

¿Por qué se afina igual una guitarra flamenca que una eléctrica?

¿Cuántos años tienen los actuales estándares de guitarra? ¿Cuál es su principio de funcionamiento? Éstas y otras preguntas son las que intentaremos resolver en este artículo y otro similar en el próximo número. El objetivo es ayudar a los interesados en el área de acústica musical a comprender el instrumento, y analizar su evolución histórica. De momento vamos a ver la evolución de la llamada guitarra española, o guitarra de cuerdas de nylon, que a su vez engloba dos instrumentos: la guitarra clásica y la flamenca. En el próximo número analizaremos las guitarras de tradición norteamericana: la acústica de cuerdas de acero y la eléctrica.

EVOLUCIÓN DE LA GUITARRA

PARTE I

La guitarra de tradición europea

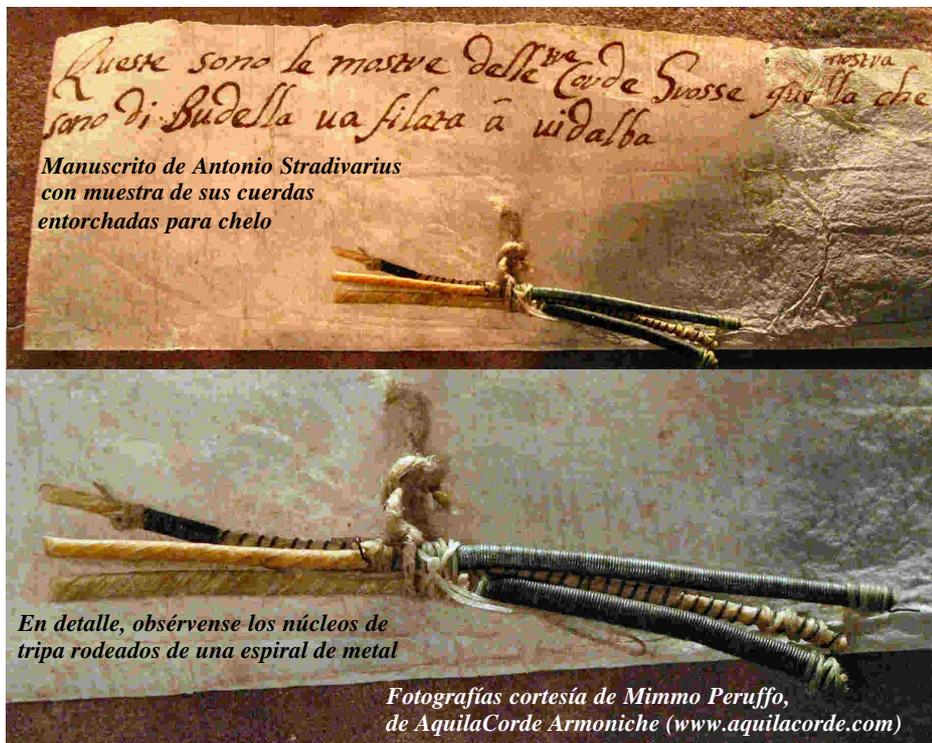
Carlos Sanz, *Ingeniero Técnico de Telecomunicación*
csochoa@yahoo.es

LA CUERDA VIBRANTE: EL PRINCIPIO

Para crear sonido necesitamos un cuerpo vibrante. Al fin y al cabo el sonido no es más que una onda de presión que se transmite por el aire, y esa onda debe tener un origen. Un resorte con una masa acoplada puede generar la vibración necesaria. Si el resorte se mantiene en ciertos márgenes de compresión, y contando con las inevitables pérdidas de rozamiento, el sistema tendrá un comportamiento análogo a una red eléctrica R-L-C. Uno de los sistemas vibrantes más simples de construir es una cuerda tensa. Hoy en día,



Guitarra de René François Lacôte (1836). Posiblemente fue el primero en introducir el hueso del puente por sugerencia de Dioinsio aguado. Fotos cortesía de Frank Ford (www.frets.com)



sabemos que una cuerda tensa vibra creando un espectro complejo, con una componente fundamental (f_0) que viene dada por la expresión:

$$f_0 = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{T}{\mu}} \quad [1]$$

donde L es la longitud vibrante, T es la tensión, y μ es la masa por unidad de longitud de la cuerda. El espectro de la vibración tiene componentes en los múltiplos de f_0 : $2f_0$, $3f_0$, $4f_0$... Se da la circunstancia de que los primeros múltiplos de una frecuencia son armónicos (musicalmente hablando) de la nota que corresponda a la frecuencia fundamental. Se corresponden principalmente con octavas y quintas musicales de esa nota. Dicho de otro modo: una cuerda tensa produce un timbre agradable al oído. Hay que llegar al séptimo armónico ($7f_0$) para encontrar una frecuencia musicalmente disonante con la fundamental. El nivel de cada armónico dentro del espectro depende fundamentalmente del punto de excitación de la cuerda.

LA TAPA

Sin embargo, aunque una cuerda vibrante tiene un timbre agradable al oído, su capacidad de proyectar sonido es muy pobre. Para poder generar una onda de presión con suficiente nivel hace falta

una superficie radiante grande, capaz de generar un frente de onda... y la superficie de una cuerda es realmente pequeña. Una cuerda apenas puede radiar sonido. Por eso, desde antiguo, lo que se hace es aprovechar la vibración de la cuerda y acoplarla a una placa ancha, que sí es un radiador acústico eficaz. La tapa de la guitarra es la responsable de la radiación de la mayor parte del sonido del instrumento. Aquí se puede aplicar la teoría de vibración de placas, tratadas como elementos vibrantes bidimensionales (donde el grueso de la tapa influye en su masa, y por tanto, tiene un papel fundamental en su respuesta)... y aquí empieza el mérito de los luthiers. No hay dos trozos de madera iguales. Si dos tapas se moldeasen igual, necesariamente sonarían distinto. ¿Cómo conseguir entonces que una tapa armónica suene igual de bien que la que se hizo con anterioridad?

La manera tradicional en que un *luthier* artesano «saca a grueso» las tapas de sus instrumentos es una variante acústica de un método bien conocido para los ingenieros: la respuesta al impulso. Esta técnica, que ha pasado de maestro a aprendiz durante generaciones, va rebajando el grueso de la madera poco a poco. El artesano golpea la tapa con sus dedos mientras la sujeta de manera adecuada para evaluar «a oído» si la respuesta de la tapa es la adecuada o necesita más rebaje. De este modo, puede dar a

cada tapa el grueso que ese trozo de madera en concreto necesita. Ésta es una de las múltiples razones por las que una guitarra artesana suena mejor (y es más cara) que una guitarra manufacturada.

LA CAJA DE RESONANCIA

La tapa es un elemento radiante eficaz, pero la guitarra aún incorpora otro elemento que se deja notar sobre todo en frecuencias graves: la boca del instrumento. La caja de resonancia (compuesta por la tapa, el fondo y los aros) se comporta como un resonador de Helmholtz; esto es: un pistón de aire vibrante (que actúa como una masa móvil) que comprime un volumen de aire encerrado (que actúa como un resorte). ¿Quién no ha soplado alguna vez el borde de una botella? El aire del cuello de la botella hace las veces de pistón, y el aire de la botella, de resorte. Un resonador de Helmholtz tiene una respuesta en frecuencia muy complicada, pero con un modo propio muy marcado, cuya frecuencia (f_h) viene dada por la expresión:

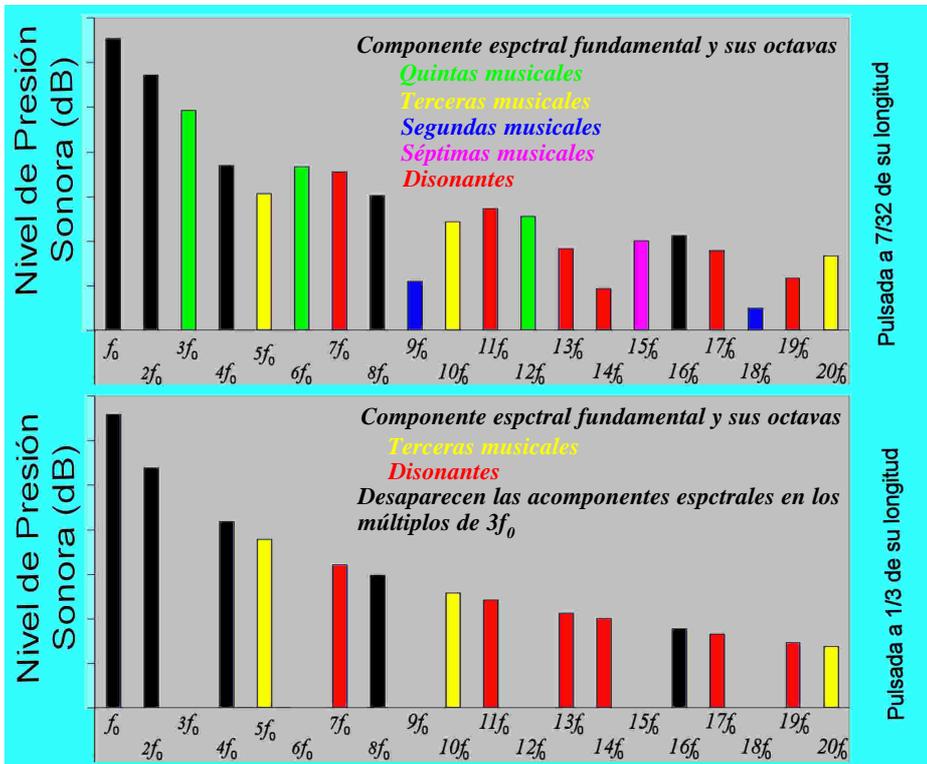
$$f_h = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{S}{VL}} \quad [2]$$

donde c es la velocidad del sonido, S la superficie del pistón, V el volumen de aire y L la longitud por la que se desplaza el pistón (el cuello de la botella). En el caso de que la longitud L sea muy pequeña (en una guitarra es tan sólo el grosor de la tapa), la expresión [2] puede aproximarse por:

$$f_h = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{1,85r}{V}} \quad [3]$$

donde r es el radio del pistón. La frecuencia de resonancia de la caja de una guitarra acústica (clásica, flamenca o de cuerdas de acero) está en el rango de 90 a 120 Hz. La caja de resonancia presenta otros modos propios, que dependen fundamentalmente del grosor del fondo y los aros, pero son mucho menos importantes en el sonido final.

Así, la guitarra tiene principalmente dos elementos radiantes: la tapa (en notas medias y agudas) y el delgado pistón de aire que encierra la boca del instrumento



(en notas medias y graves). Una guitarra de calidad consigue que todas las notas suenen con un nivel y un timbre uniformes, ya sean radiadas por la tapa, la boca o ambas a la vez.

LOS LÍMITES DE UNA CUERDA

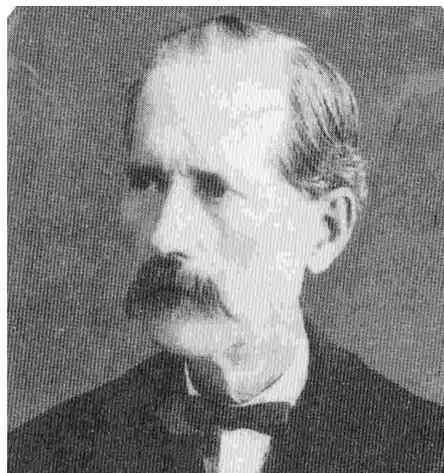
Todo modelo tiene sus límites prácticos, y los violeros del renacimiento pronto se toparon con uno: la imposibilidad de aumentar a su antojo la masa de una cuerda (si bien, ninguno tenía nociones de Física ni conocía la expresión [1]; todo se hacía y se deducía «a oído»). Hasta la II Guerra Mundial, las cuerdas de los instrumentos se fabricaban con tripa (técnica que ya conocían los antiguos egipcios). Una cuerda se hacía más o menos pesada haciéndola más o menos gruesa (añadiendo más o menos tripas de carnero a la «trenza» que resultaba en la cuerda final). Para dar un tono grave (f_0 baja) se pueden modificar sólo las tres variables de la expresión [1]:

— Hacer L muy grande: esto llevó a la fabricación de guitarras con tiros (longitud de la cuerda sin pisar ningún traste) muy incómodos para el ejecutante. Estos instrumentos nunca permitirían un punteado rápido sino simples rasgueos (Stradivarius

construyó una guitarra con 740 mm; el tiro más común hoy en día entre las guitarras españolas es de 650 mm).

— Reducir T : si la tensión se reduce demasiado la cuerda deja de ser un resorte, y no sirve como elemento vibrante.

— Aumentar μ : aquí estaba el problema. Trabajando sólo con tripa, al aumentar la masa en exceso la cuerda deja de ser un elemento unidimensional y se hace excesivamente gruesa. La consecuencia inmediata es que la cuerda empieza a vibrar como una barra (que tiene modos propios longitudinales y transversales) y pierde la belleza de su sonido naturalmente harmónico.



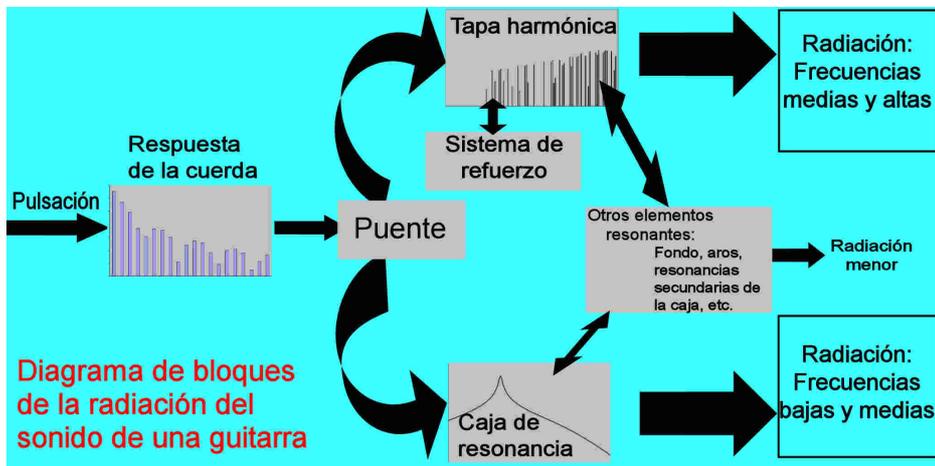
Antonio de Torres Jurado, hacia 1885

La única solución para conseguir instrumentos que produjesen un nivel aceptable fue recurrir a los «órdenes», esto es: cuerdas dobles (y hasta triples, en algunos casos) para conseguir que el instrumento sonase con el volumen de dos instrumentos (6 dB más alto en el mejor de los casos).

La situación permaneció así hasta el siglo XVII, cuando aparecen las cuerdas entorchadas. Éstas consisten en un núcleo de tripa (hoy en día, seda o nylon) al que se le enrolla un fino hilo de metal de modo helicoidal. Este «invento» permite aumentar la masa de la cuerda sin que su grosor sea desmedido. La primera constancia de una cuerda entorchada la encontramos en 1659 en Italia (sus fabricantes de cuerdas gozaban de especial prestigio), pero su difusión fue sorprendentemente lenta. En 1675 tenemos referencias en Francia, pero no es hasta bien entrado el siglo XVIII cuando se encuentran ya ampliamente difundidas por toda Europa. Las consecuencias fueron espectaculares en cuanto al desarrollo de todos los instrumentos, y a finales del siglo XVIII aparece la primera guitarra con 6 cuerdas simples (la cuerda más grave da una frecuencia de sólo 82 Hz).

LA GUITARRA ESPAÑOLA: ANTONIO DE TORRES

A principios del siglo XIX, la cuerda entorchada había propiciado la revolución que permitió olvidar los órdenes y pasar a las cuerdas simples. Pero la situación era un tanto caótica: se habían añadido cuerdas y registros a instrumentos ya existentes, habían aparecido instrumentos nuevos, otros (como la vihuela) sufrían un declive importante. Todos estos cambios necesitaban un tiempo para optimizarse. Pocos se habían dado cuenta de que al añadir una sexta cuerda (la más grave en sonido) a la guitarra, ésta tenía que ser modificada en su diseño para poder radiar notas graves. Tras la consolidación de una afinación generalmente aceptada para las seis cuerdas, fue un carpintero almeriense, Antonio de Torres Jurado (1817-1892), el que estaba llamado a establecer el actual modelo de guitarra española.



El gremio de guitarreros era especialmente numeroso en la capital. Nuevamente, las causas pueden buscarse en la sequedad del clima. Sea como fuere, el modelo de Torres había causado especial sensación en Manuel Ramírez (que había aprendido el oficio de su hermano José). Manuel había conseguido gran fama como guitarrero y como violero, llegando a ser nombrado Luthier del Real Conservatorio de Madrid. Una mañana de 1912 entró en su tienda un joven de aspecto estafalario. Quería alquilar una guitarra para dar un recital en el Ateneo madrileño. Ante lo inusitado de la petición, Manuel pensó que estaba siendo víctima de una broma y decidió seguirla, dirigiéndose al joven con el apelativo de «pollo». Se encontraba presenciando la escena el catedrático de violín José del Hierro. Cuando el joven tomó una guitarra cualquiera del taller para probarla, sus dos oyentes no daban crédito a sus oídos. Nunca antes habían escuchado las obras de Tárrega interpretadas

con tanta sensibilidad. No en vano, aquel chico de 18 años era Andrés Segovia. Manuel le cambió la guitarra por la que había hecho su mejor oficial, Santos Hernández, para otro guitarrista que a la hora de pagar quería regatear el precio. Tras un pequeño recital con la nueva guitarra, el catedrático de violín pidió a Segovia que se matriculara en su instrumento y no «desperdiçase» su talento con la guitarra. El halago no pudo con la determinación de Segovia, que amablemente respondió que no podía ser infiel a su guitarra. Manuel decidió regalar aquella guitarra a Segovia, y con ella, el joven músico fue capaz de encandilar a medio mundo durante los siguientes 25 años. Hoy en día, esa guitarra se exhibe en el Metropolitan de Nueva York.

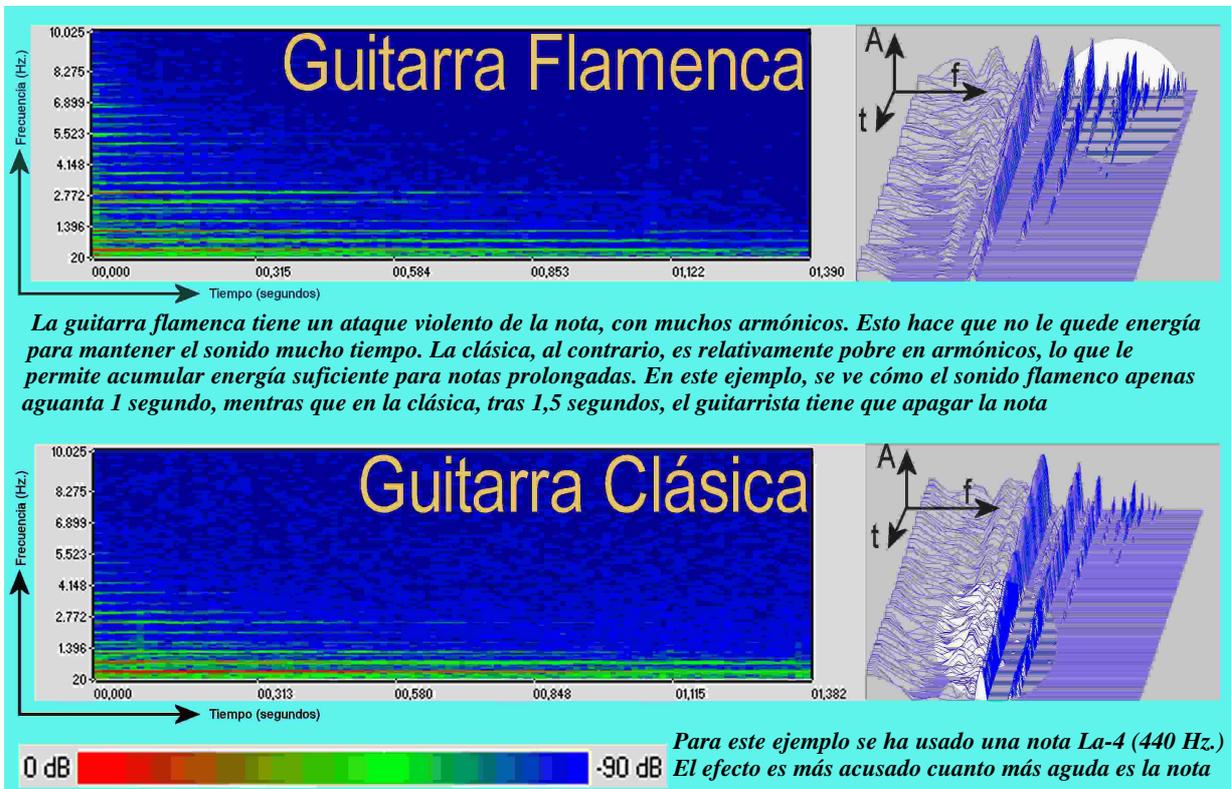
Se dice de Segovia que fue capaz de sacar la guitarra de las tabernas para meterla en los conservatorios, y es verdad. Pero su influencia fue mayor, si cabe. Además de transcribir piezas musicales

de otros instrumentos para guitarra, de influir sobre compositores para aumentar el repertorio y de conseguir el respeto de todos hacia un instrumento denostado hasta entonces, también presionó a los distintos guitarreros de su época para lograr una guitarra clásica más potente y con capacidad de mantener una nota durante más tiempo. El primero que recibió ese encargo fue el alemán Hermann Hauser. Constructor de cítaras, había construido varias guitarras siguiendo el modelo Torres, que había podido estudiar gracias a la guitarra de Miquel Llobet (discípulo de Tárrega). Su trabajo impresionó a Segovia, que le dejó estudiar su Ramírez. Conseguir un modelo que satisficiera al maestro le costó 13 años, pero por fin, en 1937 Segovia se decidió a cambiar de guitarra. El modelo de Hauser se caracteriza por una tapa más gruesa que la de los instrumentos españoles de entonces. Lo que hace es sacrificar riqueza de armónicos por una duración mayor de las notas.

Paralelamente, los discípulos de Manuel Ramírez (Santos Hernández, Domingo Esteso y Modesto Borreguero), así como las distintas escuelas de guitarrería andaluzas habían terminado de perfeccionar lo que hoy conocemos como guitarra flamenca. Torres había trabajado dos calidades de guitarra: la refinada (como la de Tárrega y sus discípulos barceloneses) y una guitarra más asequible, para un público más popular. La primera tenía la tapa de píceo (pino-abeto en el argot) y el cuerpo de palosanto o arce, e incorporaba clavijeros mecánicos (más caros) que permitían una afinación precisa. Las guitarras más baratas tenían igualmente la tapa de píceo, pero el cuerpo era de ciprés o caoba, y en lugar de clavijeros tenían clavijas. Con el tiempo, este segundo modelo fue desarrollando un sonido propio a la vez que la música de la guitarra flamenca iba desarrollándose de la mano de guitarristas como Ramón Montoya, Sabicas o el Niño Ricardo.

Se había producido la ruptura definitiva entre flamenca y clásica. La guitarra clásica debe tener un nivel homogéneo en todas sus notas y un sonido prolongado, lo que se consigue con tapas ligeramente más gruesas. La guitarra flamenca debe tener un sonido más percusivo, y mucho más rico en armónicos (sobre todo en las notas agudas), que se traduce en una me-





La guitarra flamenca tiene un ataque violento de la nota, con muchos armónicos. Esto hace que no le quede energía para mantener el sonido mucho tiempo. La clásica, al contrario, es relativamente pobre en armónicos, lo que le permite acumular energía suficiente para notas prolongadas. En este ejemplo, se ve cómo el sonido flamenco apenas aguanta 1 segundo, mientras que en la clásica, tras 1,5 segundos, el guitarrista tiene que apagar la nota

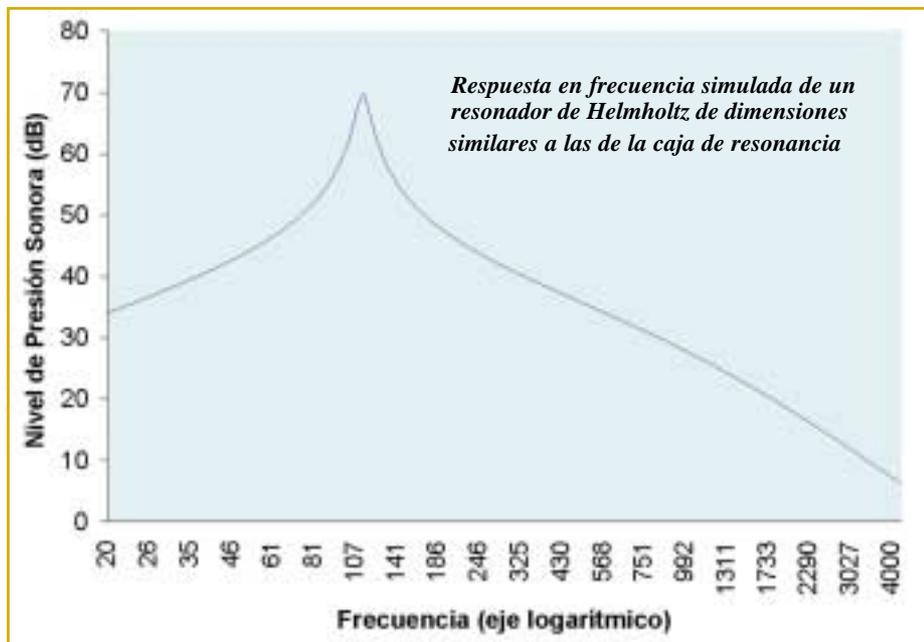
nor duración. Para conseguirlo, las tapas son mucho más delgadas. Para permitir falsetas rápidas, las cuerdas de una guitarra flamenca están muy cerca del diapasón, a pesar de que esto a veces hace que la cuerda al vibrar choque contra los trastes produciendo un cierto ruido. Esto es inadmisibles en una guitarra clásica, donde la altura de las cuerdas es mucho mayor (requiriendo una técnica más depurada).

Quedaba sólo un paso más que ambas guitarras darían juntas. El cambio de cuerdas de tripa por cuerdas de nylon. Fue durante la Segunda Guerra mundial, cuando Segovia se quejó de la escasez de

cuerda tras un recital en Estados Unidos. Casi toda la producción se utilizaba como hilo quirúrgico, y el General Lindeman, de la embajada británica, le sugirió que usase ese material nuevo que la compañía DuPont facilitaba al ejército para construir, por ejemplo, cuerdas de paracaídas. Un mes después, se probó la cuerda y el resultado fue esperanzador. Pero el perfeccionismo de Segovia no se conformó con eso. El guitarrero Albert Augustine, recibió el encargo de investigar el nylon hasta optimizarlo como cuerda musical, para lo que contó con la ayuda de la DuPont. Le llevó tres años de traba-

jo satisfacer los deseos de Segovia, pero a mediados de los 50 casi no quedaban cuerdas de tripa en ninguna guitarra.

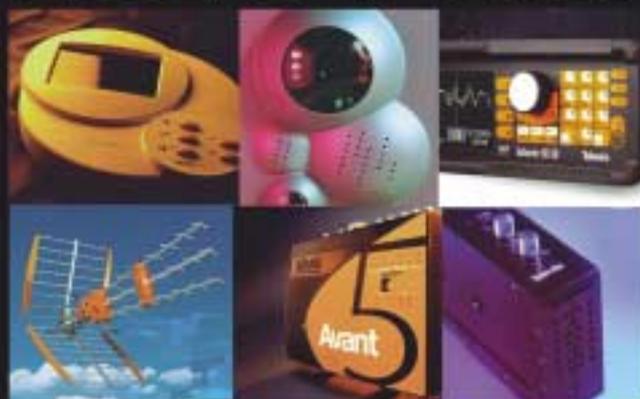
La guitarra flamenca apenas sufrirá más evoluciones, excepto las que se ven en los últimos años: el cuerpo de palosanto (flamencas negras) y el abandono de las clavijas por clavijeros. Pero a la clásica todavía le quedaba un trecho por recorrer. Evidentemente no es lo mismo tocar junto a un *cantaor* que junto a una orquesta sinfónica. En los 60, un incombustible Segovia decidió utilizar otras guitarras, principalmente de José Ramírez III y de Ignacio Fleta. El primero contó con la ayuda de Segovia, que le dejó estudiar su Hauser de 1937. Además, descubrió un nuevo tipo de madera para las tapas, que casi ha sustituido a la píceca: la mal llamada cedro rojo (*Thuja plicata*: no es de la familia del cedro). El objetivo era conseguir el mayor volumen y la mayor uniformidad entre notas posibles, siempre respetando un timbre adecuado. Desde entonces, un gran número de guitarreros ha desarrollado un sonido personal en sus instrumentos, y tras la muerte de Segovia (en 1987) ya no había un maestro que marcara el estándar a seguir. Así, actualmente cada guitarrero prefiere unos guitarreros frente a otros, pero no existe un referente de guitarra clásica como tal, pues cada guitarrero desarrolla un timbre sutilmente característico. ●



Creamos Tecnología

en Telecomunic@ciones

Televés



Llevamos más de 40 años
desarrollando producto

para la captación y distribución
de señales de televisión

adaptándonos a las nuevas tecnologías
y participando en proyectos europeos

**para el desarrollo de las
Telecomunicaciones del Futuro**

Televés

Televés