

INFLUENCIA DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN EN LOS ORIFICIOS DE OCTAVA DEL OBOE

PACS: 43.75.Ef, 43.66.Jh

C. Blasco-Yepes¹; M.T. Sala Milvaques²; I. Navalón Sala³

¹Conservatorio Superior de Música Joaquín Rodrigo de Valencia (España).

cablasy@gmail.com,

²Centre Professional de Música "Mestre Onofre Diez Monzó" Montserrat (España).

maiteoboe@gmail.com,

³Conservatorio Profesional de Música Tenor Cortis de Denia (España).

isabelnavalonsala@hotmail.com

RESUMEN

El oboe octavea gracias a un mecanismo que permite duplicar la frecuencia de onda para producir las notas agudas. Este mecanismo es un orificio perforado sobre un inserto metálico roscado a la madera. Los materiales de construcción se pueden variar para conseguir cambios en la sonoridad. El estudio acústico muestra que existen diferencias significativas en el timbre entre los materiales utilizados: metal y caucho, siendo las octavas de caucho más armónicas ($p > 0,50$) y con mayor concentración de energía en la parte media del espectro ($p < 0,50$), pero no aparecen para la afinación ni la intensidad.

ABSTRACT

The modern oboe makes octaves thanks to a mechanism that allows doubling the frequency of wave to produce high notes. This mechanism is a perforated hole on a threaded insert metal to wood. You can vary the building materials in order to obtain changes in the sonority. The acoustic study shows the existence of significant differences in timbre between the materials used: metal and rubber, being the octaves of rubber more harmonic ($p < 0,50$) and with more concentration of energy in the middle part of the spectrum ($p < 0,5$), but they do not appear to pitch or intensity.

1. INTRODUCCIÓN

Este artículo se centra sobre las octavas, los dos únicos orificios del oboe que están contruidos y suplementados a la madera y no perforados directamente sobre ella. El objetivo es realizar una introducción al comportamiento acústico de los diferentes materiales de fabricación de estos implantes.

Las octavas en el oboe suelen venir de fábrica construidas en metal, más concretamente alpaca y los oboístas no suelen centrar su atención en esta parte del oboe excepto cuando aparecen los problemas de acumulación de agua. Y es principalmente a partir de este problema cuando los oboístas se han planteado poder cambiar los materiales de fabricación: en vez de metal, caucho.

La alpaca es un metal que condensa rápidamente el aire caliente que se expulsa de la boca del oboísta al interpretar, la diferencia de temperatura entre el metal y el aire expulsado es tal, que las gotas de agua no tardan en aparecer dificultando la interpretación de los oboístas. Sin embargo, el caucho es un material plástico y por lo tanto la diferencia de temperaturas entre el caucho y el aire no es tan grande, provocando que no se produzca la condensación y las octavas se mantengan limpias para una buena ejecución musical.

Sin embargo, ¿existen diferencias acústicas entre estos dos materiales además de la diferencia de la condensación del agua? [1] estudiaron la influencia de los bocales en el fagot, comparando el comportamiento acústico de dos bocales en el mismo fagot mediante un soplado artificial. Después experimentaron con fagotistas, usando siempre la misma lengüeta. Con este estudio determinaron cómo los materiales de construcción de los bocales y el espesor y contorno del mismo influían en el timbre del fagot.

Un resultado interesante es que la geometría de los bocales tenía una mayor influencia en el comportamiento acústico (10%) que los materiales de fabricación (2%). [2] publicaron un estudio sobre el comportamiento acústico de las diferentes boquillas de la trompa y las preferencias de los trompistas por ellas. Trataron de identificar las cualidades subjetivas más importantes que, probablemente, estuvieran influenciadas por la geometría de la boquilla de la trompa. Las variables psicoacústicas evaluadas fueron: la flexibilidad, el control de la afinación, la facilidad de interpretación, la entonación, la tonalidad (la calidad del sonido producido), el rango dinámico, y la claridad del ataque (la suavidad y rapidez en el inicio).

En este artículo nos centramos pues en el estudio objetivo de la influencia del material de fabricación de las octavas en el sonido del oboe, estudiando a través de mediciones acústicas las hipótesis emitidas. Para ello grabamos una serie de notas que están influenciadas por estas octavas y comprobamos su comportamiento.

2. DISEÑO DEL EXPERIMENTO

2.1. Tipos de octavas utilizadas

El parámetro esencial para el estudio va a ser el componente de fabricación de las octavas: de metal y de caucho (figura 1). El orificio de las octavas tienen un diámetro de 0'70 mm para la primera octava y 0'80 para la segunda octava (figura 2), manteniéndose constante estas dimensiones en los dos juegos de octava utilizados.

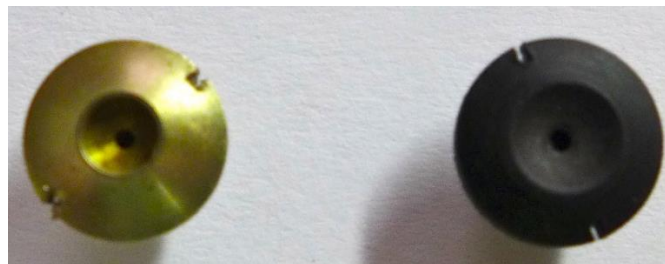


Figura 1. Fotografía de una octava de metal (izquierda) y otra de caucho (derecha).

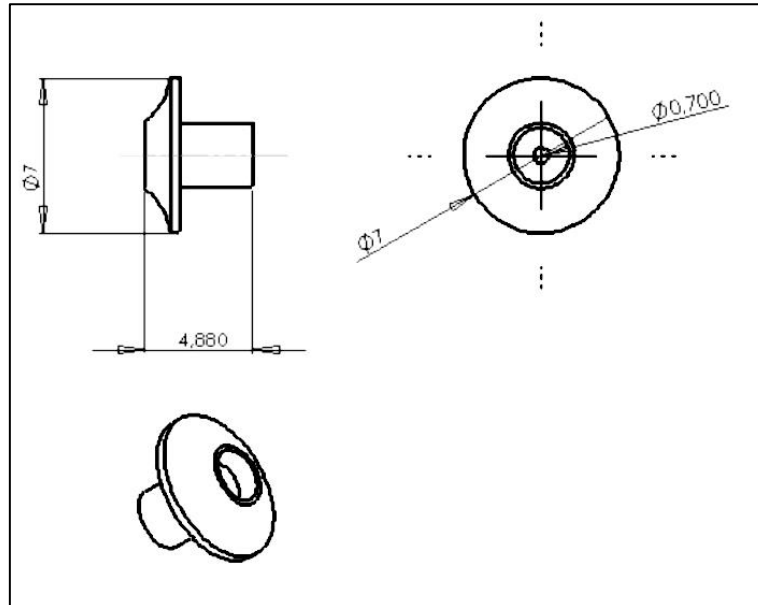


Figura 2. Dibujo acotado de las dimensiones de la primera octava.

El sistema de octavas en el oboe se utiliza para duplicar la longitud de onda producida por el sonido fundamental. Esta fundamental, a su vez, es producida por la sucesión de taladros perforados directamente en la madera. Lo que conocemos como primera octava, afecta a las notas de mi_5 a $sol \#_5$ y la segunda octava de la_5 a do_6 .

El oboe utilizado es un oboe Marigaux modelo 901 con número de serie 38572 (año de fabricación 2014).

Las octavas utilizadas fueron las originales de metal que montó la fábrica Marigaux en el montaje del instrumento, mientras que las octavas de caucho se fabricaron a mano expresamente para ese oboe por el luthier de instrumentos de oboe Santiago Guillot Martínez.

2.2. Hipótesis sobre los tipos de octavas

Podemos formular varias hipótesis sobre la influencia que va a tener el material de construcción de las octavas.

En primer lugar, creemos que los materiales de construcción no afectarán a los parámetros de afinación e intensidad, ya que las dimensiones de las piezas se mantendrán constantes, por lo que las octavas de caucho se comportarán igual que las de metal en cuanto a afinación e intensidad [3].

En segundo lugar, podemos pensar que las octavas de caucho serán más armónicas que las de metal, por la naturaleza de su componente.

En tercer lugar, emitimos la hipótesis que las octavas de caucho afectarán el "color" del sonido, es decir la presencia de armónicos agudos y la forma general del espectro, con más concentración de energía.

2.3. Ejercicios de interpretación instrumental

Para estudiar el comportamiento y las posibilidades de las octavas, hemos grabado una serie de notas que ponen en relieve las principales características de las octavas: mi_5 , fa_5 , $fa\#_5$, sol_5 , $sol\#_5$, la_5 , si_5 y do_6 (figura 3). Cada nota se grabó tres veces, ejecutándose en fortissimo (ff), en mezzoforte (mf) y en pianissimo (pp).



Figura 3. Ejemplo musical de las notas grabadas.

2.4. Grabación

La grabación se realizó en una sola sesión, en la sala de conciertos del Conservatorio Profesional de música de Cullera. Esta sala tiene unas características adecuadas para la grabación de instrumentos. Se utilizó un micrófono SONY ECM-MS907 y se registró en un M-AUDIO MICROTRACK II. La grabación fue realizada por el oboísta Fermín Clemente Bó (figura 4).

Las condiciones de temperatura y humedad relativa se mantuvieron durante las 3 horas de grabación, la temperatura era de 25° C y la humedad relativa del 65%. El mantenimiento de la temperatura constantes es muy importante, ya que debemos pensar que uno de los problemas que más afectan a los instrumentistas de viento es la temperatura, porque las diferencias en ella pueden provocar cambios en la afinación de las notas [4].



Figura 4. Fotografía del momento de la grabación.

3. RESPUESTAS ACÚSTICAS GLOBALES DE LAS OCTAVAS

En esta parte se estudian las características acústicas generales de cada octava, utilizando todos los ejercicios de interpretación grabados. Para ello, realizamos una serie de pruebas T pareadas (pairedsamples T-test o test de Student pareado) comparando para cada par de octavas las mediciones acústicas de un mismo ejercicio de interpretación. De esta manera podemos averiguar si las diferencias de sonoridad existentes entre las diferentes octavas son diferencias significativas o no.

3.1. Mediciones acústicas realizadas

Utilizando el programa Praat [5] se han medido los principales parámetros acústicos que agrupamos en las siguientes categorías:

1. parámetros relativos a la intensidad: amplitud media; intensidad máxima y media (dB); energía; potencia y media cuadrática (*Root-mean-square* RMS).
2. parámetros relativos a la variabilidad de la intensidad: desviación estándar de la amplitud.
3. parámetros relativos a la afinación: frecuencia fundamental máxima, mínima y media (Hz y semitonos).
4. parámetros relativos a la estabilidad de la afinación: desviación estándar (en Hz y semitonos) de la frecuencia fundamental; pendiente media de la frecuencia fundamental (en Hz y semitonos).
5. parámetros relativos a la facilidad de vibración: cantidad de ciclos con una altura definida (*Nº voiced frames*).

6. parámetros relativos a la armonicidad: armonicidad media y su desviación estándar.

7. parámetros relativos al timbre: diferencia de energía de bandas entre las frecuencias por debajo de 100, 200, 300, 400, 500, 700, 1000 y 2000 Hz; centro de gravedad del espectro; momento central del espectro, Kurtosis del espectro, Skewness del espectro y desviación estándar del espectro.

3.2. Intensidad sonora

Se han comparado los dos juegos de octavas según diferentes medidas acústicas relacionadas con la intensidad. Utilizamos la medición de la intensidad (dB) como medida más representativa, y comparamos para cada par de octavas con una prueba T pareada (paired samples T-test) todos los valores de intensidad en todos los ejercicios, como se puede ver en la tabla 1.

Como podemos observar, las octavas de metal son las que mayor intensidad consiguen aunque no de forma significativa ($t=-0,274$ y $p>0,05$) por lo que la intensidad sonora general parece estar ligada a otras características del oboe y no a los diferentes materiales de construcción de las octavas.

Prueba de muestras relacionadas^a

	Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
				Inferior	Superior			
Par ValorCaucho - 1 ValorMetal	-2083217605 228118	3480412049 6759688	7594881746 322159	-179258633 14362208	137594281 03905972	-,274	20	,787

a. Parámetro = intensitydB

Tabla 1. Prueba T, comparando las diferentes octavas en los valores de intensidad (dB).

3.3. Variabilidad de la intensidad

Se han comparado las octavas según diferentes medidas acústicas relacionadas con la variabilidad de la intensidad. Utilizamos la medición de la desviación estándar de la amplitud como medida más representativa; los resultados de la prueba T pareada (paired samples T-test) pueden verse en la tabla 2.

Los resultados de la tabla 2 indican que la desviación estándar de la amplitud no parece estar ligada a los materiales de construcción de las octavas, siendo las octavas de caucho las que mayor amplitud consiguen ($t=0,212$ y $p>0,05$) aunque no de forma significativa.

Prueba de muestras relacionadas^a

	Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
				Inferior	Superior			
Par ValorCaucho - 1 ValorMetal	00011639927 5921	002517079 561965	00054927 1791568	00102936 1603905	00126216 0155746	,212	20	,834

a. Parámetro = ampliStdDev

Tabla 2. Prueba T, comparando las diferentes octavas en los valores de desviación estándar de la amplitud.

3.4. Afinación

Se han comparado las octavas según diferentes medidas acústicas relacionadas con la afinación.

Utilizamos la medición de la frecuencia media (F0 en semitonos) como medida más representativa de la afinación; con la prueba T pareada (paired samples T-test) obtenemos los resultados de la tabla 3.

Como podemos observar en la siguiente tabla, las notas interpretadas con las octavas de caucho están ligeramente más altas que las de las octavas de metal, no siendo significativo en ninguno de los casos ($t=0,888$ y $p>0,05$).

Prueba de muestras relacionadas^a

	Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación n típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
				Inferior	Superior			
Par ValorCaucho - 1 ValorMetal	38687870 2772487	17960907 45933437, 5	43561599 1686939,8	-53658594 6430164	13103433 51975138	,888	16	,388

a. Parámetro = MeanF0st

Tabla 3. Prueba T, comparando las diferentes octavas en los valores de frecuencia media (F0 en semitonos).

3.5. Estabilidad en la afinación

Se han comparado las octavas según diferentes medidas acústicas relacionadas con la estabilidad de la afinación. Utilizamos la medición de la desviación estándar en semitonos como medidas más representativas; los datos del análisis estadístico (paired samples T-test) pueden verse en la tabla 4.

Los datos indican que las octavas fabricadas en metal son más estables que las octavas de metal de forma significativa ($t=2,20$ y $p<0,05$).

Prueba de muestras relacionadas^a

	Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación n típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
				Inferior	Superior			
Par ValorCaucho - 1 ValorMetal	00592475 4273940	01232099 6235967	00268866 1804218	00031630 4028281	01153320 4519599	2,204	20	,039

a. Parámetro = stdDevSt

Tabla 4. Prueba T, comparando las diferentes octavas en los valores de desviación estándar en semitonos.

3.6. Facilidad de vibración

Se han comparado las octavas según diferentes medidas acústicas relacionadas con la facilidad en la vibración. Utilizamos la medición de *Nº voiced frames* como medida más representativa; una prueba T pareada (paired samples T-test) entre los dos pares de octavas (tabla 5) muestra una diferencia muy significativa entre los dos juegos de octavas, siendo las octavas de metal las que mayor facilidad de vibración obtienen ($t=-4,69$ y $p<,001$).

Prueba de muestras relacionadas^a

	Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación n típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
				Inferior	Superior			
Par ValorCaucho - 1 ValorMetal	-70,83333 3333333 70	64,045250 54714875 0	15,095610 32156011 0	-102,6822 87146661 620	-38,98437 95200051 30	-4,692	17	,000

a. Parámetro = NoVoicedFrames

Tabla 5. Prueba T, comparando las diferentes octavas en los valores de *Nº voiced frames*.

3.7. Armonicidad

Se han comparado las octavas según diferentes medidas acústicas relacionadas con la armonicidad.

Utilizamos la medición de la media de la armonicidad (harmonics-to-noise ratio) como medida más representativa; con el análisis estadístico (paired samples T-test) obtenemos los valores de la tabla 6.

Observamos que las octavas de caucho son las que mayor armonicidad tienen, aunque no de forma significativa ($t=0,17$ y $p>0,05$). Las octavas de metal parecen pues introducir más ruido en el sonido producido.

Prueba de muestras relacionadas^a

	Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación n típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
				Inferior	Superior			
Par ValorCaucho - 1 ValorMetal	64976311 1948594	16605552 82303576 4	36236287 03245191, 5	-69089939 09483961	82085201 33381149	,179	20	,859

a. Parámetro = HarmonicityMean

Tabla 6. Prueba T, comparando las diferentes octavas en los valores de armonicidad media.

3.8. Timbre

Se han comparado las octavas según diferentes medidas acústicas relacionadas con el timbre. Al medir la Kurtosis y la Skewness del espectro, observamos que las octavas de caucho tienen mayores valores de Kurtosis que de Skewness, siendo el primero de ellos significativo, como se puede ver en la tabla 7 y 8. Una kurtosis más alta indica que hay más energía entorno al centro espectral, y una kurtosis baja indica en general un espectro más plano. Una skewness más alta indica que la energía se distribuye más en la parte grave (inferior al centro espectral). Tenemos pues que el sonido con las octavas de caucho distribuye la energía en la parte central de forma significativa ($t=2,60$ y $p<0,05$) mientras que el sonido producido por las octavas de metal obtiene más energía en la parte grave del espectro, aunque no de forma significativa ($t=-0,28$ y $p>0,05$).

Prueba de muestras relacionadas^a

	Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
				Inferior	Superior			
Par ValorCaucho 1 - ValorMetal	4830368364 040740	850342709 2201470	185559991 9835784,2	95965475 8513989	87010819 69567491	2,603	20	,017

a. Parámetro = spectrumKurtosis

Prueba de muestras relacionadas^a

	Diferencias relacionadas						t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia					
				Inferior	Superior				
Par ValorCaucho 1 - ValorMetal	-1130201178 204630	182346316 95907520	397912285 7911294,5	-94305060 11987322	71701036 55578062				

a. Parámetro = spectrumSkewness

Tabla 7 y 8. Prueba T, comparando las diferentes octavas en los valores de Kurtosis (arriba) y Skewness (abajo).

4. DISCUSIÓN

Si analizamos los resultados globales de comparación de las octavas, observamos que tenemos una diferenciación clara para los parámetros ligados al timbre, específicamente a la distribución de la energía en el espectro (kurtosis espectrales) con la octava de caucho asociada a un sonido distribuido en el medio y con formantes más marcados. Además, las octavas de caucho son las que mayor armonicidad tienen, aunque no de forma significativa, siendo las de metal las que más ruido producen. Todas estas características acústicas se corresponden con las apreciaciones subjetivas de más graves, menos brillantes y más resonantes, proporcionando más claridad en la interpretación y un centro tonal mucho más claro para las octavas de caucho.

Las octavas de metal son más estables en la afinación y presentan una mayor facilidad de vibración respecto a las de caucho de forma significativa en ambos casos, y esto podría ocurrir por la naturaleza de la composición del material. Es decir, el caucho, a causa de la fricción, provoca irregularidades microscópicas en la pared de la octava al perforar el orificio, por el contrario el metal tiene mucha más resistencia a la fricción y la pared del conducto resulta más lisa al perforarse.

En el resto de parámetros medidos, no se distingue un patrón ligado al componente de fabricación de las octavas, y parece que predominan más las características intrínsecas de cada octava. Por ejemplo, las octavas de metal se caracterizan por ser las que mayor intensidad consiguen mientras que las de caucho las que mayor amplitud de intensidad consiguen aunque de forma no significativa en ambos casos.

Por otra parte, hemos analizado el comportamiento de las octavas en cada nota grabada, para ver si existen diferencias significativas entre ellas y en ninguno de los ejercicios aparecen. Tan solo para la nota sol# interpretada en *mezzoforte* aparece alguna significatividad ($p=0,50$), pero se encuentra en el límite de ésta.

No obstante, la nota sol# es una nota que se encuentra en el medio de las dos octavas, es decir, en el límite y ni la primera octava ni la segunda son las ideales en esta nota, ya que se podría emitir tanto con una como con la otra.

5. CONCLUSIONES

Después de haber realizado un estudio acústico de la influencia en el sonido de los distintos materiales de construcción en las octavas del oboe, podemos afirmar que los diferentes materiales ofrecen diferencias significativas.

Las hipótesis que habíamos enunciado se verifican. En primer lugar, hemos observado cómo los materiales de construcción no han afectado a la afinación general de las notas ni a su intensidad, ya que al mantenerse constantes todas las medidas internas y externas de construcción, la afinación no se ve afectada [6], [7].

Aunque sí han aparecido diferencias significativas en la estabilidad de la afinación, creemos que estas diferencias se deben a las imperfecciones microscópicas de las paredes del orificio de perforación de las octavas de caucho.

Por último, observamos cómo la naturaleza de los componentes sí mostraba diferencias significativas en el timbre del sonido, siendo las octavas de caucho más armónicas y con una concentración de energía en la parte media del espectro.

En futuras investigaciones es importante aumentar el número de octavas de la misma naturaleza e incluso de componentes diferentes, para así poder tener más muestras sonoras y evitar al máximo las particularidades de cada octava.

6. REFERENCIAS

[1] Baumgart, J., Grothe, T., y Grundmann, R. (2008). Influence of the bocal on the sound of the bassoon. *J. Acoust. Soc. Am.*, 123 (5), 3016.

[2] Plitnik, G.R. y Lawson, B.A. (1999). An investigation of correlations between geometry, acoustic variables, and psychoacoustic parameters for French horn mouthpieces. *J. Acoust. Soc. Am.* 106 (2), 1111-1125.

[3] Blasco-Yepes C. (2010). *Influencias en la percepción sonora y en la interpretación del rebajado de la lengüeta del oboe*. Tesis doctoral. UPV, Valencia.

[4] Boersma, P. & Weenink, D. (consulta 2011). *Praat: doing Phonetics by Computer*. www.praat.org.

[5] Fletcher, N. H. y Rossing, T. D. (1998). *The Physics of Musical Instruments*. New York: Springer-Verlag.

[6] Harris, C.M., Eisenstadt, M. y Welss, M. (1963). Sounds of the Highland Bagpipe. *Acoustical Society of America*, 1321-1327.

[7] Ayers, R.D., y Nordquist, P.R. (2009). Tuning and tone quality of bagpipe drones. *J. Acoust. Soc. Am.*, 125 (4), 2652-2652.