respectivamente, y se observa que existe una peculiaridad y característica propia de los tudeles en cuestión. En su interior llevan incorporado un “corazón” de madera de ébano, pretendiendo aportar, según las propiedades propias del material, un resultado de *cierta calidez* en el sonido, a diferencia de aquellos tudeles fabricados con un único material.



Figura 2: Despiece.



Figura 3: Corte de Sección.

3.- RECURSOS EMPLEADOS PARA EL EXPERIMENTO

Para el experimento se ha utilizado un oboe Marigaux modelo 2001 con número de serie 03986, fabricado en 2014.

En la elaboración de las lengüetas se ha tenido en cuenta la posible variabilidad del material empleado, por lo que para controlar al máximo la variabilidad de las propiedades de la madera de las cañas, se han extraído todas las palas de las diferentes lengüetas utilizadas en este experimento del mismo tubo. Todas ellas mantienen las mismas características en cuanto a grosor y molde de la pala y longitud total (atadas y cortadas).

- Gubiado interno: 59/100
- Longitud total (atadas): 74 mm
- Longitud total (cortadas): 73 mm
- Diámetro del tubo: 10'25-10'50
- Molde de las palas: RC12
- Fabricante de las palas: Le Rousseau Chantant

En las siguientes figuras 4, 5, 6 y 7 se puede observar el proceso de elaboración de las lengüetas:



Figura 4: Tubo y corte de las palas.



Figura 5: Gubiado de las palas.

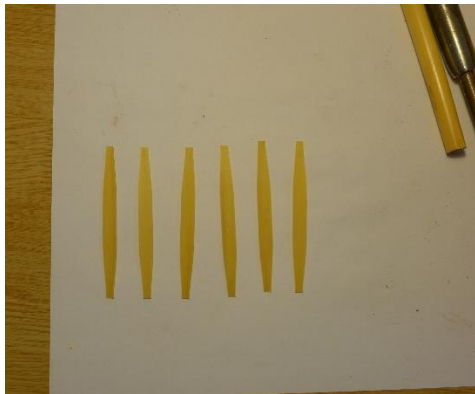


Figura 6: Palas con forma.



Figura 7: Lengüetas atadas.

Una vez finalizado el proceso de atado de las lengüetas, se rebajaron todas ellas con una máquina de raspado del fabricante George Rieger, todas ellas con el mismo molde de raspado y terminadas poco a poco a mano, teniendo en cuenta en realizar los mismos retoques en cada una de las lengüetas (figura 8).



Figura 8: Lengüetas raspadas.

4.- SONIDOS ELEGIDOS PARA LA REALIZACIÓN DE LAS PRUEBAS ACÚSTICAS

Para el estudio se han grabado diversas notas, abarcando todo el registro del instrumento (registro grave, medio y agudo). Se han escogido el Re_3 , La_3 , Do_4 , $Do\#_4$ y Sol_5 . Ejecutadas todas ellas con una dinámica de *mezzoforte* (mf) (figura 9).

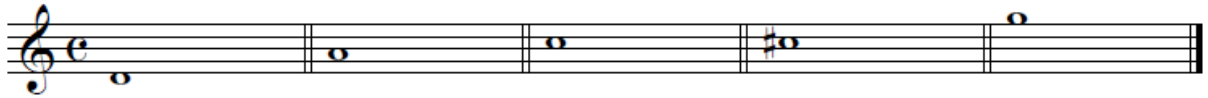


Figura 9: Ejemplo musical de las notas del experimento.

5.- METODOLOGIA Y RESULTADOS

Las medidas experimentales de este trabajo se han realizado en condiciones controladas, en una cámara anecoica perteneciente al Centro de Tecnologías Físicas de la Universitat Politècnica de València [4], [5]. Una cámara anecoica es una sala diseñada para absorber el sonido que incide sobre las paredes, el suelo y el techo de la misma, anulando los efectos de eco y reverberación del sonido. En este caso, la cámara tiene unas dimensiones de $8 \times 6 \times 3 \text{ m}^3$.

En la Figura 1 se muestra un esquema de la cámara y la disposición de los distintos elementos utilizados para llevar a cabo las medidas. El micrófono se encuentra conectado a un analizador donde se registra la señal temporal y posteriormente se realiza la Transformada Rápida de Fourier (FFT). Este analizador está conectado a un ordenador (PC) donde se representan los resultados.

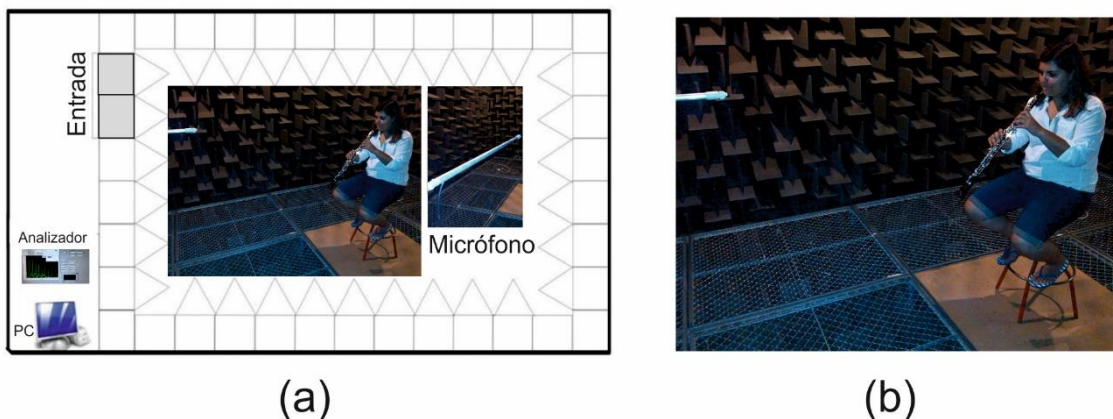


Figura 10: (a) Conjunto experimental utilizado para las medidas, (b) posición relativa oboe-micrófono en el momento de la medida. Músico Maria Teresa Sala Milvaques.

Para la adquisición de datos se ha utilizado la tarjeta PCI-4474 de National Instruments. Está diseñada para el análisis, tanto de señales de ruido aéreo como de vibración, consiguiendo poca distorsión y bajo ruido de fondo. Las tarjetas de National Instruments, PCI-4474 y PCI-7334, se utilizan de manera conjunta con dos paquetes de LabVIEW para la adquisición de datos. El análisis, se realiza mediante un analizador FFT que permite obtener la respuesta en frecuencia y los niveles sonoros. Se han utilizado micrófonos pre-polarizados de 1/2" tipo 4189 B&K con una sensibilidad de 49.5 mV/Pa, que permiten analizar un amplio rango de frecuencias. En este trabajo se ha analizado el rango de 0 Hz a 8000 Hz.

En la Figura 11 se muestran las cañas de oboe diseñadas para las medidas experimentales. Se han construido utilizando los seis materiales diferentes respecto al tudel: corcho, oro, plata, rodio, latón y cobre. Las palas utilizadas son del mismo material y provienen todas ellas de la misma caña. La longitud y el atado de las cañas se ha cuidado para no afectar a la afinación.

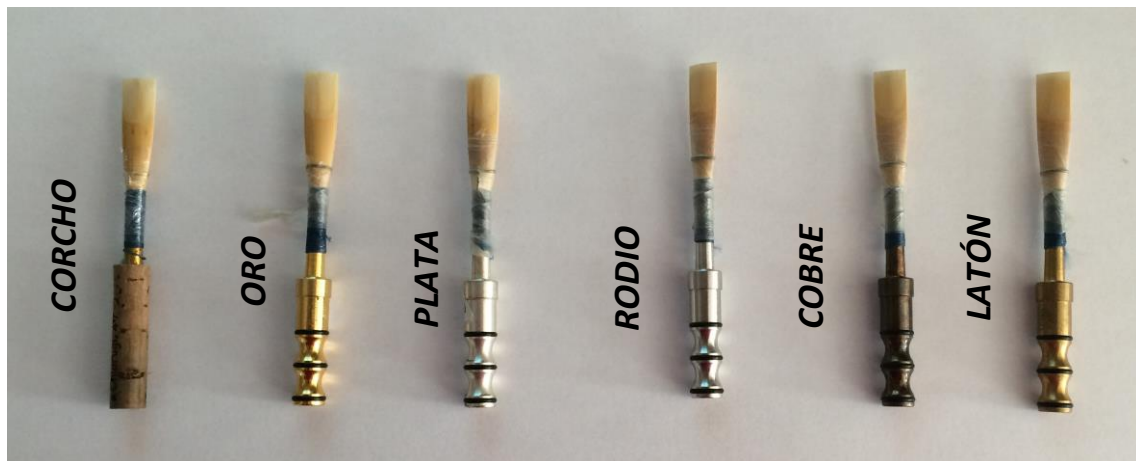


Figura 11: Tudeles utilizados en las medidas: corcho, oro, plata, rodio, cobre y latón de izquierda a derecha.

Se han medido los espectros de nivel de presión sonora de varias notas musicales para los tudeles seleccionados y se han comparado con el clásico tudel de corcho. Estos espectros se representan en figuras donde el eje horizontal representa la frecuencia en hercios (Hz) y el eje vertical representa el nivel de presión LP en decibelios (dB). De la comparación de espectros se puede observar si los armónicos han cambiado en posición y/o tamaño, pudiendo valorar este cambio mediante el cálculo del centroide espectral.

En la Figura 12 se compara para la nota Re3 (Re del registro grave del oboe), el tudel de corcho con el tudel de rodio. Como puede observarse en el recuadro, los armónicos en el rango de 5000 a 8000 Hz han cambiado. El centroide obtenido para el tudel de corcho resulta ser de 3098 Hz mientras que para el tudel de rodio es 3257 Hz.

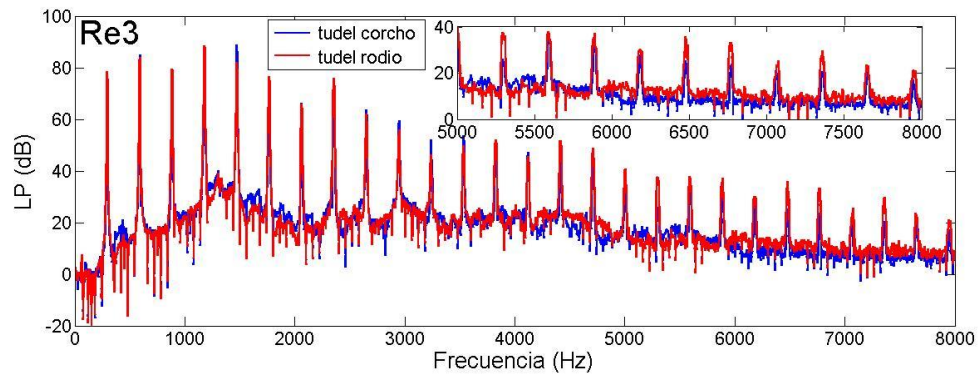


Figura 12: Espectro de presión en decibelios para la nota Re3, Re del registro bajo del oboe, obtenido con tudel de corcho (azul) y tudel de rodio (rojo), en el rango de frecuencias de 0 a 8000 Hz. El recuadro muestra aumentado el espectro para el rango de frecuencias de 5000 a 8000 Hz, para ambos tudeles.

En la Figura 13: se compara para la nota Re3 (Re del registro grave del oboe), el tudel de corcho con el tudel de plata. Para ver con más detalle los cambios que se producen en el espectro armónico, se presentan aumentados varios rangos de frecuencia de la banda 0 a 8000 Hz. Como se puede observar en la Figura 13.b), rango de 0 a 1000 Hz, la posición del fundamental para ambos tudeles coincide, mientras que en la Figura 13.c) se muestra aumentado el espectro en el rango de frecuencias 3000 a 5000 Hz, apreciándose como los armónicos generados con el tudel de plata se han desplazado levemente hacia altas frecuencias. El centroide espectral para el tudel de corcho resulta de 3098 Hz mientras que para el tudel de plata es de 3363 Hz.

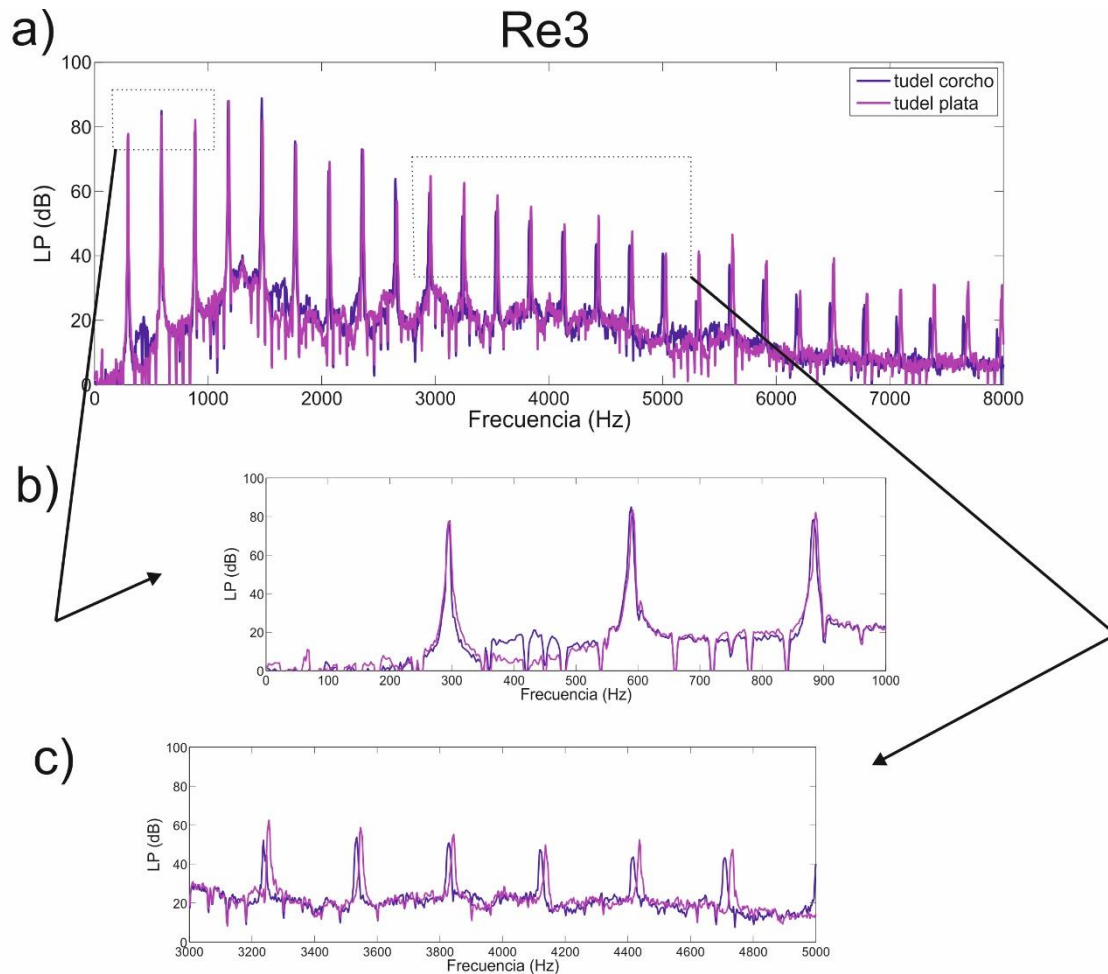


Figura 13: a) Espectro de presión en decibelios para la nota Re3, Re del registro bajo del oboe, obtenido con tudel de corcho (azul) y tudel de plata (magenta), en el rango de frecuencias de 0 a 8000 Hz, b) detalle del espectro mostrado en a) ampliado a bajas frecuencias, rango 0 a 1000 Hz, donde se muestra la posición del fundamental obtenido con ambos tudeles, c) detalle del espectro mostrado en a) ampliado para el rango de frecuencias de 3000 a 5000 Hz, para ambos tudeles.

En la Figura 14 se compara para la nota Re3 (Re del registro grave del oboe), el tudel de corcho con el tudel de cobre. Como se puede observar en la Figura 14.b) la posición del fundamental para ambos tudeles coincide, mientras que en la Figura 14.c) se muestra aumentado el espectro en el rango de frecuencias 5000 a 8000 Hz, apreciándose como los armónicos generados con el tudel de cobre se han desplazado hacia altas frecuencias e incluso su tamaño ha cambiado. El centroide espectral para el tudel de corcho resulta de 3098 Hz mientras que para el tudel de plata es de 3381 Hz.

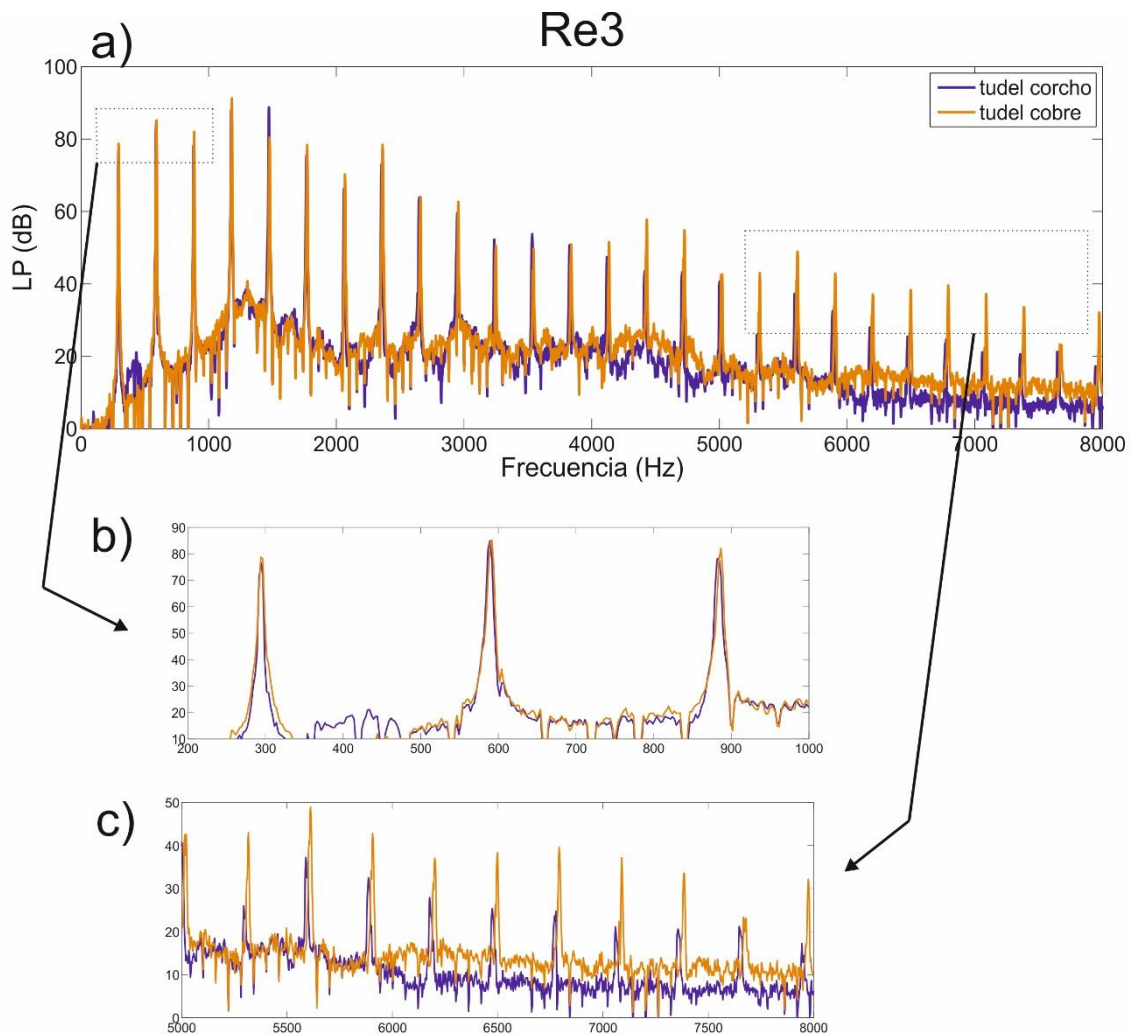


Figura 14: a) Espectro de presión en decibelios para la nota Re3, Re del registro bajo del oboe, obtenido con tudel de corcho (azul) y tudel de cobre (marrón), en el rango de frecuencias de 0 a 8000 Hz, b) detalle del espectro mostrado en a) ampliado a bajas frecuencias, rango 0 a 1000 Hz, donde se muestra la posición del fundamental obtenido con ambos tudeles, c) detalle del espectro mostrado en a) ampliado para el rango de frecuencias de 5000 a 8000 Hz, para ambos tudeles.

En la Figura 15 se compara para la nota La3 (La del registro medio del oboe), el tudel de corcho con el tudel de oro. Como se puede observar la posición del fundamental para ambos tudeles coincide, mientras que en recuadro se muestra aumentado el espectro en el rango de frecuencias 6000 a 8000 Hz, apreciándose como los armónicos generados con el tudel de oro se han desplazado hacia altas frecuencias. El centroide espectral para el tudel de corcho resulta de 3407 Hz mientras que para el tudel de oro es de 3466 Hz.

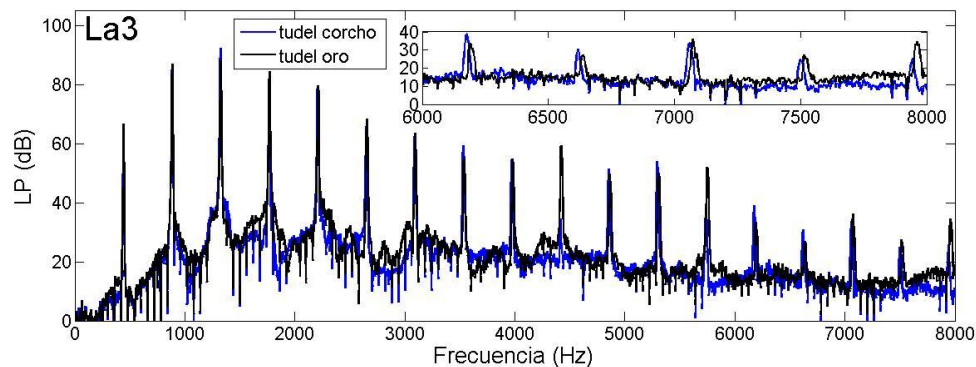


Figura 15: Espectro de presión en decibelios para la nota La3, La del registro medio del oboe, obtenido con tudel de corcho (azul) y tudel de oro (negro), en el rango de frecuencias de 0 a 8000 Hz. El recuadro muestra aumentado el espectro para el rango de frecuencias de 6000 a 8000 Hz, para ambos tudeles.

En la Figura 16 se compara para la nota Do4 (Do del registro medio del oboe), el tudel de corcho con el tudel de oro. Como se puede observar la posición del fundamental para ambos tudeles coincide, mientras que en recuadro se muestra aumentado el espectro en el rango de frecuencias 4000 a 5000 Hz, apreciándose como los armónicos generados con el tudel de oro han cambiado de tamaño. El centroide espectral para el tudel de corcho resulta de 3557 Hz mientras que para el tudel de oro es de 3610 Hz.

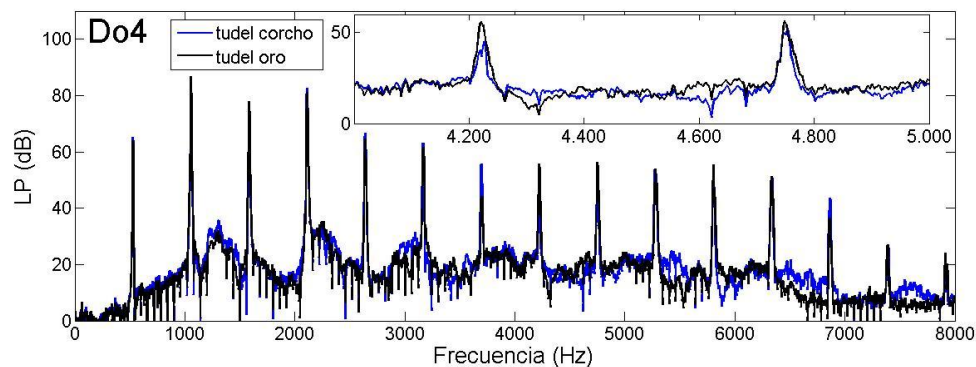


Figura 16: Espectro de presión en decibelios para la nota Do4, Do del registro medio del oboe, obtenido con tudel de corcho (azul) y tudel de oro (negro), en el rango de frecuencias de 0 a 8000 Hz. El recuadro muestra aumentado el espectro para el rango de frecuencias de 4000 a 5000 Hz, para ambos tudeles.

Por último, en la Figura 17, se compara para la nota Do#4 (Do# del registro medio del oboe), el tudel de corcho con el tudel de oro. Esta nota, al oboísta, le resulta particular. Como se puede observar la posición del fundamental para ambos tudeles coincide, mientras que en recuadro se muestra aumentado el espectro en el rango de frecuencias 4000 a 6000 Hz, apreciándose como los armónicos generados con el tudel de latón han cambiado de tamaño y posición. El centroide espectral para el tudel de corcho resulta de 3212 Hz mientras que para el tudel de latón es de 3239 Hz.

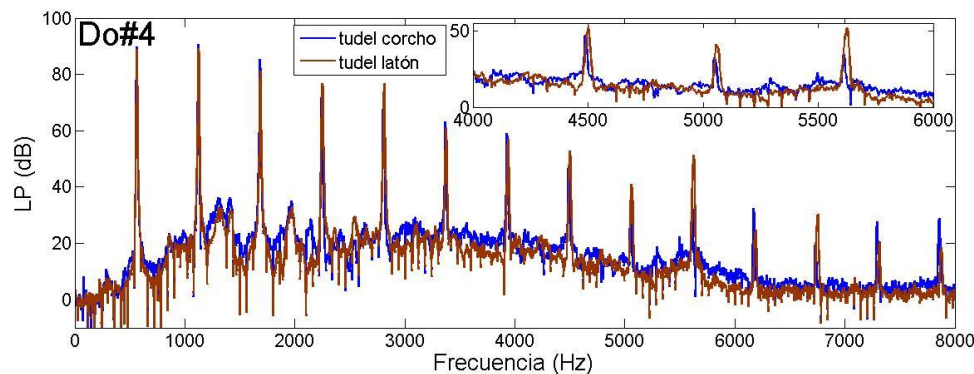


Figura 17: Espectro de presión en decibelios para la nota Do#4, Do sostenido del registro medio del oboe, obtenido con tudel de corcho (azul) y tudel de latón (marrón), en el rango de frecuencias de 0 a 8000 Hz. El recuadro muestra aumentado el espectro para el rango de frecuencias de 4000 a 6000 Hz, para ambos tudeles.

6.- CONCLUSIONES

Las sensaciones de mejor sonoridad que el instrumentista nota cuando utiliza diferentes tudeles de oboe no son infundadas y se resumen en una posible mejora de la calidad tímbrica. Físicamente se ha comprobado que el espectro armónico cambia con la utilización de un tudel u otro. La utilización de tudeles de diferentes metales cambia de posición el centroide espectral y por lo tanto provoca un cambio de la calidad tímbrica del sonido, con respecto al tudel clásico de corcho. Este cambio, dependiendo del interprete, puede ser beneficioso o en su caso no tanto.

7. - BIBLIOGRAFÍA

- [1] Llinares J. et al. Acústica , UPV 2008.70
- [2] Agos A. et al. Estudio Acústico de instrumentos de viento del folklore vasco, Tecniacústica Gandia (2006)
- [3] Benade A. H. *Fundamentals of Musical Acoustics*, Oxford Univ. Press, NY (1976)
- [4] C. Rubio C., J. V. Sánchez-Pérez, R. Martínez-Sala, F. Cervera, *Medida de las características de campo libre de una cámara anecoica*, TECNIACÚSTICA, 96-98 (1997)
- [5] S. Castiñeira-Ibáñez, C. Rubio, J.V. Sánchez-Pérez, R. Pérez Hernández, *Diseño de un tapón de corcho de flauta travesera. Influencia en su calidad tímbrica*. Editorial Sociedad Española de Acústica, TECNIACÚSTICA 2014, 45º Congreso Español de Acústica. 8º Encuentro Ibérico de Acústica. European Symposium on Smart Cities and Environmental Acoustics, Murcia (2014)