



Figura 2: Modos propios del aire contenido en el interior de una guitarra. Pueden observarse también las líneas del mallado. Los colores indican niveles de presión (azul= presión atmosférica).

De "Air cavity modes in the resonance box of the guitar. The effect of the sound hole" por M.J. Elejabarrieta, C. Santamaría, A.Ezcurra. Publicado en *Journal of Sound and Vibration* vol. 252(3), pp 584-590 (2002)

lugar a los modos del instrumento completo. Hay varios instrumentos musicales que tienen una cavidad conectada al exterior por uno o varios orificios y que por tanto tienen presentes los modos de vibración correspondientes al aire interno. Entre ellos, el modo de más baja frecuencia es la llamada "resonancia de Helmholtz". Los modos superiores corresponden a las ondas estacionarias en el interior de la cavidad. Estos modos, en especial el de Helmholtz, han sido estudiados por diferentes técnicas tanto en el caso del violín como en el de la guitarra, encontrán-

dose que juegan un papel fundamental en la sonoridad del instrumento.

Es posible simular el aire contenido en la cavidad mediante el MEF. Sin embargo, una simulación completa de la caja vibrando en su "situación natural" (esto es, con aire dentro y fuera) presenta complicaciones no desdeñables. En principio, requiere modelizar no sólo el aire interno, sino también el externo, puesto que la contracción-expansión del aire interno se hace a través de la boca, causando variaciones de presión y volumen en el

aire circundante. Esta dificultad añadida pudo ser soslayada siguiendo el modelo del resonador de Helmholtz, donde una corrección a la longitud del cuello del orificio da cuenta del efecto del aire circundante. En el caso de la guitarra (y también del violín) la corrección tiene que ser recalculada (no vale la propuesta por Helmholtz) debido a la geometría de la caja, con el fondo relativamente cercano al orificio, y resultó ser de 15 mm.

En la figura 2 puede apreciarse la malla utilizada (10788 nodos y 8474 elementos) y los modos de vibración y las frecuencias naturales del aire del interior de la caja obtenidos.

### d) La caja vibrante

Por último, una vez simulados por separado la estructura de la caja y el aire contenido en ella, se procedió a su acoplamiento, es decir, al estudio de la dinámica de ambos sistemas en contacto. Es ahora cuando la tapa armónica y el fondo pueden interactuar a través del aire contenido en la cavidad, dando así lugar a los llamados modos acoplados. Estos son los que experimentalmente son accesibles, sin más que situar la caja en condiciones atmosféricas normales.