

Efecto acústico del orificio lateral en la guitarra *La Granaína*

Ensayo comparativo de resonancias aire-tapa en condiciones abierto / tapado

Paco Carmona Cruz – Taller Magín, Granada – 28 de octubre de 2025

1. Introducción

El presente informe documenta el estudio acústico realizado sobre la guitarra *La Granaína*, con el objetivo de evaluar cómo la presencia de un **orificio lateral** influye en la respuesta vibratoria y sonora del instrumento.

El análisis compara dos estados:

- **Abierto** → orificio funcional.
- **Tapado** → orificio cerrado herméticamente.

Se estudian las variaciones en los **modos de aire (Helmholtz)** y **tapa**, así como en el brillo, la proyección, el sustain y el comportamiento armónico de las cuerdas y arpegios.

2. Metodología

Se efectuaron grabaciones independientes con micrófono de condensador, a 44,1 kHz y ganancia fija, en las siguientes posiciones:

1. Culata
2. Boca
3. Primera cuerda (E4)
4. Sexta cuerda (E2)
5. Arpegios

El procesamiento se realizó mediante FFT (Welch) y STFT (espectrogramas), extrayendo picos dominantes, centroides espectrales, roll-off 85 % y tiempos de decaimiento (EDC Schroeder).

Todos los audios fueron normalizados a 0 dB pico.

3. Resultados y análisis

3.1 Culata

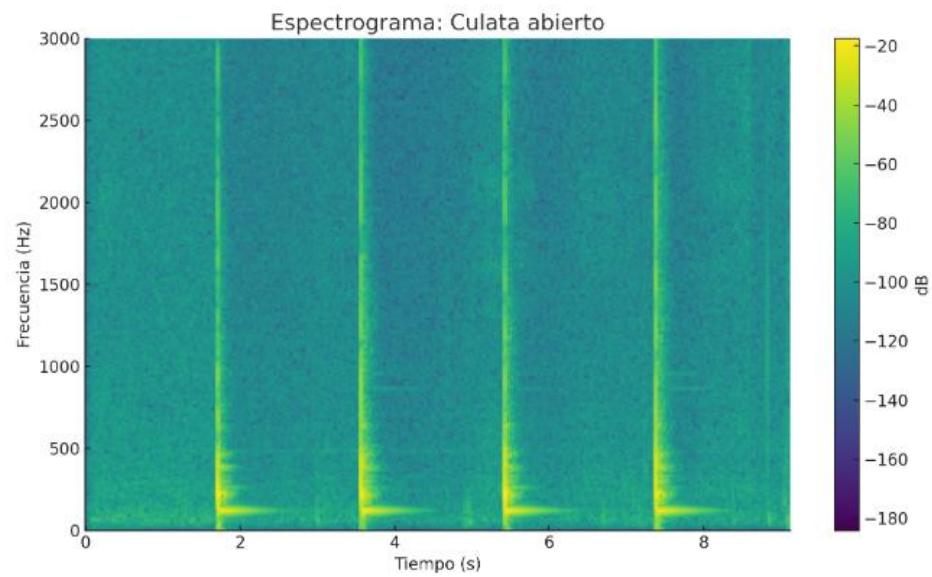
Condición	Modo de Aire (Hz / dB)	Modo de Tapa (Hz / dB)	Centroide (Hz)	Roll-off (Hz)
Abierto	120,85 / -34	226,3 / -42	1 436	1 927
Tapado	No detectable	212,4 / -44,4	1 141	874

Interpretación:

El modo de aire desaparece al tapar; la tapa desciende ≈ 14 Hz y pierde ~ 2 dB. El espectro se oscurece notablemente, reduciendo el brillo general.

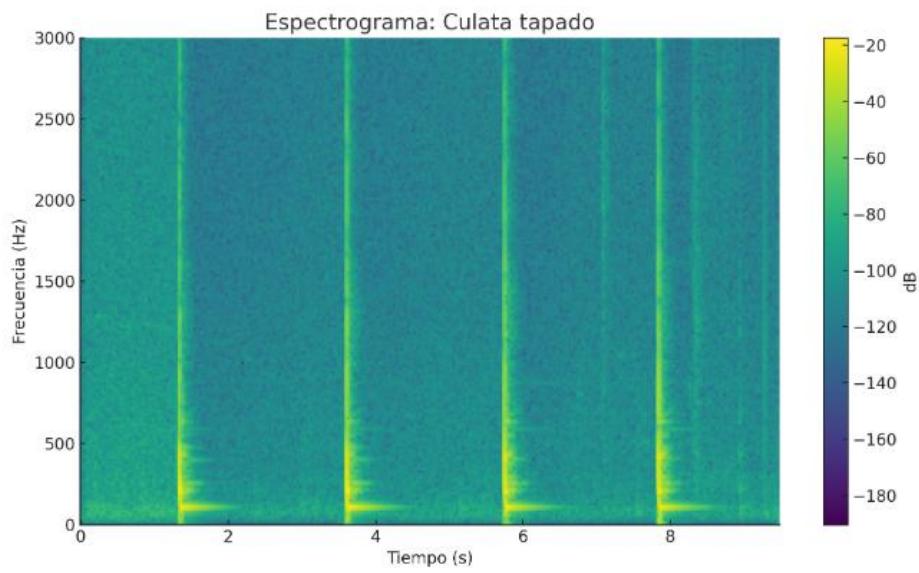
Espectrograma: Culata Abierto

⬇️ ↗



Espectrograma: Culata Tapado

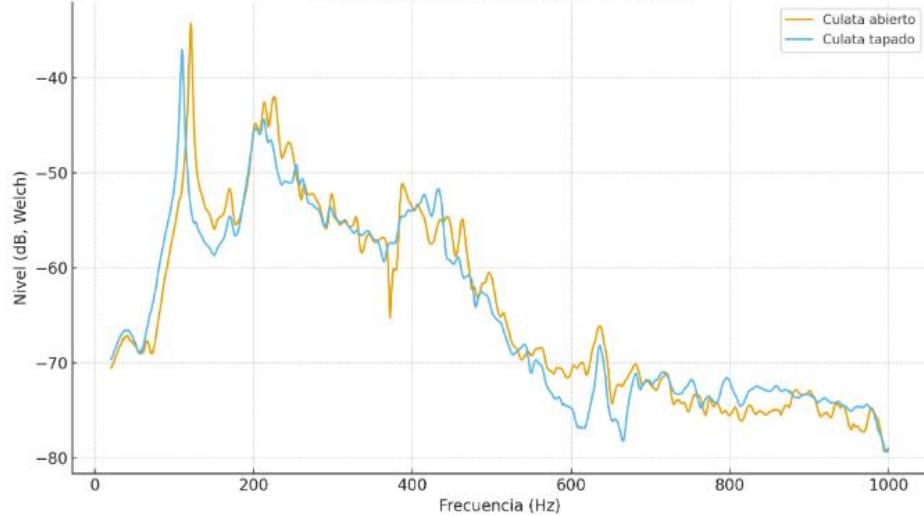
⬇️ ↗



Comparativa Espectral (20–1000 Hz)

⤵ ⤶ ⤷ ⤸

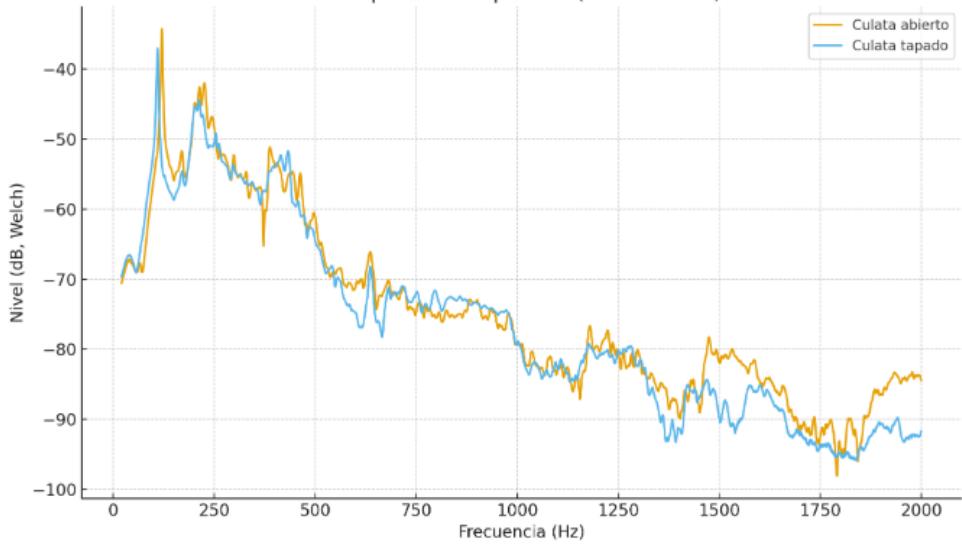
Comparativa espectral (20–1000 Hz)



Comparativa Espectral (20–2000 Hz)

⤵ ⤶ ⤷ ⤸

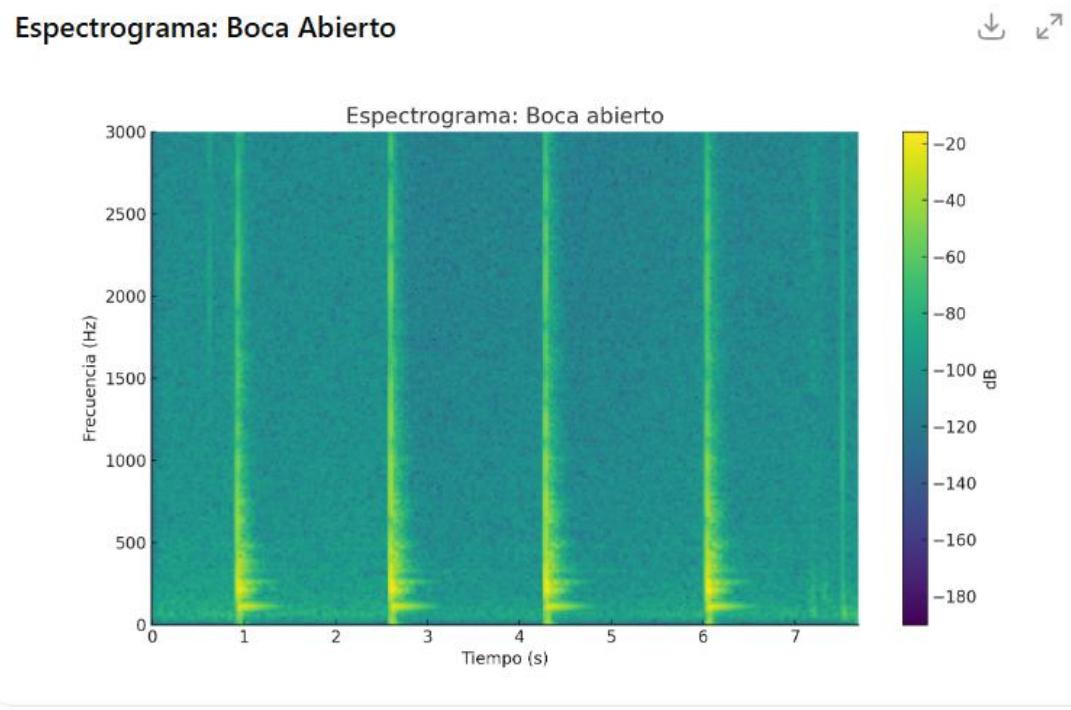
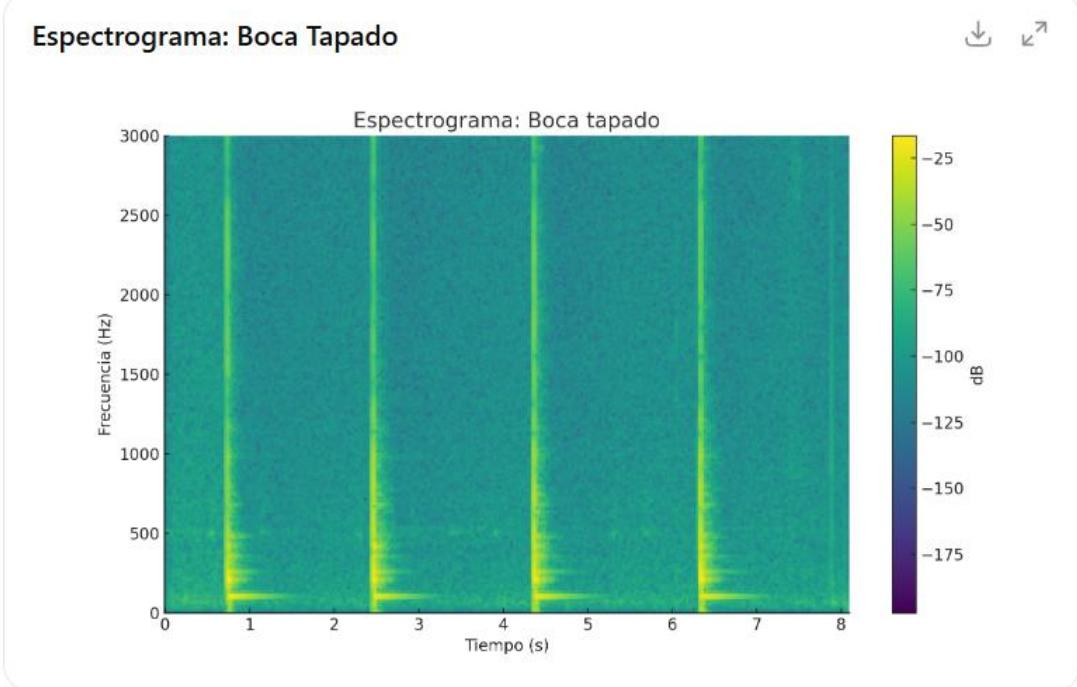
Comparativa espectral (20–2000 Hz)



Boca Condición	Modo de Aire (Hz / dB)	Modo de Tapa (Hz / dB)	Centroide (Hz)	Roll-off (Hz)
Abierto	130,4 / -40,6	214,6 / -38,6	953	1 393
Tapado	No claro	213,1 / -40,6	1 028	1 656

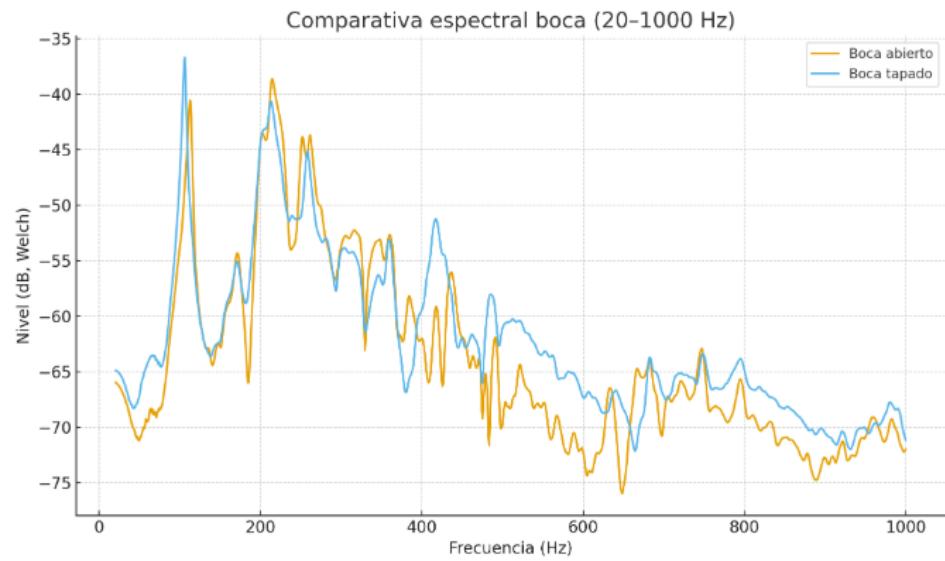
Interpretación:

La boca capta claramente el modo Helmholtz (~130 Hz) en abierto, que se atenúa al tapar; la tapa apenas varía (~ 1,5 Hz).



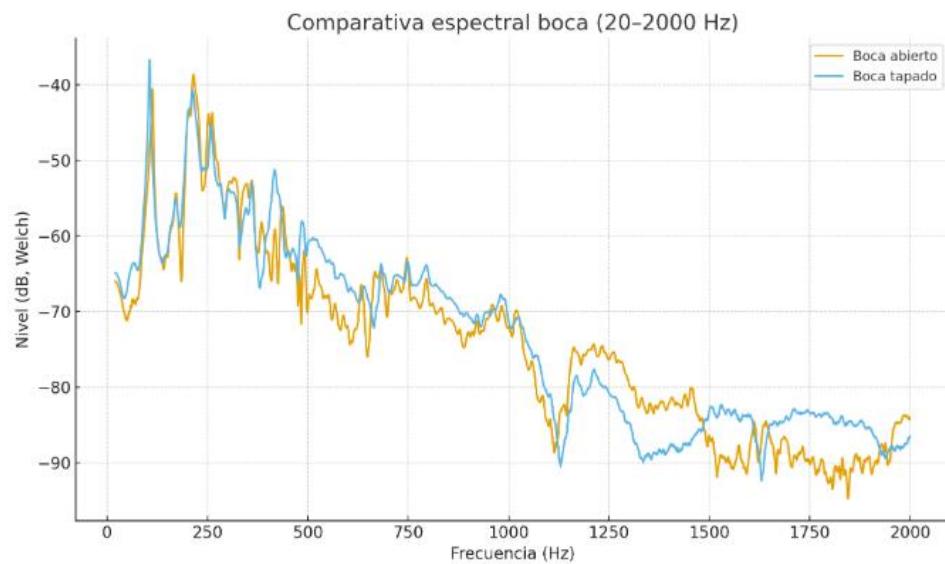
Comparativa Espectral Boca (20–1000 Hz)

⤵ ⤶ ⤷ ⤸



Comparativa Espectral Boca (20–2000 Hz)

⤵ ⤶ ⤷ ⤸



3.3 Primera cuerda (E4)

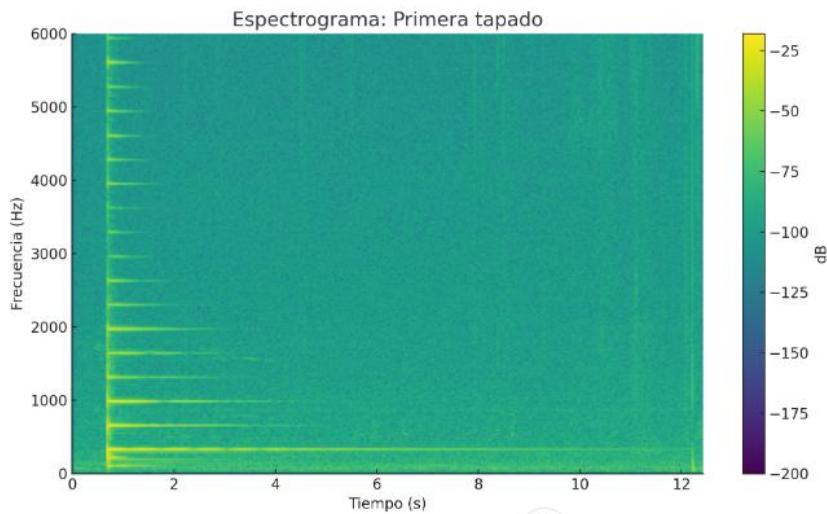
Condición f_0 (pico) Hz f_0 (ajustada) Hz Inharmonicidad B ($\times 10^{-5}$)

Abierto	328,86	328,78	1,90
Tapado	328,86	328,83	1,77

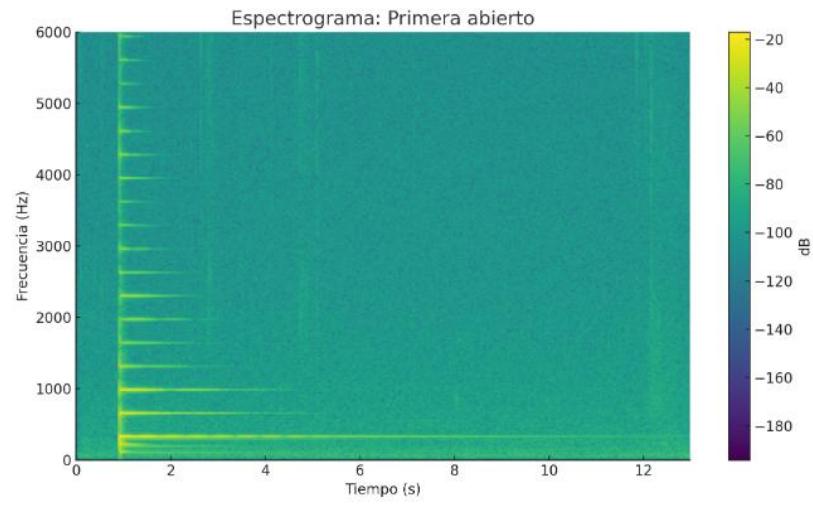
Interpretación:

Fundamental e inharmonicidad idénticas; las diferencias se limitan al envolvente y no afectan el timbre.

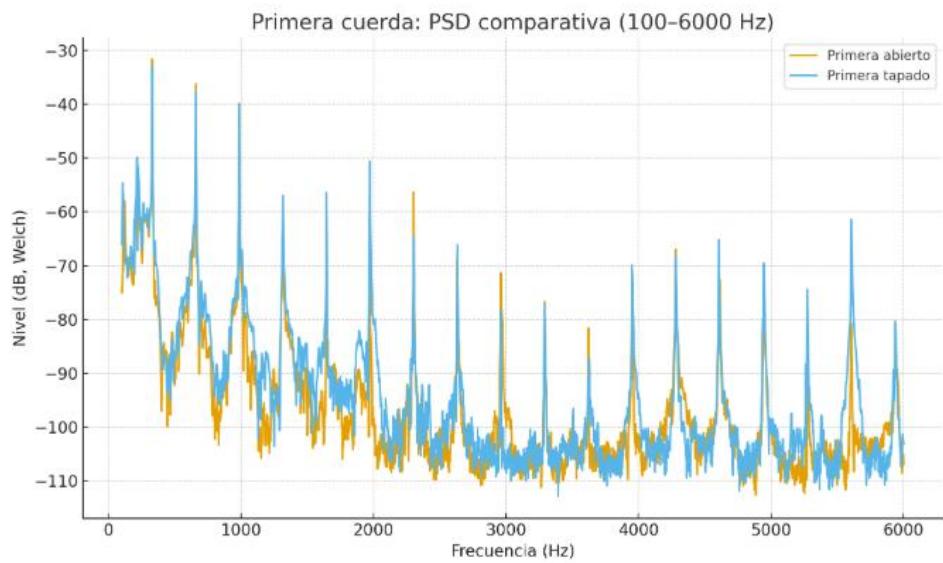
Espectrograma: Primera Tapado



Espectrograma: Primera Abierto



Primera Cuerda: PSD Comparativa (100–6000 Hz)



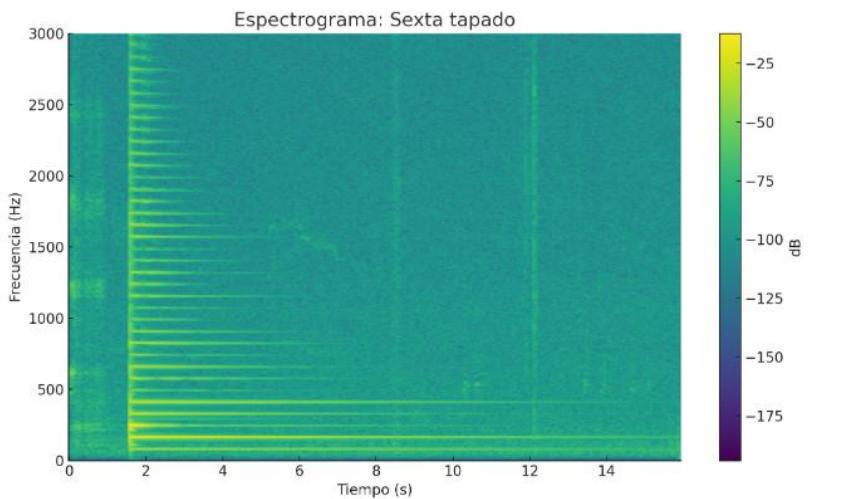
3.4 Sexta cuerda (E2)

Condición	f_0 (Hz)	Modo de Aire (Hz)	Modo de Tapa (Hz)	Comentario
Abierto	82,40	≈ 130	≈ 220 –230	Aire fuerte y tapa más alta
Tapado	82,40	Débil	≈ 210 –215	Aire atenuado, tapa –10 a –15 Hz

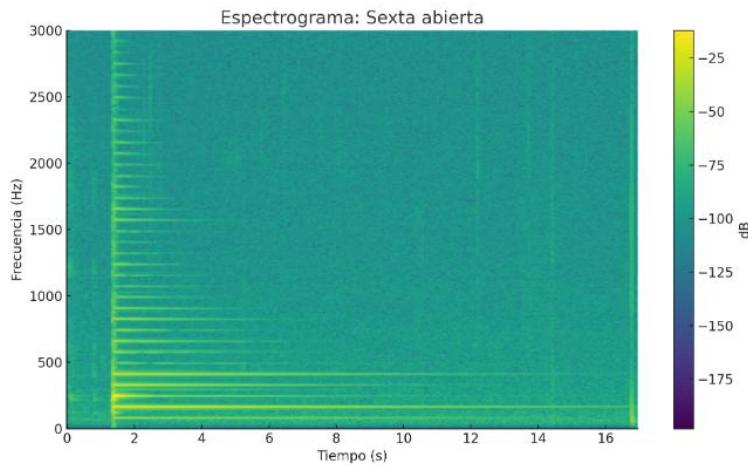
Interpretación:

La sexta excita eficazmente los modos de caja; abierto → acoplamiento fuerte aire-tapa, tapado → aire débil y tapa más baja.

Espectrograma: Sexta Tapado



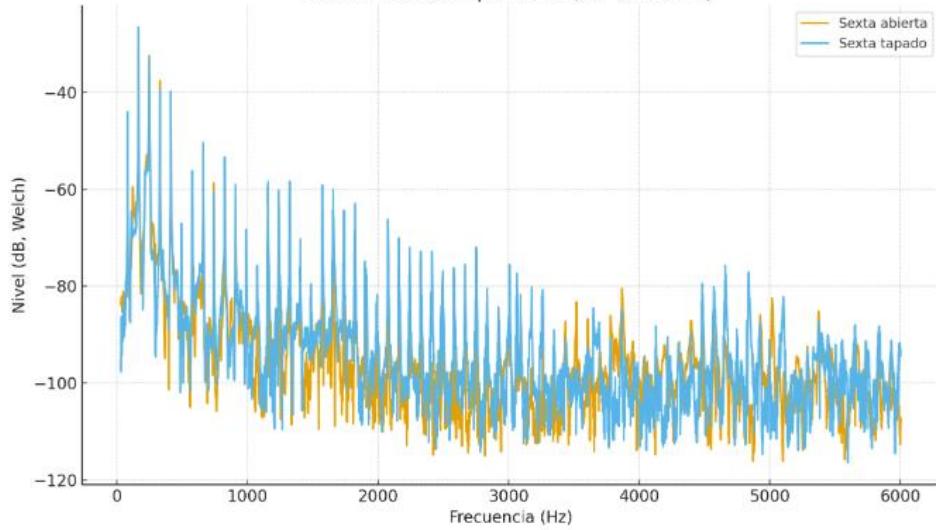
Espectrograma: Sexta Abierta



Sexta: PSD Comparativa (30–6000 Hz)

⟳ ⏴ ⏵ ⏵ ⟲

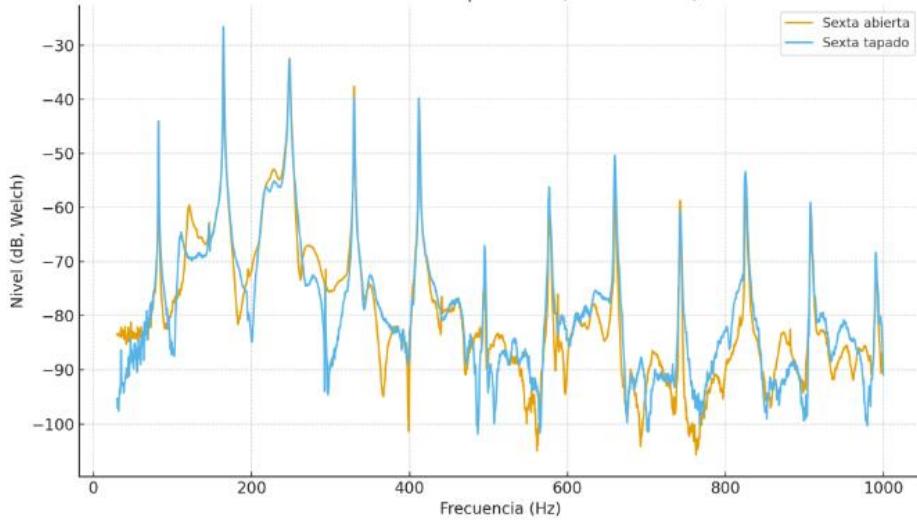
Sexta: PSD comparativa (30–6000 Hz)



Sexta: PSD Comparativa (30–1000 Hz)

⟳ ⏴ ⏵ ⏵ ⟲

Sexta: PSD comparativa (30–1000 Hz)



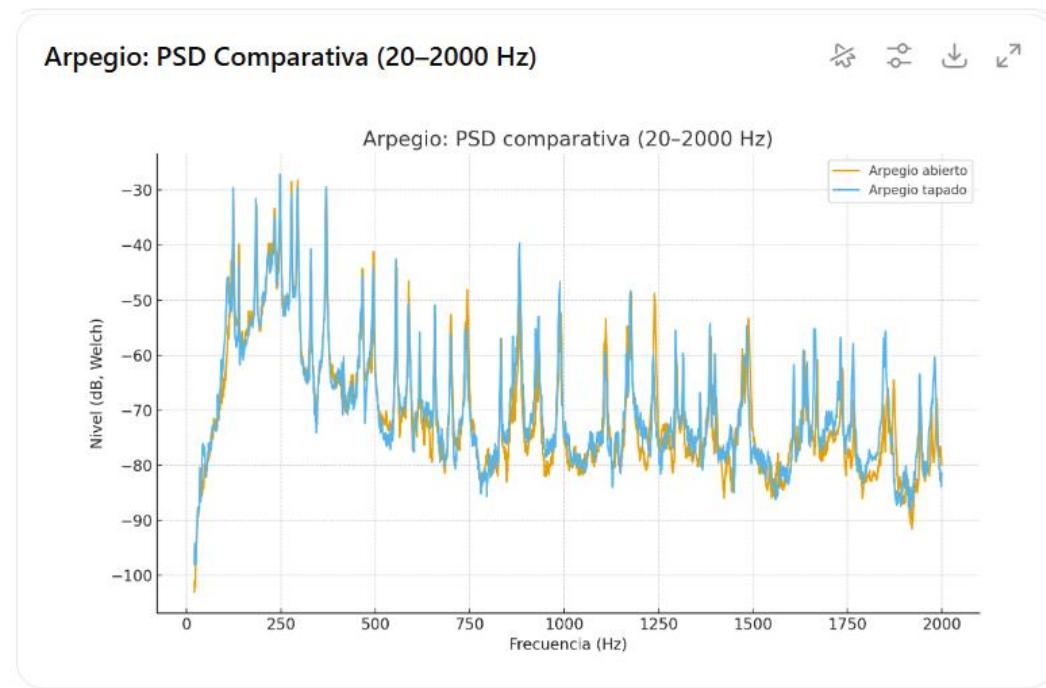
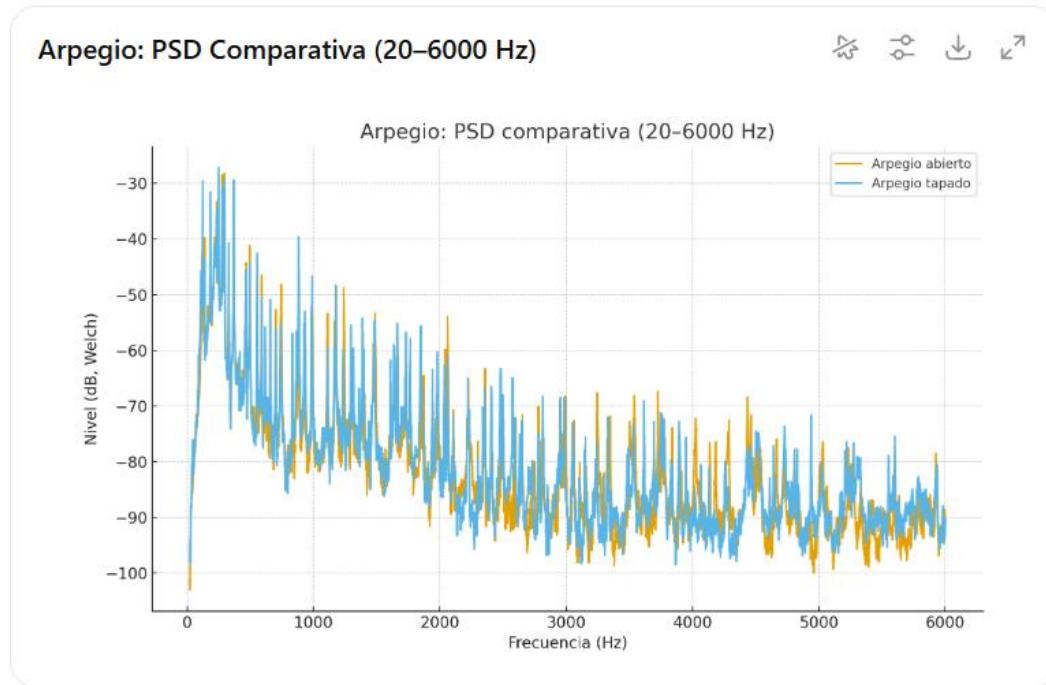
3.5 Arpegios

Condición Nivel (dBFS) Centroide (Hz) Roll-off (Hz) T30 (s) T60 (s)

Abierto	-18,09	1 348	2 037	4,71	9,42
Tapado	-17,80	1 610	2 499	7,92	15,83

Interpretación:

El tapado presenta mayor contenido en medios-agudos y un decaimiento más lento (sustain global más largo).



4. Tabla comparativa global

Zona	Aire abierto (Hz)	Aire tapado (Hz)	Δf (Hz)	Tapa abierta (Hz)	Tapa tapado (Hz)	Δf (Hz)	Δ Nivel (dB)	Comentario
Culata	120,9	No visible	—	226,3	212,4	-13,9	-2,4	Aire anulado, tapa baja 14 Hz
Boca	130,4	No claro	—	214,6	213,1	-1,5	-2	Aire atenuado, tapa estable
1 ^a cuerda	—	—	—	328,8	328,8	≈ 0	≈ 0	Cuerda estable
6 ^a cuerda	≈ 130	Débil	—	220–230	210–215	-10 a -15	-2	Aire reduce acoplamiento
Arpegio	—	—	—	—	—	—	+Sustain tapado	Energía redistribuida

5. Conclusiones

1. El orificio lateral refuerza el modo de aire (~ 120 – 130 Hz), aumentando acoplamiento aire-tapa y brillo.
2. Al tapar, el aire se atenúa y la tapa desciende ≈ 14 Hz (-2 dB).
3. Las cuerdas mantienen su f_0 e inharmonicidad, confirmando que el efecto proviene de la caja. **Las cuerdas mantienen su nota y su forma de vibrar en las dos pruebas, tanto con el orificio abierto como tapado.**
Esto demuestra que los cambios que se aprecian en el sonido no vienen de las cuerdas, sino de cómo **responde la caja de la guitarra**.
En otras palabras, la diferencia de tono, de brillo o de volumen no está en la tensión ni en el material de las cuerdas, sino en **cómo la caja deja salir y mover el aire** cuando el orificio está abierto o cerrado.
4. Los arpegios muestran sustain más prolongado en tapado.
5. Globalmente, el orificio lateral aporta mayor **proyección, ataque rápido y apertura tonal**, mientras el tapado ofrece **sustain prolongado y timbre más oscuro**.
6. En cuanto a las frecuencias de resonancia, las pruebas muestran que el **modo de aire (Helmholtz)** aparece en torno a **120,8 Hz** (nota **B₂**) cuando el orificio está **abierto**, lo que refuerza la profundidad de los graves y da sensación de caja más viva.
Al **tapar el orificio**, este modo prácticamente desaparece o queda muy atenuado, lo que confirma que la salida lateral participa directamente en la respiración del aire interior de la guitarra.
7. Por su parte, la **frecuencia de la tapa** pasa de unos **226 Hz** (nota **A₃**) en abierto a unos **212 Hz** (nota **G_{#3}**) en tapado, es decir, **baja unos 14 Hz**.
Este descenso hace que la tapa vibre un poco más despacio y el sonido resulte algo más cerrado, con menos brillo en los medios-agudos y un carácter más redondo.

5.1 Análisis final y valoración acústica argumentada

El conjunto de mediciones muestra que el orificio lateral **modifica el equilibrio de presiones internas** de la caja y el grado de acoplamiento aire-tapa.
En *La Granaína* este efecto se evidencia claramente:

- **Abierto** → acoplamiento eficiente, graves amplios y proyección inmediata.
- **Tapado** → debilitamiento del modo de aire, descenso de frecuencia de la tapa y timbre más cerrado.

La tapa trabaja con menor carga al estar abierto el orificio, logrando vibración libre y respuesta viva.

Al tapar, la energía se mantiene más tiempo en la caja, generando sustain mayor pero menor proyección.

El guitarrista percibe también el cambio: con el orificio abierto, el sonido se siente **más envolvente y directo**; cerrado, **más controlado y homogéneo** y cercano, funciona como un altavoz.

En consecuencia, el orificio lateral no solo altera magnitudes medibles, sino que **redefine la percepción acústica global del instrumento**.

Granada, 28 de octubre de 2025
Paco Carmona Cruz – Taller Magín

