

# De acuerdo!

La ciencia a tu medida

Edición N° 4

## Música

El desafío del lutier

Por siempre *Les Luthiers*

El arte de resucitar  
el acordeón

Tocando electrones para  
los nuevos sonidos

Carlos Vives:  
sonidos combinados de  
provincia y rock and roll

La magia envolvente  
del sonido

Instrumentos en clave  
de 3D

Candombe:  
tambores en cuerpo y alma

y mucho más...



INACAL  
Instituto Nacional  
de Calidad  
Metrología



## Prefacio

Estimado lector,

En este nuevo número de nuestra revista te invitamos a sumergirte en el fascinante mundo de la música con otro enfoque al habitual para que puedas explorar y conocer más sobre los fenómenos que acompañan cada instrumento, obra o producto musical. Se trata del componente científico —ondas, frecuencias, velocidades, timbres, tonos, leyes, mediciones— que se despliega cada vez que compones, grabas o escuchas una canción.

No todos quienes ejecutan instrumentos o son profesionales de la música lo conocen. Se puede lograr muy buena música aplicando conceptos y leyes físicas de manera intuitiva, y sin saber de ciencia. Pero cuando a las capacidades musicales se le suman conocimientos sobre física, matemática o ciencia en general, se logran resultados que se destacan. Es el caso de los músicos y artistas que han diseñado sus propios instrumentos o nuevos sistemas para producir música aplicando leyes y fórmulas científicas de manera creativa e innovadora. Quizás al conocer estos fenómenos y sus experiencias tú también quieras embarcarte en esa aventura.

La música, el baile, el canto y la fabricación de instrumentos musicales son actividades que acompañan al ser humano desde hace miles de años. Las distintas culturas han utilizado diferentes sonidos y métodos para componer su música. En algunas se definieron signos y nombres para identificarlos, lo que permitió que las mismas melodías puedan repetirse en forma igual, una y otra vez. Algunos quizás ya los conoces: son las notas musicales. El mundo musical se mueve en base a acuerdos y convenciones, de los cuales este es un ejemplo, y también lo es la definición de un sonido, con determinada frecuencia, como tono patrón para afinar instrumentos (el “la” a 440 Hz).

Entre los acompañantes invisibles y fundamentales en el mundo musical se encuentran las mediciones. Para crear, grabar, almacenar y reproducir música se realizan una infinidad de mediciones y se debe asegurar que sean correctas y confiables. Encontrarás varios ejemplos de la importancia de las mediciones en el mundo de la música en esta nueva edición.

Los profesionales que se ocupan de que las mediciones sean correctas y confiables son los metrologos. Ellos también utilizan instrumentos —aunque no son musicales— y han definido sus propios acuerdos y convenciones. Utilizan ciertos métodos para “afinarlos” y que operen en

forma comparable y establecen los patrones con los cuales se contrastarán los resultados obtenidos. Los Institutos Nacionales de Metrología son las organizaciones que los Estados designan para ocuparse de estas cuestiones. Y varios de ellos editamos en conjunto esta revista.

Las mediciones confiables son un derecho que tienen los consumidores. Y tú, como consumidor, debes saberlo. Es importante que conozcas el mundo científico que acompaña todas tus actividades, para poder exigir que lo que se te ofrece y realizas sea seguro y confiable. Por ejemplo, un concierto a mayor volumen que el que pueden resistir tus oídos puede ocasionarte un daño irreversible y la pérdida de tu capacidad de audición.

Para la preparación de esta revista hemos entrevistado a músicos, fabricantes y afinadores de instrumentos, arquitectos, profesores, expertos en sonido y especialistas en mediciones. Hemos reunido información, conocimientos y experiencias, para presentarte artículos que te resulten útiles para tus propias creaciones, para tus actividades y según tus gustos musicales. Aunque siempre habrá algo muy difícil de estudiar y de explicar, y para lo que aún no conocemos una respuesta: cómo surgió la atracción por la música que tenemos los seres humanos y que se mantiene hace miles de años.

Si deseas hacer un comentario o sugerir algún ajuste a lo expresado en la Revista, no dejes de contactarnos. Puedes hacerlo a través de nuestro sitio *online* [www.revistadeacuerdo.org](http://www.revistadeacuerdo.org)

Recibe un cordial saludo,

ALEXIS VALQUI



Alexis Valqui, Director de la revista  
*¡De acuerdo! – La ciencia a tu medida*  
Foto: César Gutiérrez Vásquez



# Índice

## El desafío del lutier

CLAUDIA MAZZEO... 4



## Tocando electrones para los nuevos sonidos

ENRIQUE GARABETIAN... 14



## Prefacio

ALEXIS VALQUI... 1

## Por siempre *Les Luthiers*

CLAUDIA MAZZEO... 10



## La revolución de "El sonido 13"

DANIEL DE LA TORRE... 43

## Construir, grabar, disfrutar

DANIELA HIRSCHFELD... 30

## Candombe: tambores en cuerpo y alma

SILVANA DEMICHELI... 34

## Te doy el 'la'

CLAUDIA MAZZEO... 40



# Música

## Carlos Vives: sonidos combinados de provincia y rock and roll

ERNESTO RESTREPO... 22



## La magia envolvente del sonido

ÍRMA OVIEDO... 26

## El arte de resucitar el acordeón

DAVID CARRASCO... 18

## Instrumentos en clave de 3D

CLAUDIA MAZZEO... 44



## La música bien guardada

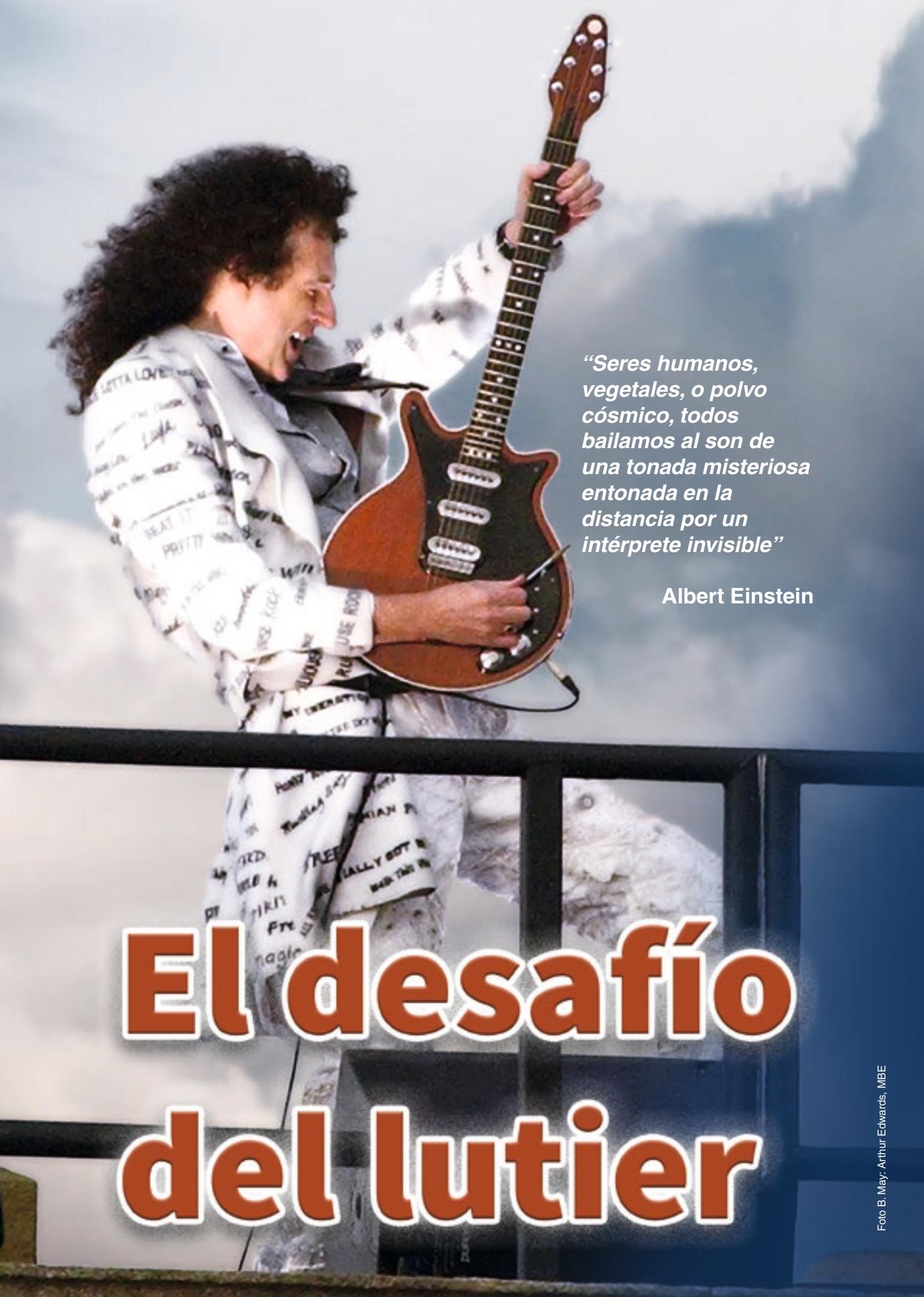
ENRIQUE GARABETIAN... 46



## Horas de música

CATALINA QUINTO... 48





*“Seres humanos,  
vegetales, o polvo  
cósmico, todos  
bailamos al son de  
una tonada misteriosa  
entonada en la  
distancia por un  
intérprete invisible”*

Albert Einstein

# El desafío del luthier

Como muchos jóvenes que aman la música, Brian Harold May antes de convertirse en el guitarrista del grupo británico *Queen*, soñaba con tener una guitarra única, que le permitiera obtener sonidos similares a los de los músicos que seguía y admiraba. Al cumplir los 16 pensó que era el momento de cambiar su guitarra acústica por una *Gibson Les Paul Dorada* o una *Fender Stratocaster*. Pero el dinero no alcanzaba.

Antes de resignar su sueño decidió fabricar su propia guitarra. Con la ayuda de su padre, que era ingeniero electrónico, puso manos a la obra

y empezó por convertir en taller una habitación de la casa que habitaban. Después de dos años de labor nacería la “*Red Special*”, instrumento que viajaría por el mundo junto a su co-creador durante alrededor de medio siglo, transformándose en un ícono musical para varias generaciones de fans.

Brian May, famoso no sólo como guitarrista sino también como compositor de un gran número de éxitos del polifacético grupo *Queen*, era licenciado en Física y Astronomía del *Imperial College* de Londres. Si bien había interrumpido la preparación de su tesis cuando *Queen* comenzaba a ganar éxito, la retomó 30 años después, obteniendo el grado de *doctor en Astrofísica* en 2007 otorgado por esa casa de estudios.

Curiosamente, May rozó lo que en el Medioevo se dio en llamar la cuádruple vía hacia la sabiduría (*quadrivium*). Según esta concepción, la música, la aritmética, la geometría y la astronomía eran modos de acercarse a la sabiduría. El músico y astrofísico sin duda las manejaba bien a todas. De lo contrario, ¿cómo calculó, diseñó y construyó la exitosa “*Red Special*”?

## En clave de lutería

Si bien todos podemos fabricar un instrumento musical más o menos complejo según nuestras habilidades, el lutier es quien se dedica a construir, reparar o restaurar instrumentos musicales de un modo profesional. Aunque la acepción francesa del término *luthérie* definió originalmente a quienes trabajan con instrumentos de cuerda, en la actualidad se denomina lutería (sin h intermedia, según la Real Academia Española) a la construcción, reparación o restauración de instrumentos musicales en general.

No es fácil saber quién fue el primer lutier. El origen de los instrumentos musicales es indeterminado. La Biblia, que recopila textos escritos entre 900 a.C. y 100 d.C., menciona la existencia de artesanos que construían sus instrumentos fabricados a mano con madera, piel de animal tensada, metal, cuerno y hueso, e incluso con incrustaciones de marfil, con cuerdas de fibra vegetal o de tripa animal.

Este oficio-arte, que despuntaría durante el Renacimiento (siglos XV y XVI), encontró su apogeo en la ciudad de Cremona, Italia, y logró perpetuarse como profesión con la obra de Antonio Stradivari (creador del violín *Stradivarius*), Giuseppe Guarneri y Nicolo Amati. Todos ellos eran grandes violeros, tal como se denomina a quienes construyen violines y otros instrumentos de cuerda frotada, como la viola y el violoncello. Y tanto ellos como las escuelas que formaron han buscado realizar instrumentos únicos, por su sonido o por su belleza estética.

¿Pero cómo es ser lutier en pleno siglo XXI? Según parece, a pesar de la automatización de muchos otros oficios, la lutería sigue siendo una actividad reconocida, alimentada por la ilusión de intérpretes y músicos de acceder a objetos únicos, de culto. Verdaderos fetiches.

“Si bien hay trabajos que son más manuales, y otros más mecanizados, el control del artesano sobre la máquina es lo que diferencia un proceso artesanal de uno industrial”, dice en una entrevista radial Ángel Sampedro del Río, se-

Foto cedidas por Claudia Mazzeo



Foto cedida por la Escuela de Luthería (Tucumán-Argentina)

cretario de la Asociación Argentina de Luthiers<sup>1</sup>. Además, mientras que en una fábrica de guitarras una persona se ocupa de la caja, otra coloca el mango (también conocido como diapasón, mástil o brazo de la guitarra), otra rectifica los trastes y así hasta terminar de armarla, en una pieza de autor el artesano se ocupa de todo el proceso.

## Lutería en la Universidad

En la ciudad argentina de Tucumán funciona la *Escuela de Luthería*<sup>2</sup> de la Universidad Nacional de Tucumán (UNT), que se especializa en la construcción de guitarras clásicas y violería. Nacida del taller-escuela que fundó el italiano Alfredo del Lungo en 1949, hoy cuenta con más de 200 alumnos que provienen de diferentes provincias argentinas, aunque también de Bolivia, Chile, Colombia, México, Perú y Canadá. De acuerdo con los intereses de cada alumno se puede acceder a los diplomas de *Técnico en instrumentos de cuerdas pulsadas*, *Luthier profesional*, o *Licenciado en luthería*.

¿Qué cambios implica pasar de aprendiz de taller, recibiendo las enseñanzas de un maestro lutier, a aprender lutería en una universidad? ¿Se emplean criterios más homogéneos, más estandarizados, más científicos?

Según afirma Fernanda Tomi, alumna y tutora de lutería en dicha Universidad “La enseñanza en el taller sigue realizándose de manera tradicional; es decir, de maestro a alumno. El cambio más bien se da en la parte burocrática al depender de la Universidad, en lo que hace a cumplir las instancias administrativas (obtención de certificados, correlatividad de materias, regularización de las materias cursadas, entre otros).

Cada parte del instrumento es supervisada por los maestros, quienes, si el tiempo lo permite, enseñan a cada alumno a “sentir” la madera, a “oírla”, a reconocerla por su aroma,

colores, texturas, e incluso por su sabor. La única manera de aprender todo esto es con el maestro al lado. También se les enseña a reconocer buenos aceros para luego trabajarlos y así obtener una herramienta óptima que más adelante facilitará la construcción de instrumentos”, explica Fernanda, que es oriunda de Junín de los Andes, en la provincia de Neuquén (Argentina), distante más de 2000 km de Tucumán.

Por otra parte explica que, al pertenecer a la Universidad, la Escuela (palabra que pronuncia con orgullo) los ayuda a organizarse, “algo que a la mayoría de los artistas les cuesta”. Y es que deben cumplir con fechas de entrega, condiciones para finalizar un ciclo y otras formalidades propias de un sistema universitario.

“En cuanto a los criterios, puedo decir que la lutería es como una cocina; hay miles de recetas y técnicas, miles de elementos que se pueden combinar, pero cada uno hace su experiencia y decide cuánto apegarse a una u otra receta, si emplea una sola técnica o un poquito de algunas otras que sepa o invente en el momento, y qué elementos desea combinar para su obra. La experiencia y sus sentidos serán determinantes” —dice Fernanda— y agrega: “Cuando se está creando, lo científico son solo notas, una guía...; la magia verdadera está en quien la aplica y eso los maestros del taller lo saben. No olvidemos que al trabajar con un elemento que aún está “vivo”, todo queda a criterio de éste; cada milímetro de madera es único, por más que pertenezca al mismo árbol”.

Las herramientas que emplean para construir sus instrumentos son múltiples: reglas de varios tamaños, escuadras, calibres, espécimetros, compases de punta y de curvas (estos últimos hechos por los propios alumnos), balanzas y cualquier recipiente que sirva de medida es apto para la preparación de barnices.

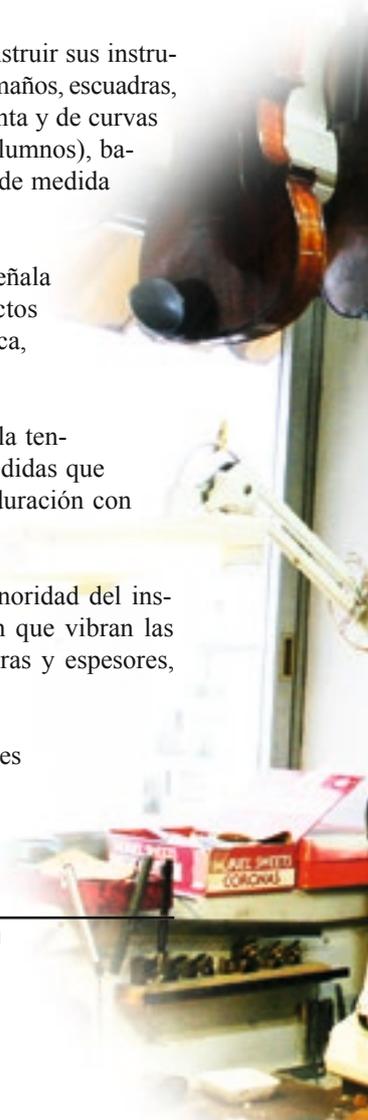
Gustavo Bellido, egresado de la UNT, señala que en la lutería, además de los aspectos técnicos y artísticos, intervienen la física, la química y la acústica.

La física está presente por ejemplo en la tensión de las cuerdas, los espesores y medidas que confieren al instrumento resistencia y duración con el paso del tiempo.

La acústica, elemento clave para la sonoridad del instrumento, se relaciona con el modo en que vibran las maderas, cómo marcar las curvas, alturas y espesores, para lograr el sonido buscado.

Por otra parte para elaborar los barnices, es necesario asomarse al mundo de la química. Los artesanos utilizan elementos naturales como resinas, aceites, alcohol, trementina, y hasta ácidos.

<sup>1,2</sup> Se mantiene la h intermedia ya que así figura en el nombre de ambas instituciones.



## “Cara a cara” con el instrumento

A la hora de construir, por ejemplo una guitarra clásica, se realizan múltiples mediciones. De los espesores de las tablas que funcionarán como tapas y fondos, de aros o fajas, de mangos y diapasones (donde se digitan las notas musicales en la guitarra), de placas que refuerzan la zona de los clavijeros. Se mide la longitud de cuerda o tiro de cuerda, que varía según el tamaño del instrumento. La altura, que se relaciona con varios elementos estructurales internos de los instrumentos: espinetas, barras, tacos, contrafajas (una tira de madera que refuerza internamente la estructura de los aros al copiar su forma). Y también se miden elementos externos, como la altura de las fajas, puentes y cuerdas. Asimismo debe precisarse la longitud de caja, que varía según los modelos, mango (que afecta fundamentalmente al tiro de cuerda), puente y cejilla o cejuela (que incide sobre la distribución de las cuerdas).

Recordemos que en las guitarras el sonido es producido por la vibración de las cuerdas, cuya energía es transmitida al mango, hacia uno de sus extremos, y a la caja de resonancia, hacia el otro. Como la cantidad de aire que puede desplazar una cuerda es poca, el sonido es amplificado mediante la caja de resonancia. La vibración de las cuerdas se transmite a través del puente a la tapa armónica, que desplaza una cantidad mayor de aire pudiendo producir un sonido mucho más potente que la vibración de una cuerda sola. Al vibrar la tapa armónica, las ondas sonoras se transmiten a su vez al fondo y los aros de la caja de resonancia, los que comienzan a vibrar.

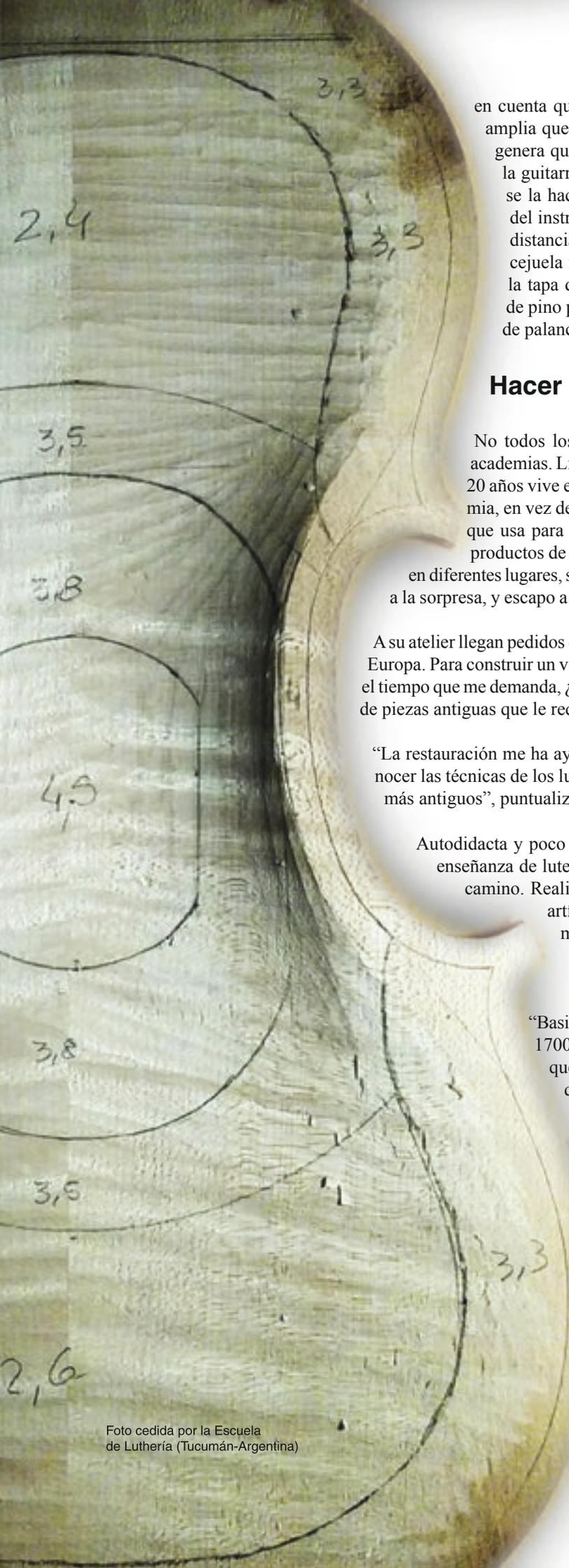
La boca de la guitarra (el agujero de la tapa armónica) también influye en el sonido. La función de todo el sistema es maximizar la intensidad del sonido iniciado al pulsar la cuerda, pero debido al principio de conservación de la energía el “precio energético” se paga es la duración de la vibración.

Consultada sobre qué tipos de ajustes son esenciales realizar a la hora de armar un instrumento, Fernanda explica: “El ajuste clave se da en lo que llamamos la puesta a punto, donde el luthier tiene que equilibrar las medidas estándar, con la mecánica particular del instrumento, y con los gustos del músico que lo va a ejecutar”.

“La puesta a punto óptima consiste en lograr que las notas musicales nazcan a lo largo y a lo ancho de todo el diapasón del instrumento de manera clara sin que afecten en demasía la mecánica del instrumento, afirma. El principio que afecta a la gran mayoría de los instrumentos de cuerda es el mismo: una base plana con una leve curvatura hacia el centro longitudinal”.

“Sobre esta base se eleva una cuerda sostenida por dos elementos en cada extremo que actúan como nodos (o puntos no vibrantes); se deberá tener

Fotos cedidas por Claudia Mazzeo



en cuenta que las frecuencias graves tienden a una oscilación más amplia que las agudas, por lo tanto necesitarán más espacio. Esto genera que en uno de los nodos se produzca una inclinación (en la guitarra esta inclinación se la damos a la cejuela, en el violín se la hace al puente). Es fundamental tener en cuenta la física del instrumento ya que si logramos que las cuerdas tengan una distancia óptima al diapason (altura de cuerda) utilizando una cejuela muy alta o un puente alto, estamos poniendo en riesgo la tapa del instrumento (por lo general construido con madera de pino para lograr una mayor vibración), afectada por el efecto de palanca del mismo puente”, sintetiza.

## Hacer camino al andar

No todos los aprendices de lutería eligen formarse en escuelas o academias. Lionnel Genovart, un prestigioso lutier argentino que hace 20 años vive exclusivamente de su profesión, prefiere hablar de alquimia, en vez de química, para referirse a la preparación de los barnices que usa para sus violines. “Las resinas son compuestos orgánicos, productos de los árboles. Dos resinas de la misma marca, compradas en diferentes lugares, se comportan de manera diferente. Me gusta darle espacio a la sorpresa, y escapo a la fórmula de 5 g de esto más 5 g de aquello”, confiesa.

A su atelier llegan pedidos de instrumentos de diferentes países de América Latina y Europa. Para construir un violín invierte 160 horas de su tiempo (“Si no cronometro el tiempo que me demanda, ¿cómo calculo los costos?”) y ha realizado restauraciones de piezas antiguas que le requirieron un año de trabajo.

“La restauración me ha ayudado mucho a entender más a los instrumentos, a conocer las técnicas de los lutieres que intervinieron, sobre todo en los instrumentos más antiguos”, puntualiza.

Autodidacta y poco afecto a la formalidad de las instituciones en lo que a enseñanza de lutería se refiere, cuando empezó, decidió trazar su propio camino. Realizó el secundario en una escuela técnica de inclinación artística, la Fernando Fader. Aprendió escultura, pintura, música (violín) y pasó por la escuela de oficios Manuel Belgrano, donde fue discípulo del lutier italiano Franco Ponzó. Trabajó en distintos talleres de lutería.

“Basicamente en la lutería hoy hacemos lo mismo que en 1600-1700. Lo único que usamos de nuevo es la sierra sinfin, ya que antes se cortaba todo a mano, y disponemos de cepillos que tienen mucha mejor tecnología. El calibre también es mejor. Antes se usaba un comparado; con el calibre actual (espesímetro) podés medir en centésimas de milímetro, lo que para nuestra tarea es una exageración.

Genovart destaca que la globalización puede resultar fantástica desde el punto de vista del fácil acceso a la información. Pero sostiene que eso es un arma de doble filo, desde el punto de vista artístico. “Estuve el año pasado en la *Trienal de Cremona*, concurso más importante de lutería en el mundo, y me entristece ver cómo se están perdiendo las identidades. La búsqueda de la excelencia lleva a fabricar instrumentos sin personalidad, todos iguales”, se lamenta.

“Para hacer un instrumento único, es necesario animarse a correr riesgos”, concluye.

## ¿Lutier a marzo?

¡De acuerdo! le consultó a Fernanda Tomi —una de las 26 mujeres de la carrera de Lutería de un total de 200 alumnos— si existen materias difíciles.

“Considero que la carrera en si no tiene materias imposibles de aprobar, si eso sucede puede deberse a otros factores, no al contenido. Quizás la materia más compleja sea *Lutería práctica* (la construcción en sí de un instrumento). Aquí influye la falta de material e insumos, el comienzo tardío de las clases, los factores climáticos que afectan negativamente a la madera y los barnices que se utilizan.

Cuando la humedad es elevada no es conveniente pegar, ni barnizar nada; las maderas absorben el agua del ambiente incrementando su volumen, y esto puede provocar futuras rajaduras cuando el material vuelve a su estado natural. En cuanto al barniz lo menos dañino sería que se retarde el secado. Lo más común es que la humedad penetre el barniz y quede alojada entre las capas, formando “manchones” blancos. Recordemos que Tucumán se encuentra cerca del trópico, por lo que sólo cuenta con 2 o 3 meses de humedad por debajo del 60 %. Todos estos factores pueden hacer que la entrega final del instrumento muchas veces no se concrete en tiempo y forma, pero los maestros esto lo comprenden, al momento de evaluar los instrumentos de cada alumno.”

## De la vereda de enfrente de la lutería

Los hermanos Kazutaka y Satoshi Itako, ingenieros electrónicos del Instituto de Tecnología de Kanagawa (Japón) y fabricantes de guitarras, han dedicado muchos años a buscar la forma óptima de ese instrumento. En 2012 publicaron un trabajo en *Acoustical Society of America* centrado en el análisis del efecto del espesor de la madera, el volumen y la profundidad (espesor) de la caja de la guitarra en la calidad tonal. Fabricaron cuatro guitarras casi idénticas con distintos espesores, comprendidos entre los 58 mm y los 98 mm, y para comprobar la calidad tonal y la de los armónicos de cada instrumento un músico tocó las cuerdas al aire<sup>1</sup> en dos estilos de rasgueo. Según la revista *Investigación y Ciencia* evaluaron el sonido resultante con parámetros objetivos y subjetivos. Los armónicos, o múltiplos enteros de frecuencia fundamental, fueron estudiados con ayuda de un osciloscopio una onda pura posee un solo armónico, pero su sonido se considera estéril y artificial; un mayor número de armónicos, por el contrario, produce un sonido más rico. Por otro lado, nueve oyentes con formación musical juzgaron la calidad de los respectivos instrumentos. La conclusión: la guitarra que emitió la mejor combinación de armónicos fue la de 68 mm de profundidad.

Más recientemente se propusieron estudiar cómo afecta al tono el diámetro de la boca del instrumento así como la posibilidad de usar algún material sintético (como la fibra de vidrio) para fabricar guitarras de tan buena calidad como las labradas en madera.

## Doctor House también en instrumentos

Al lutier Lionnel Genovart le gustan las sorpresas. Eso explicó a ¡De acuerdo! refiriéndose a su metodología de trabajo, más proclive a innovar que a repetir recetas. No obstante, su trabajo en la restauración de instrumentos lo ha sorprendido más de una vez, pero por otros motivos.

“Una tarde me trajeron a reparar dos violines muy antiguos. Me llamó la atención que ambos tenían los mangos rotos. Pero más me asombró la respuesta de su dueña al preguntarle la causa: sus hijos los habían usado para jugar al ping-pong”. Otras veces recibió arcos de violín para reparar que habían servido de espadas en imaginarios combates al mejor estilo de *La Guerras de las Galaxias*.

Pero el colmo llegó con un contrabajo. “Al arreglarlo encontré en su interior una rana seca”, cuenta.

En una ocasión, digna de ser consultada con el famoso *Doctor House*, abrió un instrumento para poder repararlo y encontró un pedazo de cuchilla rota inserto en un borde interno. “Como el cirujano que opera y deja adentro un bisturí, alguien antes había tratado de arreglarlo, pero desistió”.

<sup>1</sup> al aire: sin presionarla con la otra mano contra el mango, en ningún “traste”.



Por siempre

# *Les Luthiers*



*Les Luthiers* es un grupo argentino de músicos que ha adquirido fama internacional por su originalidad y profesionalismo. Hacen humor por medio de su repertorio, empleando instrumentos musicales no convencionales creados por ellos mismos con latas, mangueras, tubos, pelotas y otros elementos de uso cotidiano. Con más de 50 años de trayectoria, sus integrantes son autores tanto de los textos como de la música de sus espectáculos; también de la dirección y la puesta en escena.

Gerardo *El Flaco* Masana, como lo apodaban, es reconocido por *Les Luthiers* como el fundador del conjunto. Fue por su iniciativa que en 1964, durante el cierre de la *V Festival Nacional de Coros Universitarios*, cuatro futuros miembros de *Les Luthiers* pusieron en escena una opereta cómica de su autoría, la *Cantanta Modatón*. La obra parodiaba una composición vocal barroca con acompañamiento instrumental, y texto tomado de un prospecto de un conocido laxante.

En los comienzos de su carrera crearon el célebre personaje Johann Sebastian Mastropiero, satirizando a través de él a los compositores clásicos. Este personaje se caracteriza por una vida turbulenta cuya trama se va desarrollando a lo largo de cada presentación.

El coqueteo del grupo entre la seriedad, el humor y el absurdo, la ficción y la realidad, suele ser tal que en algunas ocasiones en las que se pusieron realmente serios, el público festejó sus dichos, tomándolos como verdaderos chistes. Tal fue el caso de una función en que, paradójicamente ofrecían su *Sinfonía interrumpida*, cuando uno de sus integrantes, Carlos Núñez Cortés, se cortó la mano con un serrucho muy afilado, que compraron de apuro para reemplazar a otro que utilizaron en los ensayos.

Daniel Rabinovich salió a avisar del accidente al escenario, lamentándose por no poder continuar la función y ofreciendo la devolución de las entradas. La respuesta del público no se hizo esperar: más risas y aplausos. Entre tanto, entre bambalinas, Cortés se desangraba. Debó luego ser intervenido de urgencia en la guardia de un hospital.

## Latín o violín de lata

Se fabricaron con latas vacías de jamón envasado a las que se les agrega la trastera y un clavijero de cuatro cuerdas.

La afinación es idéntica a la del violín común y posee la misma versatilidad que éste, lo que le ha valido ser incluido en numerosas obras del grupo.

El conjunto está actualmente compuesto por cuatro de sus miembros fundadores: Carlos López Puccio, Carlos Núñez Cortés, Jorge Maronna y Marcos Mundstock, a quienes se suman Horacio *Tato* Turano y Martín O'Connor. Han recibido numerosos premios a lo largo de su carrera, entre ellos el premio Grammy Latino especial a la Excelencia Musical (2011).

## Instrumentos made in Les Luthiers

El primer instrumento exótico que emplearon —realizado por Gerardo Masana— fue el *bass-pipe* a vara, construido con tubos de cartón encontrados en la basura y elementos caseros. También el *gom-horn* estuvo entre los primeros, y fue hecho con una manguera, un embudo y una boquilla de trompeta. Algunos de los instrumentos nacieron como parodia de los estándar, como sucedió con *el latín* y *la violata*.

Luego se incorporó como lutier el médico Carlos Iraldi, dando vida a artefactos tan singulares como la *mandocleta* (una bicicleta cuya rueda trasera mueve las cuerdas de una mandolina), *el ferrocallepe* (un calíope -instrumento musical que produce sonido mediante un flujo de vapor a través de unos silbatos, originalmente de locomotora), *el bajo barriltono* (un contrabajo cuyo cuerpo es un barril gigante), *el órgano de campaña* (un órgano que se lleva colgado de la espalda, y cuyo aire es enviado por unos zapatos-fuelles), entre otros.

Tras el fallecimiento de Iraldi en 1995, el artesano Hugo Domínguez tomó la posta, fabricando la desafinaducha, el nomeolbídete y el alambique encantador.

De acuerdo con el portal del grupo (<http://www.lesluthiers.com/>) en la actualidad tienen 44 instrumentos de distintos tipos y funcionamientos.



## Campanófono a martillo

Este instrumento, al igual que el *alambique encantador*, es un artefacto del cual se hicieron dos versiones.

La primera fue construida por Héctor Isamu, un técnico en electrónica, sobre una idea de Carlos Iraldi. Son tubos metálicos que al ser percutidos suenan como campanas.

El instrumento posee al frente un teclado que acciona electroimanes, los que ponen en movimiento martillos que percuten sobre los tubos.

La segunda versión, mucho más teatral, es obra del artesano Fernando Tortosa.

También posee tubos metálicos percutidos por martillos pero a diferencia del anterior carece de teclado. El ejecutante permanece arrodillado frente al instrumento y acciona los martillos halando cuerdas y poleas.



## Lira de asiento o Lirodoro

El instrumento permite adivinar fácilmente la clase de objeto que sirvió para su construcción. Una tapa de retrete a la que se le adosó un clavijero de mandolina, un puente con microafinadores y 8 cuerdas de metal que abarcan una extensión de una octava.

Al carecer de trastera las cuerdas sólo pueden ser pulsadas al aire lo que limita su tesitura a esas 8 únicas notas.





## Bolarmonio

Fue creado por el artesano Fernando Tortosa para presentarlo en el concurso de Instrumentos Informales realizado durante la Expo de los 40 años de *Les Luthiers*. El instrumento ganó el primer premio y el grupo decidió incluirlo en el espectáculo *Lutherapia* del año siguiente.

Consta de 18 pelotas de fútbol dispuestas en forma de teclado frente al ejecutante. Las pelotas, al ser oprimidas, lanzan el aire a través de unas lengüetas de acordeón. El instrumento es muy versátil y posee diversas aptitudes sonoras, como ejecutar escalas, acordes, vibratos y trinos, de acuerdo con Carlos Núñez Cortés.

## Ferrocálido

Construido por Carlos Iraldi y Carlos Merlasino en 1994, es una *calíope* donde los tubos de órgano han sido reemplazados por silbatos de ferrocarril accionados por vapor de agua. El vapor proviene de tres calderas donde el agua es calentada por resistencias eléctricas.

Un teclado, al frente del instrumento, acciona los silbatos y al mismo tiempo enciende una lamparita de color que ilumina el chorro de vapor.

El efecto visual de este instrumento es muy notable, al igual que su potencia sonora.

CLAUDIA MAZZEO (ARGENTINA)

Fotos: Gentileza de *Les Luthiers*





# Tocando electrones para los nuevos sonidos

**¿Qué tienen en común los músicos de rock sinfónico y de cumbia?**

**A primera vista, poco; pero en realidad, mucho: ambos componen y tocan sus ritmos usando instrumentos y equipos basados en los principios de la electrónica.**

La música ha acompañado a la especie humana por decenas de miles de años.

Los antropólogos han rastreado sonidos musicales y percusión hasta unos 50 mil años a. C y los arqueólogos han hallado instrumentos en yacimientos que demuestran que los primeros “vientos”, las flautas, tienen alrededor de 37 mil años. Por otra parte, hacia el 3000 a. C. en la Mesopotamia, los músicos de Sumeria tañían cuerdas de arpas y liras.

Lo verdaderamente curioso para cualquier amante de la música es que atravesando civilizaciones, descubrimientos y cambios culturales, los sonidos de la humanidad se basaron en la misma tecnología original que fue evolucionando en forma muy gradual: el rasguído de cuerdas, la percusión y soplos de aire. “Sin embargo en apenas diez décadas, un mínimo suspiro de la historia cultural de la humanidad, se registraron cambios tecnológicos revolucionarios que abrieron camino a la música que escuchamos hoy”, comenta Emilio Loëbe, ingeniero electrónico que trabaja en la Gerencia de Metrología del Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) de Argentina.

## Cambios

“A principios del siglo XX, con los avances de la electrónica, la música comenzó a experimentar cambios revolucionarios. Básicamente al comenzar a manipular electrones y al desarrollar circuitos eléctricos, se abrieron las puertas de tecnologías que hoy son fundamentales para la música, incluyendo cómo se la interpreta, pero también cómo se la escucha”, detalla Leandro Kornblit, estudiante de Física que trabaja en el Laboratorio de Temperatura en el Centro de Física y Metrología del INTI. “Un ejemplo clave de esta evolución es la potencia acústica. Hoy un recital de un gran grupo de rock puede llegar a 500 mil personas, como ocurrió en el histórico concierto de los *Rolling Stones* en marzo de 2016, en Cuba. ¿Cómo fue posible? ¡Gracias a los amplificadores!”

Hoy no resulta fácil entender como, desde que nació la música hasta inicios del siglo XX, la única manera de escuchar sonidos era con la potencia propia de cada instrumento. Los coros medievales, los conciertos de Bach, las sinfonías de Beethoven o las óperas de Mozart, e incluso las grandilocuentes obras de Richard Wagner, solo podían escucharse en espacios acotados, a un volumen limitado y con el espectador ubicado relativamente cerca de la orquesta, aprovechando los principios de la acústica.

Pero el invento del ingeniero estadounidense Lee de Forest abrió el juego a la electrónica y revolucionó el *status quo*; y la primera variable posible fue amplificar la potencia acústica. De Forest, en 1911, comenzó a desarrollar la idea de amplificar electrónicamente el sonido, recurso que luego utilizaron la compañía de telecomunicaciones ATT y sin censura las primeras radios AM.

Durante las siguientes cuatro décadas los amplificadores musicales —siempre basados en el funcionamiento de válvulas de vacío— evolucionaron mejorando sus parámetros: la respuesta de frecuencia y la potencia de amplificación. Y, al mismo tiempo, minimizaron la distorsión y el ruido que se suma a la señal original.

“Durante la década del ‘50 y principios de los ‘60 la electrónica pegó un salto inmenso gracias al avance de los transistores y los circuitos integrados electrónicos que reemplazaron a los equipos de válvulas con amplificadores más pequeños y económicos pero con mejores prestaciones”, detalló Ángel Castro, también integrante de la Gerencia de Metrología del INTI. La manipulación de los electrones que permitió la física moderna generó una nueva etapa de posibilidades musicales: los instrumentos electrónicos.

### Sintetizadores profesionales

El impulso de la industria de la electrónica en la segunda mitad del siglo XX le abrió las puertas al vuelo creativo de artistas y músicos que experimentaron conectando diferentes tipos de amplificadores unidos “en cascada” y en paralelo.

No sólo buscaban potencia, sino también la creación de nuevos sonidos. Así, año tras año, en la década del ‘60 —en la que predominó la exploración en una amplia variedad de rubros culturales— se fue sumando a la música lograda con los instrumentos tradicionales la posibilidad de usar generadores y sintonizadores de señales capaces de crear sonidos artificiales y de modificar una señal musical.

La tecnología aportada por la electrónica permitió amplificar, mezclar ondas, hacer distorsiones y aplicar filtros. “Muchos músicos se sintieron atraídos por la creación de sonidos que no existían originalmente en forma natural”, explicó Ángel Castro del INTI.

Uno de los pioneros de la música electrónica fue el ingeniero Robert Moog, quien es frecuentemente nombrado como el “padre del sintetizador” por su invento de 1964. El *moog* integraba distintos módulos (un oscilador, un amplificador y varios filtros) y permitía imitar sonidos de cualquier instrumento musical, generar nuevos, modificarlos y combinarlos.

“Desde entonces las posibilidades creativas aumentaron, porque los equipos permiten varios tipos de síntesis: desde mezclas sonoras logradas por adición o por sustracción, a otras como la granular, que es una suma de sonidos cortos para generar una nueva “masa” sonora con una textura musical diferente y más compleja. En definitiva, permite aprovechar las ondas simples para mezclarlas y lograr nuevos sonidos complejos. Esto abre la puerta a nuevas creaciones”, detalló Federico Serrano, licenciado en Artes Electrónicas e integrante del Grupo de Acústica del INTI.

Todos estos caminos abiertos por el desarrollo de la tecnología digital les facilitan a los músicos una mayor creatividad, más posibilidades y una forma diferente de componer. También permiten jugar, en una partitura, con sonidos propios de la naturaleza pero que fueron creados y replicados en forma sintética “...por ejemplo, se podría simular el sonido de un piano, pero sin martillos ni cuerdas”, detalló el experto.

### Samplers y midi

Otro gran paso de la música se dio con el sampler, que comenzó a usarse a mediados de los ‘70. Es una variante del sintetizador ya que, en lugar de generar sonidos, utiliza las grabaciones (*samples*) producidas por cada músico, las cuales pueden ser reproducidas mediante un teclado, secuenciador u otro dispositivo y sirven para interpretar o componer. Si bien suelen asociarse a estilos como el rap y el *hip-hop*, lo cierto es que músicos de todos los estilos han utilizado los samplers. De hecho, los primeros en explorar sus posibilidades fueron Herbie Hancock, Kate Bush, Peter Gabriel y *Duran Duran*.

También permitió un gran avance el MIDI (por sus siglas en inglés, *Musical Instrument Digital Interface*). Se trata de un estándar tecnológico que describe un protocolo,

una interfaz digital y conectores, y que permite unir instrumentos electrónicos con otros dispositivos. Nació en 1982 y abrió la posibilidad de unir instrumentos, computadoras y otros equipos para que se comuniquen entre sí. De manera que todos los instrumentos electrónicos “lo entienden” y permiten ejecutar el rock sinfónico —que entronizó a Rick Wakeman—, una cumbia o un raqueton.

## Instrumentos virtuales

Hace tres décadas, la pareja de la música y la electrónica dio otro salto técnico notable gracias al nacimiento de los instrumentos virtuales, capaces de emular y explorar nuevas sonoridades.

Los músicos que buscaban expandir los límites musicales buscaron respuestas a preguntas tales como “¿Cómo sonaría el timbre de una guitarra si su caja tuviera el doble de tamaño que el de una guitarra tradicional?”

“Para eso sirven los instrumentos virtuales, capaces de generar sonidos sin necesidad de construirlos y que permiten explorar diferentes rangos sonoros a través de la variación de múltiples parámetros que van desde la temperatura o la tensión de las cuerdas a un sinnúmero de variables. Y todos estos recursos, otra vez, expanden las posibilidades creativas de la música”, aseguró Kornblit.

Claramente, las tendencias musicales acompañan la evolución de la electrónica en general: miniaturización de equipos, mejores prestaciones, y todo con mayor accesibilidad económica. Y no solo con equipos dedicados. “Hoy es posible convertir una computadora común en un instrumento electrónico versátil: agregarle un teclado de piano, software y conectores electrónicos y sumarle un dispositivo con MIDI”, detalla Kornblit.

Claramente, el avance y combinación de disciplinas como la física, la electrónica y la informática permitieron un enorme crecimiento de las posibilidades musicales y creativas de los músicos. Los recursos para producir y escuchar sonidos melódicos ahora son muy amplios, pero lo que parece no haber cambiado es nuestra natural, primitiva y ancestral necesidad musical.

ENRIQUE GARABETYAN (ARGENTINA)

## Los pioneros electrónicos

Entre los instrumentos pioneros en el aprovechamiento y la modulación de los electrones figura el *telharmonium*, creado por Taddeus Cahill en 1891 y patentado en 1897. Es considerado el primer instrumento musical eléctrico plenamente desarrollado. Era una especie de órgano a electricidad, que empleaba generadores por ruedas dentadas (dínamos que movilizaban engranajes) que producían tensiones sinusoidales a distintas frecuencias cuyas amplitudes (volumen) podían ser atenuadas mediante resistencias, determinando las características de cada registro. Pesaba cerca de 200 toneladas y, ante la inexistencia de altavoces o parlantes, el instrumento solo podía escucharse por medio de una red telefónica.

Otro clásico fue el creado por León Theremin, en 1919. El *theremin* utilizaba generadores de ondas y antenas; al interferirlas con sus manos el ejecutante podía controlar la altura y amplitud de las ondas sin tener contacto físico con el instrumento. Dado el timbre casi puro producido por el *theremin*, el rango musicalmente aprovechable no superaba las cuatro octavas.

Además de inventar violoncelos, teclados y de percusión electrónicos, Theremin además creó el *terpsitone* cuya interpretación se realizaba con el cuerpo entero y el Titmicón, primitivo secuenciador de mecanismo fotoeléctrico.

## Glosario de física y música

- El **sonido** consiste en la **propagación** de una perturbación mecánica en un material (en general el aire). Además, se considera sonido al intervalo de frecuencias de 20 Hz a 20 kHz, que es el rango de audición del ser humano. Para comprender mejor la producción de sonido es posible representarse un tubo largo lleno de aire (como una flauta), en el cual inicialmente el aire está en reposo y las moléculas se encuentran homogéneamente distribuidas. Si una persona sopla por el extremo, el aire se comprime; las moléculas cercanas son “empujadas” —lo que crea una zona de presión más alta— mientras que las que se encuentran alejadas no; esa zona de alta presión se va trasladando por el tubo, alejándose de la fuente y generando una transmisión de energía. Luego de que la primera perturbación recorre cierta distancia en el tubo, comienza la segunda y así sucesivamente. Eso permite definir a la **longitud de onda** como la distancia entre perturbaciones sucesivas en el espacio.

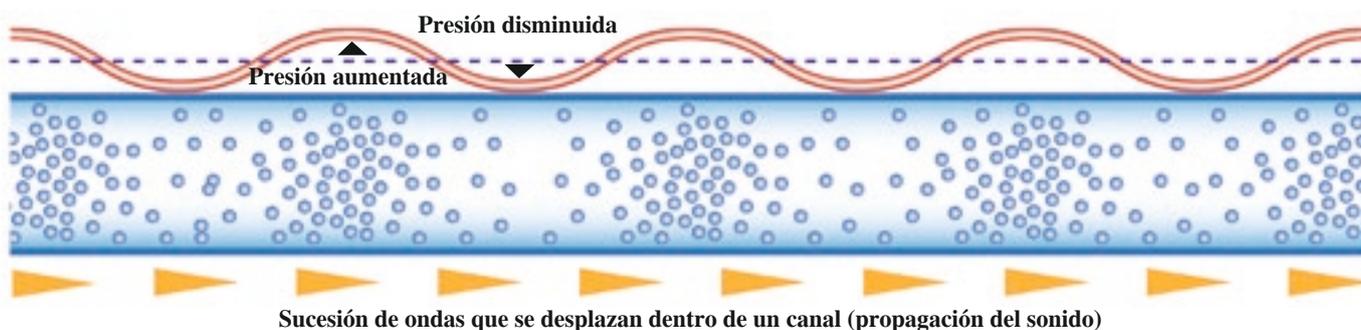


Ilustración: Alberto Parra del Riego

- La **frecuencia** es la cantidad de perturbaciones por segundo (en ciclos por segundo o Hz). Si un sonido es una sucesión de ondas de compresión que se propaga por un material, al ubicarnos en una posición fija registraremos cómo la presión del aire aumenta y disminuye periódicamente a medida que tienen lugar las sucesivas perturbaciones. Aquí aparece el concepto de presión sonora.
- La **presión sonora** o **acústica** es producto de la propagación del sonido. La energía provocada por las ondas sonoras genera un movimiento ondulatorio de las partículas del aire (o del agua), provocando pequeñas variaciones de la presión atmosférica de manera alterna. Se mide en pascales (Pa) y se define como la diferencia de presión instantánea que se produce en la atmósfera por efecto del sonido. El umbral de audición se sitúa en los 20  $\mu$ Pa (micropascales).
- ¿De qué forma se relacionan la **longitud** de onda y la **frecuencia** de una onda sonora? A mayor frecuencia, menor longitud de onda y viceversa.
- La velocidad con la que se propaga el sonido no depende de la frecuencia ni de la intensidad ni de la longitud de onda, sino de las características del medio. En el aire su velocidad es de aproximadamente 344 m/s (o 1200 km/h). En los líquidos es un poco mayor (1440 m/s en el agua) y más aún en los sólidos (5000 m/s en el acero).
- No cualquier perturbación del aire puede ser percibida por el oído humano. La frecuencia más baja que podemos distinguir es alrededor de 20 hertz (oscilaciones por segundo). La más alta es de unos 20 000 hertz. Cuanto más baja la frecuencia, más grave es el sonido.
- Cada nota musical posee una determinada frecuencia, por ejemplo, la nota “la”, que se usa como patrón para afinar los instrumentos, tiene una frecuencia de 440 Hz. La frecuencia es lo que en música se conoce como “altura”.
- Lo que hace que una misma nota, con la misma intensidad, sea percibida de manera diferente según el instrumento que la produzca es lo que musicalmente se conoce como **timbre**, y en física se designa como **contenido armónico**. El timbre se refiere a que alrededor de una onda sonora dominante se presentan otras de distintas frecuencias que en conjunto provocan una percepción diferenciada cuando la misma nota se produce por instrumentos distintos. El “la” de un guitarra se percibe de manera completamente distinta al “la” de una trompeta, aunque la frecuencia de la onda dominante sea de 440 Hz.
- La **intensidad**, denominada como amplitud en el ámbito musical, se refiere a cuán fuerte o débil es un sonido y se corresponde con la amplitud de la oscilación. El nivel de presión sonora se mide en decibeles (db), mientras que la intensidad se mide en  $W/m^2$  (potencia por área). Al pulsar una cuerda, cuánto más se aparta ésta del equilibrio, mayor es la intensidad, aunque la frecuencia sigue siendo la misma. En la partitura se indica con los términos *pianissimo*, para el volumen más bajo, o *fortissimo*, para el más alto.
- La octava es el intervalo de frecuencias entre dos sonidos cuyas frecuencias fundamentales tienen una relación de dos a uno. Por ejemplo, el intervalo entre el “la” de 440 Hz y el “la” de 880 Hz.

# El arte de resucitar el acordeón

El acordeón apareció en la escena musical en Panamá antes de su independencia en 1903 pero fue a mediados del siglo XX que el intérprete y compositor Rogelio Gelo Córdoba lo introdujo en la ejecución de las piezas tradicionales hasta convertirlo en el instrumento protagonista en la música típica panameña, que ha sido masificada en todo el país con cautivadores arreglos orquestales.

Cuando el joven acordeonista panameño Manuel de Jesús Ábrego entra en escena para la ejecución de piezas folclóricas ante un público decidido a bailar, lo hace con una garantía que pocos conocen: la afinación de los acordeones hecha por su padre –Jesús–, un técnico de instrumentos musicales que ejerce la profesión hace 50 años en Panamá.

El artista suele llevar consigo un acordeón diatónico o de botones, de tres líneas, fabricado en Alemania y otro confeccionado en Colombia. Es uno de los artistas con mayor proyección en la música típica y atribuye el éxito de su conjunto al afinado realizado por su padre y a la calidad de los micrófonos y parlantes distribuidos para el desarrollo del espectáculo en recintos con buena acústica.

Manuel de Jesús formuló sus declaraciones en la ciudad de Panamá, en un cuarto contiguo al modesto taller donde su progenitor utiliza un aparato electrónico para afinar el acordeón de Osvaldo Ayala, un músico y compositor con 40 años de trabajo, quien realiza conciertos anuales en Colombia, Canadá y Estados Unidos y es seguido por un público latinoamericano diverso y alegre.

El joven artista resaltó que “en Panamá, gustan mucho los tonos menores del acordeón, algo que ha sido incorporado en los arreglos de cumbias en la vecina Colombia”. Sostuvo que aprendió a ejercer la fuerza adecuada al instrumento de viento, para accionar y asegurar el paso fluido del aire a través de las lengüetas, pero sin estirar demasiado el fuelle para no romperlo en pleno concierto.

“Saber ejecutar el acordeón en un escenario implica hacer uso de la propia energía, detectar si un botón no funciona correctamente y apreciar si el sonido emitido se vuelve ronco. Entonces, es el momento de someterlo al examen técnico, para arreglarlo”, aclaró.

Manuel de Jesús recordó que hace más de 30 años su padre decidió variar la sonoridad del acordeón, ya que los recibidos de fábrica poseían un sonido “brillante” (sin octava). En su taller, consiguió que el instrumento emitiera un sonido “re-sol-do armonizado”. “Ello gustó y marcó la diferencia en la evolución musical”, reseñó.

Expresó que otra forma de atraer la atención del público, sin anunciarle previamente el cambio de patrón, es generar un sonido más dulce, a través de las notas sol-do-fá. “La idea es tratar que el oído humano disfrute y no se canse. En esa actividad, hay un trabajo científico, en el que intervienen los afinadores”.

El acordeón “diatónico” de tres líneas tiene 31 botones para la mano derecha y en su parte del acompañamiento o bajos (que se tocan con la mano izquierda), tiene 12. A menudo, los afinadores cambian los tonos al acordeón, manteniendo los mismos intervalos y relaciones armónicas de su fabricación. El propósito de esos cambios es adaptar el instrumento a nuevas tendencias de un público joven, al que le atraen las innovaciones y nuevas composiciones bailables.

El acordeón “cromático”, por su parte, es un instrumento que en la parte de la mano derecha tiene un diapasón, con una disposición de botones o teclas como las de un piano. Comúnmente se le llama acordeón cromático al

de botones blancos y negros en la mano derecha, y acordeón “a piano” al de teclado semejante al de un piano en la mano derecha. Pese a que este último ofrece mejor combinación de sonidos armónicos, el acordeón diatónico es el más utilizado en la música típica de Panamá.

## ¿Cómo funciona el instrumento?

El acordeón es un instrumento musical armónico de viento conformado por un fuelle, un diapasón y dos cajas armónicas de madera. En su interior, hay componentes hechos de madera, acero, aluminio y cartón. Su sonido es producto de un fenómeno físico generado cuando el acordeonista recurre a su propia fuerza para estirar y contraer, con movimientos repetitivos, las dos cajas del instrumento que están unidas por un fuelle. La presión ejercida por el ejecutante permite que el aire pase a través de unas lengüetas internas o “pitos”, identificadas por números, y provoca una vibración.

El espacio comprendido entre las dos posiciones se llama amplitud de las vibraciones.

Jesús Ábrego aprendió a tocar el acordeón con gran maestría, pero descubrió en la afinación y reparación de instrumentos musicales el sentido de su vida. Pertenece a una generación de músicos que migró del campo a la ciudad, y ha sido un pilar para la difusión de la música típica en Panamá y fuera de las fronteras nacionales.  
Foto: David Carrasco





Oswaldo Ayala  
Foto: David Carrasco

Para la afinación del instrumento, las cajas musicales son extraídas, se buscan las lengüetas o “pitos” desafinados y se liman hasta obtener la nota adecuada. El limado se hace por la punta, para agudizar o subir el tono, o en la parte de atrás del remache para bajarlo. Al limar en la parte baja de la lengüeta, el número de vibraciones disminuye y su tesitura es más grave. También se puede incorporar un cuerpo metálico sobre la lengüeta, para que baje de frecuencia.

La temperatura ideal para un buen funcionamiento del acordeón, varía entre los 15 °C y los 25 °C. Sin embargo, ello tiene poca incidencia en materia musical en Panamá, un país tropical y húmedo donde la temperatura promedio es de 27 °C, con máximas absolutas de hasta 39 °C y mínimas de 20 °C.

## Hablan los conocedores

El maestro Jesús, quien se encontraba entre acordeones abiertos cuando fue contactado para la entrevista, reveló que aprendió el oficio en forma rudimentaria. Perfeccionó los conocimientos adquiridos y experimentó con los

tonos, hasta sobresalir en el ámbito melódico. Ha perdido la cuenta de la cantidad de instrumentos afinados y “resucitados”, cada semana en su taller.

Hoy, dotado de novedosos dispositivos electrónicos de afinación importados de Japón, busca conseguir en cada instrumento una afinación en “la 440”, el nombre que se da coloquialmente al sonido que causa una vibración a 440 Hz a 20 °C, un estándar modernamente utilizado para afinar la altura musical. Muchos de estos dispositivos comerciales de afinación traen incorporado un metrónomo, para indicar el tiempo o compás de las composiciones musicales. Producen regularmente una señal, visual y/o acústica, que permite mantener el ritmo constante.

“La fábricas sacan al mercado acordeones con tres o cuatro tonos; quedan los tonos intermedios, que son los bemoles y tonos sostenidos, de los que yo me encargo acá. Las voces son las que exigen las tonalidades y al aparato se le puede subir un tono o medio tono, al gusto de los clientes”,

puntualizó Jesús tras soplar a través de una pieza de madera denominada armónica.

“Algunos músicos estiran o presionan demasiado el fuelle, pudiendo esto “ahogar” el paso del aire en alguna de sus válvulas. Hay que saber administrar la fuerza sobre cada aparato, para que el sonido fluya y sea agradable”, remarcó el experto.

Enfatizó que en Colombia, hay afinadores que modificaron el instrumento para alcanzar 12 tonos, pero ello exige demasiado al acordeonista para acompañar el sonido bajo. Los estilos musicales de ambos países se diferencian en los acordes y en los movimientos rápidos o lentos. En Panamá, predominan tres tonos mayores, dos tonos menores y uno intermedio.

“En mi taller he reconstruido acordeones muy dañados o que traen problemas con los resortes de los botones o válvulas de madera. Yo saco lo que no sirve y lo reconstruyo, para que vuelva a funcionar otra vez”, dijo Jesús. En ese sentido, admitió que los instrumentos de medición ayudan muchísimo a obtener buenos resultados.

El veterano técnico de instrumentos señaló que la música evoluciona y los gustos también. Estimó que tal vez sea hora de que los acordeonistas incorporen en la ejecución de piezas típicas panameñas el acordeón a piano, “más completo, con bemoles y sostenidos y más cantidad de sonidos diferentes que no ofrece el diatónico”. Opinó que sería un reto, cuyos resultados merecen ser medidos.

Por otra parte, Ayala aclaró que el acordeón es “el rey de la fiesta” y desplazó en eventos típicos al violín, que carecía de impacto ante masivas concurrencias, lo que hizo que la fiesta fuese más grande y aumentase la difusión del sonido. Según su opinión, las tonalidades mayores del instrumento elevan la adrenalina de los bailarines jóvenes.

“El acordeón recibe la fuerza del brazo izquierdo —que hace mover el fuelle— y dependiendo de la intensidad con la que se hace la presión para impulsar el aire, las lengüetas vibran dentro de la caja del instrumento, que sonará más fuerte o menos fuerte para acompañar al cantante”.

Enfatizó que los acordeones ponen a bailar a la gente en las fiestas y en el Carnaval, pero necesitan mantenimiento preventivo. Gracias a ello, durarían más tiempo. Esa ha sido la clave para el funcionamiento ininterrumpido del Canal de Panamá por más de 100 años, y “es lo mismo en el caso de los acordeones”, aclaró.

“Mis acordeones tienen siempre una afinación impecable. Todas las semanas vengo al taller de Jesús Ábrego, quien es una especie de cirujano.

Cuando adquiero un nuevo acordeón, él los toca primero que yo, lo que revela confianza hacia el maestro”, indicó Ayala.

DAVID CARRASCO (PANAMÁ)



Jesús Ábrego  
Foto: David Carrasco

Ilustración: Alberto Parra del Riego



Foto cedida por INM (Colombia)

# Carlos Vives: sonidos combinados de provincia y rock and roll

Me considero una privilegiada. De un grupo de veinte consentidas sólo a tres de nosotras nos llevan a todos lados para deleitar al público en presentaciones en vivo. A las demás las miran y las hacen sonar si se requiere grabar en estudio, pero sólo nosotras, el trío de las consentidas, hemos estado en escenarios de todos los continentes alegrando a multitudes.

Y es curioso, porque todas tenemos modificaciones; se podría decir que estamos hechas de acuerdo con las necesidades de nuestro intérprete. Tenemos adornos, insertos y algunas incluso llevamos dentro de nuestros cuerpos un tambor bongó con elementos metálicos.

Estos cambios, aunque parecieran una práctica anormal, son los que nos permiten emitir sonidos y acentos alegres, latinoamericanos, que evocan la tierra, la provincia y al mismo tiempo al *rock and roll*. Son sonidos que transpiran Caribe, música moderna y que hoy caracterizan al vallenato, un género musical colombiano que ha sido declarado Patrimonio Cultural Inmaterial de la Humanidad por la Unesco<sup>1</sup>.

¿Crees que nunca has escuchado un vallenato? Pues seguramente sí lo has hecho, sin saber que ese es el nombre de esa música con letras alegres, atrevidas y un ritmo que se te mete en las venas y hace mover tu cuerpo aún sin quererlo. Uno de sus principales exponentes es Carlos Vives, nuestro dueño. Y parte de su éxito se debe a esas modificaciones que nos hace basado en instrumentos nativos de diversos países.

El grupo de consentidas somos guitarras muy variadas, entre lo clásico y lo moderno. Algunas en realidad somos resofónicas, también conocidas como dobros, con un disco metálico en el agujero circular de la guitarra que permite producir resonancia y amplificar el sonido. Las hay eléctricas, barítonas, acústicas de metal, hay también triples...

Todas tenemos diversas formas. Una parece un sombrero vueltiao -típico de la costa colombiana- y fue decorada con cincuenta mil cuentas por una reconocida firma de cristales; otra está elaborada con tapas metálicas de gaseosa y muchas fueron adornadas con elementos e imágenes de los países y pueblos visitados por el artista y de los cuales toma sonidos, ideas y propuestas. Algunas hemos sido diseñadas por el propio Carlos Vives.

Sin embargo, la guitarra preferida de Carlos es la que le regaló su padre cuando él era adolescente. “¿Cómo olvidar esa primera guitarra que me acompañó en todos mis viajes... esa guitarrita con la que siempre me reencuentro para pensar en nuevas ideas de canciones! Esa guitarra es una gran compañera, está en mis vallenatos, sobre todo en los primeros sonidos de la música de la provincia”, comenta el artista.

## ¿Cómo nos preparan?

La mayoría tenemos doce cuerdas (en lugar de las seis tradicionales), siempre metálicas, por lo cual podemos producir mejores sonidos con una larga vibración por la presión de los dedos (vibratos) y otros efectos sonoros.

Cuando vamos con Carlos a grabar o a conciertos —bajo la dirección de nuestro productor musical, guitarrista y compositor, Andrés Castro—, una persona experta y especializada nos afina con la tensión necesaria. Lentamente va girando nuestras clavijas y sentimos que se estiran nuestras cuerdas de forma similar a cuando una persona estira sus piernas al hacer ejercicio y siente los tendones preparándose para la acción.

<sup>1</sup> Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.

Cada cuerda tiene un diámetro diferente y tendrá una tensión o fuerza diferente, según el sonido que se desee lograr. La tensión se mide en newton (N)<sup>1</sup> siendo que un newton es la fuerza necesaria para proporcionar una aceleración de un metro por segundo, en un segundo, a una masa de un kilogramo.

La primer cuerda de una guitarra (contando desde abajo hacia arriba) tiene un diámetro de 0,71 mm y al estar tensionada a una fuerza de 68,01 N emite un tono alto que representa la nota “mi”; la sexta cuerda, que tiene un diámetro de 1,09 mm debe estar tensionada a una fuerza de 62,27 N para emitir la nota “mi” pero con un tono más grave (dos octavas más grave).

Las cuerdas pueden ser de nylon o de metal. Las nuestras son de metal y están fabricadas para resistir hasta 2776,58 N sin romperse. Este grado de resistencia las hace más confiables que otras.

¿Cómo puede asegurarse cuál es la resistencia de una cuerda de guitarra? Las empresas que las fabrican deben asegurarse que los equipos con los que realizan las pruebas de medición de resistencia estén calibrados con el patrón de fuerza. El proceso es realizado por las instituciones que tienen equipos de medición para que sean calibrados por un Instituto Nacional de Metrología.

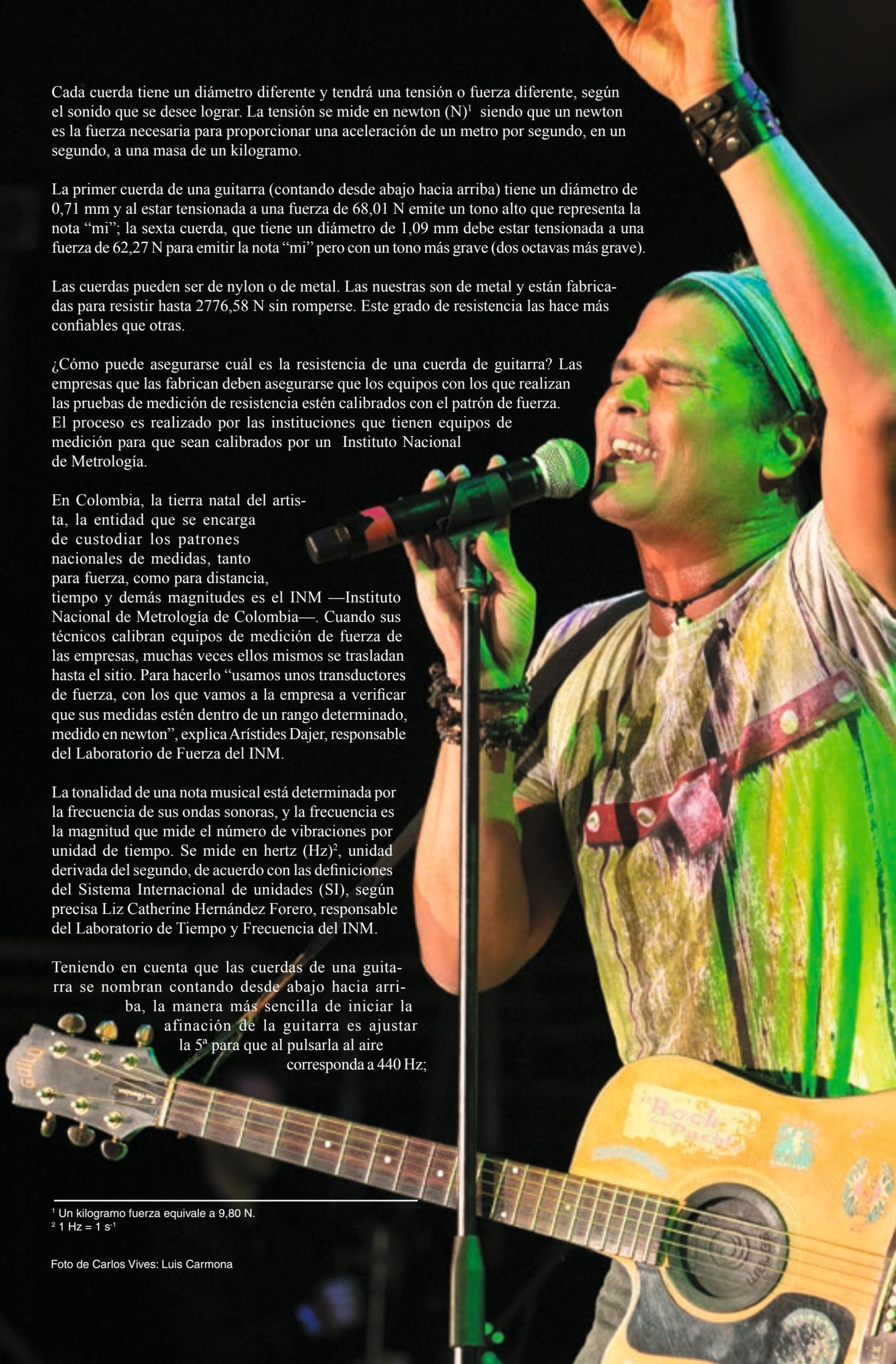
En Colombia, la tierra natal del artista, la entidad que se encarga de custodiar los patrones nacionales de medidas, tanto para fuerza, como para distancia, tiempo y demás magnitudes es el INM —Instituto Nacional de Metrología de Colombia—. Cuando sus técnicos calibran equipos de medición de fuerza de las empresas, muchas veces ellos mismos se trasladan hasta el sitio. Para hacerlo “usamos unos transductores de fuerza, con los que vamos a la empresa a verificar que sus medidas estén dentro de un rango determinado, medido en newton”, explica Arístides Dajer, responsable del Laboratorio de Fuerza del INM.

La tonalidad de una nota musical está determinada por la frecuencia de sus ondas sonoras, y la frecuencia es la magnitud que mide el número de vibraciones por unidad de tiempo. Se mide en hertz (Hz)<sup>2</sup>, unidad derivada del segundo, de acuerdo con las definiciones del Sistema Internacional de unidades (SI), según precisa Liz Catherine Hernández Forero, responsable del Laboratorio de Tiempo y Frecuencia del INM.

Teniendo en cuenta que las cuerdas de una guitarra se nombran contando desde abajo hacia arriba, la manera más sencilla de iniciar la afinación de la guitarra es ajustar la 5ª para que al pulsarla al aire corresponda a 440 Hz;

<sup>1</sup> Un kilogramo fuerza equivale a 9,80 N.

<sup>2</sup> 1 Hz = 1 s<sup>-1</sup>



**Nombres de las cuerdas:** contando desde abajo hacia arriba: la 1ª, la 2ª, la 3ª, la 4ª, la 5ª, la 6ª.

**Traste:** espacio entre las barras de metal del mango de la guitarra; se numeran desde las clavijas hacia la caja de la guitarra.

**Cuerda “pisada”** = cuerda presionada con un dedo de la mano contra un traste, para modificar su longitud.

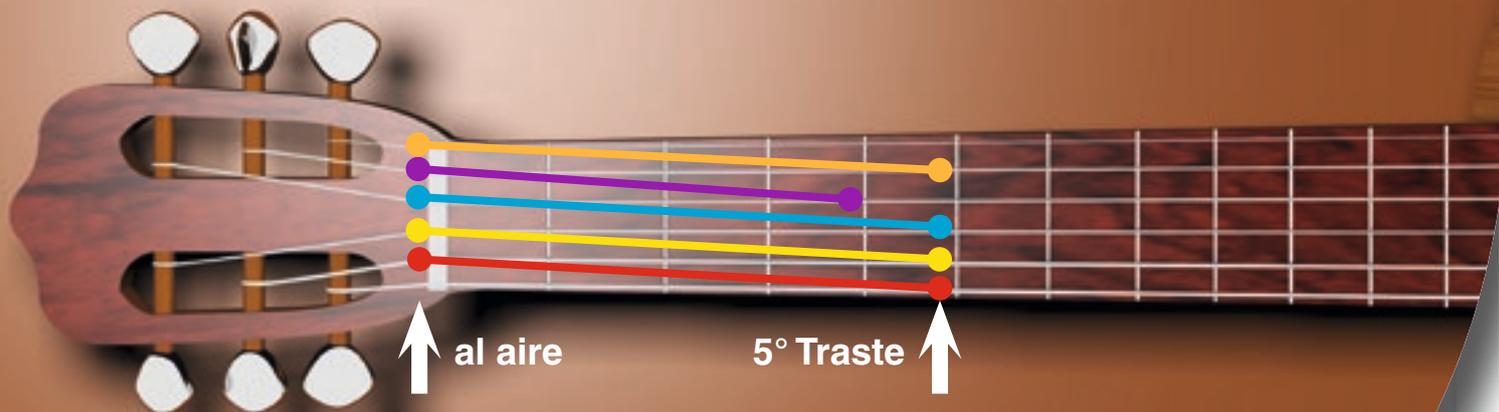
**Cuerda “al aire”** = cuerda pulsada en toda su extensión, sin presionarla contra un traste.

#### METODO DEL 5º TRASTE

Es un método de afinación de la guitarra. Empezando con la 5ª cuerda afinada con diapasón o afinador electrónico, se van ajustando los sonidos de a dos cuerdas por vez, una de ellas pisada y la otra al aire, hasta que resulten iguales.

- Al pulsar la 6ª pisada en el 5º traste debe sonar igual a la 5ª al aire. (la)
- Al pulsar la 5ª pisada en el 5º traste debe sonar igual a la 4ª al aire. (re)
- Al pulsar la 4ª pisada en el 5º traste debe sonar igual a la 3ª al aire. (sol)
- Al pulsar la 3ª pisada en el 4º traste debe sonar igual a la 2ª al aire. (si)
- Al pulsar la 2ª pisada en el 5º traste debe sonar igual a la 1ª al aire. (mi)

Una vez realizado el proceso conviene darles otro repaso a todas. Hay que notar que existe una irregularidad en el paso de la 3ª a la 2ª cuerda, siendo el 4º traste de la 3ª cuerda el que suena igual a la 2ª.



continuar luego con  
la 6ª pisada en el quinto traste,

y seguir con el resto, pisando en los trastes apropiados. Por ejemplo, la primera cuerda pisada en el quinto traste, debe tener un valor de frecuencia de 440 Hz, la nota “la”.

Ilustración: Alberto Parra del Riego

“Una vez que la primera cuerda de la guitarra está en la tonalidad correcta, existen varios métodos para verificar que las demás cuerdas también hayan sido afinadas en la tonalidad definida por las octavas teóricas. Una octava es el intervalo de frecuencia entre dos sonidos cuyas frecuencias fundamentales tienen una relación de dos a uno. Cabe aclarar que la tonalidad de la primera cuerda al aire en la cual se ubica la nota mi, es dos octavas más alta que la de la sexta cuerda al aire que también corresponde a la nota mi, es decir, se puede verificar metrológicamente que el valor de frecuencia de la nota mi de la sexta cuerda al aire, más grave, corresponde a la cuarta parte del valor de frecuencia de la primera cuerda”, agrega Liz Hernández.

Al aplicar los dedos sobre las cuerdas, se reduce o amplía la longitud de la parte de la cuerda que vibra, con lo que cambia su frecuencia y emitimos diferentes sonidos en intensidad y tono, según la conveniencia de la melodía. El cambio de la longitud efectiva que vibra permite variar la frecuencia o tono. La intensidad y la duración dependen de la amplitud del rasgueo. El timbre depende de la construcción de la guitarra (a menos que sea eléctrica) y de la forma en que se pulse la cuerda.

El diámetro de nuestras cuerdas influye directamente en la longitud de la onda que se emite. Por eso los sonidos graves y agudos de la guitarra no solo tienen que ver con la escala musical en la que se esté tocando sino en la construcción de las cuerdas.

### Recuperando protagonismo en el vallenato

Pero no basta con tener nuestras cuerdas bien afinadas, se necesita del talento del artista para que las combinaciones de tonos suenen de una manera armónica al oído humano. Carlos Vives ha querido a través de nuestro sonido volver a los inicios del vallenato, cuando la guitarra era el instrumento esencial —incluso por encima del acordeón, que para muchos es el instrumento insigne de este género musical—.

Él y otros intérpretes musicales recientes nos han devuelto nuestro protagonismo en la interpretación del vallenato; no sólo porque con nuestro sonido hemos convocado de nuevo otros instrumentos originales, como las flautas y las gaitas, sino porque somos instrumentos versátiles para que el artista ofrezca un show único.

La guitarra populariza y amalgama los viejos y nuevos ritmos musicales del vallenato para sacarlos de “la Tierra del olvido”, como tituló el artista a uno de sus álbumes más conocidos y que hace referencia a nuestros orígenes americanos.

Carlos Vives finalmente asegura que las guitarras se deben tocar con los dedos y con el alma, para integrar la música tradicional de los pueblos a los ritmos contemporáneos. Ya el clásico guitarrista español Andrés Segovia había invitado a los intérpretes a “mover su cuerpo levemente hacia adelante para apoyar la guitarra contra su pecho porque la poesía de la música debe resonar en su corazón”. Y finalmente el poeta Gerardo Diego lo dijo en forma magistral: “La guitarra es como un pozo con viento en vez de agua”, que viene desde las raíces para volar y sonar por nuestro mundo.

ERNESTO RESTREPO (COLOMBIA)



La calidad del sonido depende, entre otras cosas, de la calidad de las cuerdas de la guitarra; por esto se hacen pruebas en el equipo de ensayo de materiales, midiendo la resistencia de las mismas. También se mide el espesor de la cuerda, por interferometría óptica.

Fotos cedidas por INM (Colombia)



## La magia envolvente del sonido

**La música es pasión de multitudes. En una presentación en vivo —de un solista o un grupo musical—, el público puede vibrar con los ritmos musicales a una potencia de hasta 120 decibeles, según el concierto se realice en un espacio cerrado o al aire libre.**

“Emocionante... ¡A puro metal!”. Así define Fabio Servín la experiencia que se vive en los conciertos que ofrece *Patriarca*, un conjunto paraguayo conformado en 1999 que atrae a jóvenes y adultos, y en el que ejecuta el bajo —un instrumento similar a una guitarra eléctrica pero, según nos explica, afinado a una octava más grave—. Producen un estilo musical denominado *thrash metal*, un subgénero del *heavy metal*, en la más pura vena de grupos referentes internacionales como *Metallica*, *Anthrax*, *Exodus* y *Slayer*, y con canciones en español. El *thrash* se caracteriza por la agresividad del ritmo, la velocidad con la que se ejecutan la batería y la guitarra eléctrica, con muchos *riffs* y *palm mute* —técnica que producen los guitarristas para obtener un sonido más apagado de las cuerdas— y por la potencia de su música.

### El viaje de la música

En su material “*La naturaleza del sonido*”, el ingeniero electrónico Federico Miyara, argentino, define el sonido como “...el resultado de una perturbación que se propaga



Ilustración mano: © molokog88-Fotolia.com

en un medio elástico”. El sonido (o perturbación) viaja como ondas a través del aire hasta llegar al oído de las personas. La velocidad del sonido en el aire seco, a una temperatura de 20 °C, es de 343,25 m/s. “Esto significa que para recorrer una distancia de 343,25 metros el sonido demora 1 segundo. En el agua el sonido viaja 4 veces más rápido que en el aire”, explica Miyara.

“Las ondas sonoras en los conciertos se propagan a través del aire y son originadas por variaciones de presión por encima y por debajo del valor estático de la presión atmosférica”, explicó la ingeniera Lourdes Sosa Cuevas del Instituto Nacional de Tecnología, Normalización y Metrología (INTN), ente estatal de Paraguay que custodia los patrones nacionales de las unidades de medidas y en el cual Fabio, que es ingeniero mecánico, se desempeñó durante 18 meses.

Más allá de la logística que requiere un concierto, el principal valor es el sonido. La producción del evento puede requerir hasta doce meses de preparación.

El reconocido productor y sonidista paraguayo, Marcelo Arriola, explica que un equipo de producción se encarga de la infraestructura, el escenario, los camarines y la seguridad, entre otros aspectos. Pero la prueba del sonido es el paso esencial previo a un concierto. “El objetivo es dar un buen show y que suene bien”, sentenció. Los instrumentos musicales son los primeros en ser controlados; posteriormente se verifica el sonido de la voz del intérprete.

Micrófonos, consola, amplificadores y parlantes, son fundamentales. “Cuando el concierto es al aire libre el sonido se disipa más, pero eso se compensa con los amplificadores, que son los encargados de dar más potencia a los parlantes para alzar el volumen de la música”, explicó el ingeniero Marcial Berenson.

Un procesador de audio permite regular el sonido que emiten la voz o los sonidos de los instrumentos musicales.

Algunas consolas ya traen integrado el amplificador, por lo que no se requiere un equipo aparte.

Según aclara Berenson, la voz del intérprete se transmite como ondas sonoras que son captadas por el micrófono que actúa como un transductor, convirtiéndolas en una señal eléctrica que viaja a través de los cables, ingresa a la consola y finalmente llega a los parlantes.

La onda sonora impacta en la membrana del micrófono y, en el caso de los micrófonos dinámicos, mueve una bobina en su interior; ese movimiento se convierte en energía eléctrica que viaja hasta el parlante. “El transductor, que es el micrófono, cambia las ondas sonoras en impulsos eléctricos. El micrófono tiene una señal eléctrica muy débil por lo que muchas veces requiere un preamplificador, para asegurar que esa señal débil no sea contaminada por interferencias”, señaló Berenson.

“Todo lo que se pasa de un tipo de energía a otro, es un transductor”, aclaró Berenson. La transformación del sonido en un parlante es a la inversa del micrófono: pasa de ser energía eléctrica a una onda sonora análoga. “El parlante recibe energía y mueve una bobina que hace vibrar el aire, que se convierte en onda sonora y es lo que llega hasta los oídos”, explica. El parlante transforma en sonido la señal eléctrica de la consola o del amplificador; actúa como transductor electro-acústico.





En-  
tonces  
es música  
para los oídos.

“La potencia de los parlantes a seleccionar para un concierto dependerá de la superficie del área y si el espacio es cerrado o abierto”, señaló Arriola. Por ejemplo, para un concierto que se realiza en un espacio abierto como el del Jockey Club de Asunción (Paraguay) —un local de uso muy frecuente para eventos musicales, con un predio de 45 hectáreas que puede albergar a más de 10 000 espectadores—, se utilizan 48 parlantes; 24 de ellos se ubican en el lado izquierdo y 24 en el derecho. En los conciertos de rock en el Jockey Club la potencia llega a 110 dB<sup>1</sup>. En cambio, en un estadio al aire libre como el del Club Olimpia, también en Asunción, teniendo en cuenta que la capacidad del lugar es para 20 000 personas, la potencia alcanza 120 dB.

“Pero si el elegido es un espacio cerrado, se calcula la potencia del sonido de acuerdo a la cantidad de gente. Para un público de entre 500 y 3000 personas, hay una cantidad de decibeles permitidos que en general es de 90 dB; se permite aumentar hasta alcanzar 100 dB de acuerdo a la cantidad de público, porque las personas también absorben el sonido”, explicó Arriola.

Al aumentar la intensidad sonora crece también la sensación de molestia. El umbral de molestia varía según cada persona; generalmente cuando se llega a los 140 dB se produce sensación de dolor, pudiendo ocasionar daño permanente en la audición si la exposición es prolongada.

<sup>1</sup> La unidad de medida del nivel de potencia del sonido es el decibel.

Cuando se alcanzan los 160 dB se producen daños inmediatos, irreversibles y permanentes. Al respecto, el doctor Ta Liu, otorrinolaringólogo a quien se entrevistó sobre este tema, advirtió que la exposición a sonidos de alta intensidad produce daños en cualquier persona, ya sean niños, adolescentes o adultos. “La intensidad del sonido y el tiempo de exposición deja secuelas auditivas”, expresó Liu. Una de ellas es un acufeno, un ruido persistente que la persona afectada escucha a pesar de estar en un ambiente silencioso, siendo esto la molestia inicial.

## Ensayos para medir el sonido

En el INTN, el Organismo Nacional de Metrología cuenta con el Departamento de Salud y Seguridad que realiza mediciones sonoras en conciertos, discotecas y plantas industriales. “Los niveles máximos a que puede llegar el ruido dependen de la legislación local. En Paraguay, cada municipio establece a través de ordenanzas los valores máximos permitidos según el horario y la zona, que puede ser industrial, residencial o mixta”, señaló Sosa Cuevas.

Para estos ensayos (no los que realizan los grupos musicales antes de salir a escena sino las mediciones que realizan los técnicos del INTN como parte de su trabajo), el equipo que se utiliza para medir la intensidad sonora se denomina sonómetro y representa a un oído electrónico.



La posición donde se va a colocar el sonómetro se define teniendo en cuenta, primeramente, el carácter del ensayo. Para mediciones de índole ambiental, como las que se realizan para evaluar el ruido que genera una discoteca y que será el percibido por los vecinos, los puntos son generalmente perimetrales.

En el caso de las mediciones que se realizan en ámbitos industriales o de trabajo, para contemplar aspectos y normas de seguridad laboral, los puntos de medición se ubican en las áreas de trabajo de manera de evaluar el ruido al que están sometidas las personas durante su jornada laboral. Además, se tienen en cuenta las fuentes de

ruido, la ubicación de los empleados respecto a la fuente, la cantidad de personal en cada área de ensayo, tamaño del lugar y obstáculos que pudieran actuar como pantallas reflectantes de las ondas acústicas.

“En el proceso de medición del sonido, según cuál sea el objetivo de la medición, la técnica de medida empleada varía —especificó la ingeniera— pero un paso fundamental es calibrar el sonómetro antes y después de cada serie de mediciones”.

IRMA OVIEDO (PARAGUAY)

Ejemplos de niveles del ruido	
130 db	Fuegos artificiales, disparos de arma de fuego, despegue de avión.
120 db	Concierto de rock en estadio para 20 000 personas, martillo neumático, motor de avión.
110 db	Conciertos de rock al aire libre, en área de 45 hás, para 10 000 personas
100 db	Música en discoteca cerrada, sirena de ambulancia, motocicleta con escape ruidoso.
90 db	Concierto en local cerrado y con público de 500 personas, taller mecánico, imprenta.
80 db	Tráfico de una ciudad.

Fotos del grupo *Patriarca* (págs 26, 27, 28 y 29): Noelia Causarano.  
Ilustración mano con micrófono página 24: © marinashevchenko-Fotolia.com

El organismo Nacional de Metrología, en el INTN (Paraguay), realiza mediciones sonoras en conciertos, discotecas y plantas industriales utilizando un sonómetro. Un paso fundamental es calibrarlo antes y después de cada serie de mediciones.

Foto: Irma Oviedo



# Construir, grabar, disfrutar

## Los secretos acústicos de un estudio de grabación

36

Construir, grabar, disfrutar

Esa tarde en el estudio de grabación se sentía una adrenalina especial. Usualmente ese espacio funciona como salón de clases y prácticas de una carrera en la que los alumnos estudian para ser especialistas en el registro de audio e imagen —la Tecnicatura en Audiovisuales, de la Universidad del Trabajo del Uruguay (UTU)—, pero esa tarde algo distinto estaba por suceder.

Un grupo de 15 alumnos iba a grabar a una verdadera banda. Un trío de músicos integrado por un baterista, un bajista y un guitarrista se habían contactado con los profesores de la tecnicatura porque querían grabar su primer “demo” en un estudio profesional. Ya habían tocado en varios festivales pero solo habían grabado su música en el cuarto de ensayo que uno de los integrantes tiene en el fondo de su casa, adaptado artesanalmente como estudio. A diferencia de ese, el estudio de grabación de la UTU había

sido diseñado y construido con características ideales para registrar música y palabras. Para los alumnos, por su parte, era la oportunidad de hacer un trabajo igual al que harán profesionalmente una vez que egresen.

Ubicado en Montevideo, el estudio de grabación de la UTU es uno de los 22 edificios que conforman el Parque Tecnológico del LATU<sup>1</sup>, un predio de 17 hectáreas con instalaciones diseñadas especialmente para centros de estudio, incubadora de empresas, una muestra interactiva de ciencias y locales para reuniones y eventos, así como para oficinas y sedes de empresas de tecnología e innovación.

Al llegar al estudio, los músicos observaron que ese edificio tenía algo singular. A diferencia de las construcciones de material liviano y de tipo industrial que lo rodean, el local es de hormigón. Luego supieron que la elección del material

36

El trío *Sandai* realiza pruebas de sonido antes de grabar.

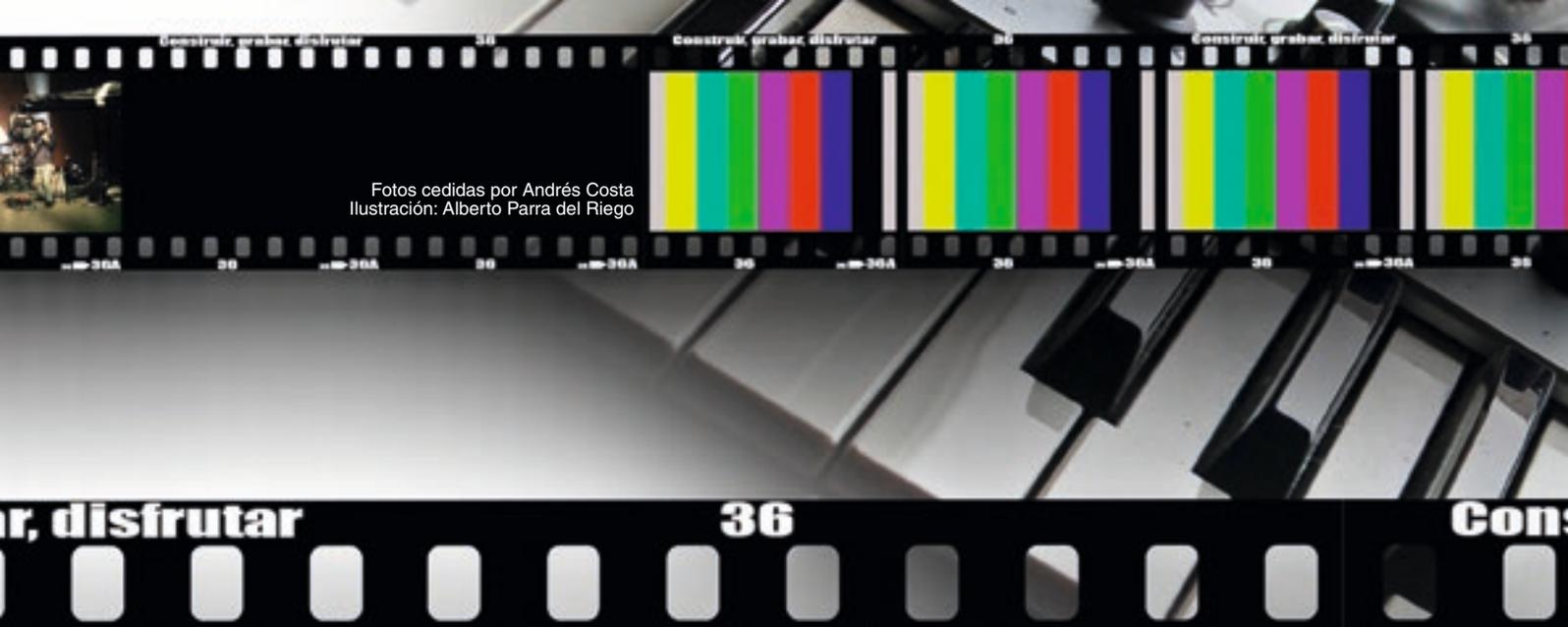
Foto cedida por Alvaro Espagnolo

no fue antojadiza, porque el hormigón —junto con el yeso y la lana de vidrio utilizados— forman una combinación aislante ideal para evitar que en el interior se escuche el ruido de la calle, algo esencial en un estudio de grabación.

En su interior, en cambio, el hormigón y el yeso no son materiales bienvenidos y casi no se ven. Allí, recubriendo las paredes de seis metros de altura, predominan los paneles de madera y pesados cortinados de piso a techo; también hay sillas tapizadas y pizarrones que usan los alumnos cuando el estudio funciona como salón de clases. Esos elementos tampoco son fortuitos. Todo, desde la forma y tamaño del espacio hasta los materiales con los que fue construido y equipado, fue elegido para obtener determinadas características acústicas.

Álvaro Espagnolo y Andrés Costa, profesores y coordinadores de la carrera, les contaron que el estudio no fue creado a partir de un diseño arquitectónico común. Desde su génesis, el arquitecto Martín Goldaracena —quien estuvo a cargo del diseño y dirección de la obra— trabajó estrechamente con un experto en acústica arquitectónica,

<sup>1</sup> Laboratorio Tecnológico del Uruguay



Fotos cedidas por Andrés Costa  
Ilustración: Alberto Parra del Riego

una especialización que estudia los fenómenos vinculados con la propagación del sonido en un recinto. El diseño requería contemplar dos aspectos fundamentales: el aislamiento de los ruidos indeseados del exterior (aislamiento acústico) y la creación de un espacio con cualidades sonoras adecuadas a su finalidad (acondicionamiento acústico).

De acuerdo con el ingeniero Gonzalo Fernández—el experto en acústica que trabajó en la proyección del local— el diseño de edificios en los que las características acústicas son determinantes, comienza con la definición de las proporciones geométricas, es decir, la relación entre las dimensiones del recinto (largo, ancho, altura); y continúa luego con la elección de los materiales más adecuados desde el punto de vista acústico. Esto significa que, según el tamaño de la sala y su finalidad, el arquitecto y el experto en acústica definirán qué materiales se utilizarán para construir el exterior y para revestir el interior del edificio.

Ese acondicionamiento acústico influirá en el comportamiento del sonido en el recinto y definirá ciertos parámetros como el coeficiente de absorción, el tiempo de reverberación, la reflexión y la resonancia, que se aplican a los materiales o a la sala en su conjunto y que requieren un cálculo teórico al momento de diseñar el estudio sobre papel.

Para definir los materiales, los expertos trabajan con valores definidos por laboratorios acústicos que, entre otras tareas, se dedican a hacer ensayos de diferentes materiales. Gracias a estos valores, Fernández conoce qué características acústicas tienen el hormigón, el yeso, la madera, o la lana de vidrio, entre otros elementos, y sabe cómo combinarlos para obtener las condiciones de sonoridad y aislamiento deseadas.

Ajenos a la cantidad de mediciones que requirió construir esa sala, los tres músicos llegaron con sus instrumentos y, mientras los alumnos movían las sillas y hacían espacio para que se ubicaran, observaron con curiosidad la presencia y disposición de los elementos. Los profesores les explicaron que el sonido (energía acústica) se desplaza en forma de ondas dentro del estudio de grabación, y éstas interactúan

con el espacio y las superficies (de paredes, techo, piso y de otros elementos que se encuentren allí). Las ondas sonoras chocan con esas superficies, que reflejan parte del sonido y absorben otra parte de las ondas. Según el tipo de material, el recubrimiento de esas superficies y la frecuencia, el sonido será más o menos absorbido, y eso afectará cómo lo registra el oído humano.

A la relación entre la energía acústica que es absorbida y la energía que incide sobre un material se le conoce como coeficiente de absorción, y ese parámetro se tiene en cuenta a la hora de construir un estudio. Espagnolo les dio ejemplos: materiales porosos y blandos (como telas, lana de vidrio, alfombras, fieltros, paneles de madera, etc.) absorben más las ondas sonoras, mientras que superficies no porosas y duras (mármol, hormigón, azulejos, vidrio, cemento, etc.) reflejan gran parte de las ondas que chocan

con ellas. El coeficiente de absorción es de gran importancia para el comportamiento acústico de un ambiente, porque es uno de los parámetros que, en interacción con otros, define cómo se escucharán los sonidos generados en el estudio. Sus valores están comprendidos entre 0 (correspondiente a un material totalmente reflectante) y 1 (caso de absorción total). Dado que cada material tiene un coeficiente de absorción diferente, los expertos los seleccionan para que, en su conjunto, determinen el tiempo de reverberación.

Debido a esta interacción entre la energía acústica y los materiales, cuando las ondas sonoras interactúan con el piso, paredes y techo, el oído recibirá, por un lado, un sonido directo de la fuente sonora (un instrumento, por ejemplo), y por otro, el reflejo (o reflexión) de ese sonido que rebota en cada superficie que tenga un coeficiente de absorción menor a uno. Las primeras reflexiones recibidas directamente se denominan reflexiones tempranas; a ellas les seguirán las reflexiones de las reflexiones, y así sucesivamente.



A esta permanencia del sonido después que el instrumento dejó de sonar se le llama reverberación. Es otro de los parámetros particularmente importantes en la caracterización acústica de un estudio, que debe ser tomado en cuenta por el arquitecto al momento de diseñar y construir la sala para que el ambiente tenga un tiempo de reverberación adecuado para la grabación de sonido.

El tiempo de reverberación se define como el tiempo necesario para que la intensidad de un sonido disminuya a la millonésima parte de su valor inicial o, lo que es lo mismo, que el nivel de intensidad acústica disminuya 60 dB (decibeles) por debajo del valor inicial del sonido.

Cuando se trata de salas destinadas a la palabra es conveniente un tiempo de reverberación corto que permitirá que el discurso se escuche más claramente (inteligible); pero en salas de conciertos, por ejemplo, son recomendables tiempos más largos, para dar profundidad a la experiencia sonora.

De hecho, a partir del análisis de unas 100 salas de concierto en diferentes lugares del mundo, el experto en acústica Leo Beranek (EE.UU., 1914) concluyó que según la finalidad que tendrá un espacio se puede establecer un tiempo de reverberación óptimo. En base a muchos cálculos, Beranek creó una gráfica con los diferentes valores según la utilidad del recinto en relación con su volumen.

Uso habitual	V (miles de m <sup>3</sup> )	T (s)
Conferencias	0 – 4	0.4 – 1
Música de cámara	0.3 – 11	1 – 1.4
Música clásica	2 – 20	1.5
Música de órgano	1 – 25	1.5 – 2.3
Opera	10 – 25	1.6 – 1.8
Música romántica	3 – 15	2.1

Para un estudio de grabación de música de 720 m<sup>3</sup>, como el de la Tecnicatura, la gráfica de Beranek indica que el tiempo de reverberación óptimo es de 0,45 segundos.

Pero además de los estudios de Beranek, la arquitectura acústica ha actualizado fórmulas que permiten calcular el tiempo de reverberación que podrá tener una sala. Con estas fórmulas —que se utilizan durante la etapa de proyección del edificio y durante la obra— los expertos pueden ensayar y hacer modificaciones en los materiales que revestirán el espacio de modo de conseguir el tiempo de reverberación deseado.

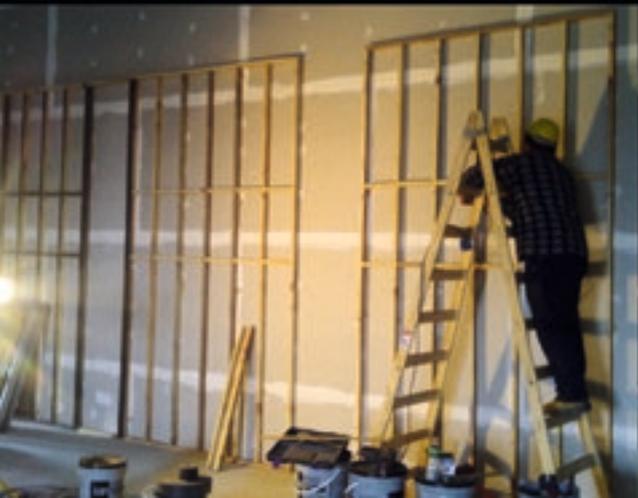
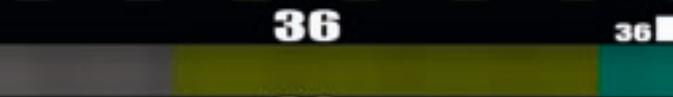
Una de estas fórmulas fue creada a principios del siglo XX por el físico estadounidense Wallace C. Sabine (1868-1919) y relaciona el tiempo de reverberación con el volumen y la absorción en un local:

$$TR = \frac{0.161 \times V}{A}$$

En esta fórmula, TR es el tiempo de reverberación (en s)  
 0,161 es un valor constante (en s/m)  
 V es el volumen de la sala (en m<sup>3</sup>).



Fotos de etapas constructivas del Estudio cedidas por Martín Goldaracena



$A$  es la absorción total de la sala (que es el coeficiente de absorción medio de la sala por el área total de la misma en metros cuadrados). Esta absorción de la sala se calcula a través de la sumatoria de la superficie de cada material que compone la sala (por ejemplo, los metros cuadrados de madera que recubren las paredes) multiplicada por el coeficiente de absorción del material de que se trate (madera). El resultado de esta sumatoria se medirá en metros cuadrados, pues los coeficientes de absorción son adimensionales (no tienen unidad).

Con el avance de los conocimientos en la disciplina, otros expertos ajustaron los cálculos y surgieron fórmulas mejoradas. Entre ellas se cuentan la fórmula de Eyring, que es muy similar pero introduce variables que permiten mayor exactitud.

Luego de hacer estos cálculos teóricos, durante la etapa de ejecución de la obra, Fernández realizó mediciones en el lugar para ajustar lo proyectado y verificar las características acústicas previstas. Por ejemplo, con la sala a medio construir, el experto utilizó un sonómetro —un instrumento que se utiliza para medir intensidad de un sonido en función del tiempo— y realizó una curiosa experiencia. En medio de la sala hizo explotar un globo y con ayuda del sonómetro verificó que el tiempo de reverberación era el previsto. Si el valor obtenido no hubiera sido el deseado el experto habría podido solicitar modificaciones a la obra; por ejemplo, agregar diferentes materiales o reducir la superficie de alguno de ellos.

### ¿Cómo funciona un sonómetro?

Al encenderse, el instrumento va graficando valores de intensidad de sonido y tiempo. Es a partir de esa gráfica que se puede medir el tiempo que demora el sonido en bajar 60 dB a partir del valor inicial definido.

Un aspecto muy importante a considerar al hacer este tipo de mediciones es que el sonómetro debe estar calibrado, tanto en la escala de dB como en la escala de tiempo. Los Institutos Nacionales de Metrología son instituciones que cuentan con los patrones necesarios para poder calibrar este tipo de instrumentos.

Según Costa, en la jerga de los ingenieros de sonido, una sala de grabación puede ser más “seca” o más “viva”. Por ejemplo, un sonido seco —apagado o sordo— es el que se genera en una cabina telefónica, porque las paredes suelen estar cubiertas de materiales absorbentes. En cambio, un sonido vivo es el que se produce en una catedral, donde es más envolvente y parece venir de todas direcciones.

Mientras charlaban con los profesores, el trío —que ya comprendía el para qué de las cortinas y las paredes cubiertas de paneles de madera, y como hasta las sillas tapizadas en tela tenían impacto en la calidad del sonido— había armado sus instrumentos, ajustaba detalles y se preparaba para tocar. Pero alumnos y docentes les explicaron una

cosa más: ubicarse más cerca o más lejos de las paredes, por ser superficies reflectoras, también modificaría el sonido de su música. En efecto, en algunas salas —principalmente las más pequeñas— aparece otro elemento que incide en la calidad acústica: la resonancia. Esto surge como consecuencia de las reflexiones sucesivas que ocurren cuando hay paredes enfrentadas y paralelas pues el sonido rebota en una y otra pared, amplificando unos sonidos y anulando otros.

Fue entonces cuando los músicos se animaron a comentar que habían notado que las paredes no formaban el habitual rectángulo o cuadrado de una habitación. Precisamente, los docentes les explicaron que eso evitaba las resonancias, y que un estudio de grabación construido como tal nunca tiene forma de cubo o prisma.

Los músicos estaban impresionados. Habían ido hasta el estudio para grabar su música y en el camino habían descubierto un universo de diseño acústico con detalles que desconocían.

Pero había llegado el momento de grabar y luego de las explicaciones de los docentes, decidieron primero hacer algunas pruebas de sonido con la ayuda de los estudiantes. Tocaron en un rincón y luego en otro, escucharon cómo sonaban sus instrumentos, y definieron el lugar donde les gustó más. Esta ya no fue una medición formal, sino una basada en el gusto de los músicos sobre el sonido de su música. Así, eligieron el lugar de la sala, colocaron los micrófonos y estuvieron listos para tocar. Los estudiantes, por su parte, estaban preparados para registrar el sonido como si fueran profesionales.

- “Un, dos tres... va.”

La música pareció llenar la sala, el nivel de adrenalina fue bajando y la grabación fue un éxito. El resultado no fue solo fruto del talento de los músicos y la habilidad de los estudiantes, sino de un trabajo que empezó desde los cimientos del estudio.

DANIELA HIRSCHFELD (URUGUAY)

36A 36 Construir, grabar, di

# tambores en cuerpo: y alma

**Sonidos, ritos y ritmos de origen africano forman parte de la cultura y memoria colectiva uruguaya y se reeditan semanalmente, teniendo por escenario las calles.**

El grupo comienza a formarse lentamente y van apoyando sus tambores en el medio de la calle, a pocos metros de la playa. El viento del mar sopla frío, pero eso no les importa. El encuentro no se suspende por ningún motivo, salvo que arrecie una tormenta con viento pampero<sup>1</sup>, de esas que soplan desde el suroeste en la costa de Montevideo (Uruguay) y que prácticamente no dejan caminar.

Se podría pensar que el lugar de cada uno es indistinto, pero todo obedece a un orden estudiado con cuidado. Un hombre alto, con un gran gorro de lana que deja adivinar sus largas *rastas* enroscadas, los ubica y luego llama a los músicos a tomar sus posiciones, cada uno detrás del suyo. Es el jefe de cuerda de *La Facala*, una “cuerda de tambores”<sup>2</sup> que se reúne para recorrer el barrio con su música, reeditando una costumbre heredada de muy lejos, que surgió en esas mismas calles, cuando en Montevideo había esclavos.

Cuando el jefe da la orden cada músico se cuelga el suyo al hombro por medio de una cinta (el *talig* o *talí*) y unos pocos minutos bastan para practicar los “toques” (frases musicales) que compondrán la performance. Otra señal y empiezan su recorrido con paso lento, simbolizando el caminar de aquellos esclavos engrillados que les legaron el ritmo; y el sonido va inundando el barrio. Los acompañan otros componentes, que forman parte del conjunto, de los que se hablará más adelante. Algunos vecinos sólo miran pero otros se van sumando al público cada vez más numeroso que los sigue y a los pocos minutos el grupo humano que se desplaza al compás de los tambores ocupa más de cien metros.

Durante poco más de una hora, músicos y acompañantes recorren varias cuadras del barrio *Palermo*, uno de los barrios emblemáticos de Montevideo donde se originó este género musical y producto cultural uruguayo llamado *candombe*, devenido seña de identidad nacional y declarado Patrimonio Inmaterial de la Humanidad por la UNESCO<sup>1</sup>.



Foto: Silvana Demicheli  
Fotos de fondo: Silvana Demicheli

<sup>1</sup> Viento huracanado que llega de la Pampa argentina a las costas uruguayas.

<sup>2</sup> Grupo de tambores de distinto tamaño, instrumento típicamente uruguayo.

<sup>1</sup> UNESCO- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.

## Música en las calles

Hay escenarios ideales para cada tipo o grupo de instrumentos. Para una cuerda de tambores, el ideal y que la identifica es la calle. Cada semana distintas cuerdas recorren barrios de Montevideo y de otros puntos del país, y con su inconfundible sonido, que evoca algo de rito y de tribu, activan una memoria de otras épocas con cada golpe de lonja<sup>1</sup>.

Los sonidos y ritmos que entonaron los esclavos llegados de África para comunicarse entre ellos, simulando cantar mientras trabajaban y en sus ceremonias —secretas o permitidas—, son también la base musical de otros géneros típicos de las Américas y del Caribe, como el calypso, el tango, la salsa, la rumba, el jazz, la bossanova, por ejemplo.

En Uruguay el instrumento que se ejecuta en una cuerda de tambores y base del candombe es una adaptación local de tambores africanos, que muchas veces se menciona como tamboril (en letras de canciones, poemas y en libros sobre el tema)<sup>2</sup>, aunque últimamente se ha impuesto el término “tambor”. Puede acompañarlos a veces algún otro instrumento, generalmente “de viento” y en solitario, como una trompeta, pero no es lo esencial.

Las salidas de tambores recrean fiestas rituales que se realizaban en la época del comercio de esclavos africanos que llegaron al continente americano desterrados por la fuerza y fueron distribuidos en plantaciones, tareas de minería o como sirvientes en casas de familia y comercios, como fue el caso en Uruguay. “Para que no se comunicaran entre ellos, por temor a rebeliones, se les separaba de sus grupos de origen e incluso de otros miembros de su familia. En el Montevideo de entonces, había sin embargo oportunidades en que se les permitía reunirse y se les daba licencia para practicar sus ritos, sus danzas y su música. Fue entonces que se originó el candombe”, explica Marcelo Fernández, abogado y periodista, y desde hace unos años percusionista integrante de *La Facala*.

Privados de sus instrumentos originales, se las arreglaban para reproducir los ritmos y sonidos que acompañaban sus rituales en sus tierras de origen, utilizando su voz y objetos cotidianos a su alcance: mates, huesos, barriles y barricas vacías en las que se importaban aceitunas o yerba en aquella época. En esas ocasiones autorizadas, se vestían de fiesta con ropas en desuso que les regalaban sus amos y se representaban personajes, que se siguen simbolizando en los vestuarios y componentes que acompañan a las cuerdas de tambores y conforman los grupos conocidos como comparsas.

<sup>1</sup> Cuero o piel de animal que se utiliza como parche de tambor.

<sup>2</sup> En el libro *Memorias del Tamboril* - Tomás Olivera Chirimini y Juan Antonio Varese - Editorial. Latina, 1ª edición (1997), se les nombra indistintamente, tanto al hacer referencia a literatura especializada como en los diálogos con entrevistados contemporáneos.

Cuando las barricas dejaron de llegar, porque se sustituyeron por bolsas, la fabricación de los tambores pasó a ser una labor artesanal que quedó reservada a unos pocos, y se transmitieron sus secretos de generación en generación. “Todos los tambores que se utilizan en las cuerdas en Uruguay, son de fabricación nacional y artesanal. No se utilizan tambores importados”, afirma Marcelo.

Una cuerda de tambores está compuesta como mínimo por tres tamboriles de distinto tamaño que producen diferentes sonidos por sus cajas de resonancia y según los golpeen con las manos o con palillos. Se les conoce como *chico*, *repique* y *piano*. El *chico*, el más pequeño y más delgado, produce el sonido más agudo; el *piano*, el más grande y “panzón”, produce sonidos graves. Con ambos se producen los ritmos de base, reiterativos y monótonos, que son el fondo sobre el que se destacarán las frases que se ejecutan sólo con el tercero: el *repique*. Con tamaño y sonido intermedio, el *repique* es el que tiene más libertad de toque y produce las improvisaciones. Es el que “llama” e invita a los demás a subir la intensidad y velocidad de los golpes, y avisa cuando deben sonar o silenciarse los otros. Los tambores, cualquiera sea su tamaño, se tocan con una sola mano y en la otra se utiliza un palillo (parecido a los que se usan para tocar la batería, pero más corto) que se golpea contra la lonja, aunque en algunos momentos los palillos se golpean contra las maderas (los lados del tambor) produciendo un sonido muy característico. Una cuerda de tambores puede agrupar a veces hasta 150 tambores, e incluso más.

## Fibras, temperatura y humedad

La fabricación requiere destreza y paciencia. El tamboril afro-uruguayo —como le llaman Olivera y Varese— está fabricado a partir de flejes de hierro en los que se ubican tablas previamente curvadas, pegadas entre sí, y una lonja o parche firmemente tensada en la boca superior. Antes de colocar las tablas se deben “curar”, dejándolas en remojo durante al menos 24 horas, técnica que incide fuertemente en el sonido que producirá y en su duración.

¿Por qué se deben curar las tablas? “La madera, al humedecerse, se puede flexionar sin que se quiebre. Esto es porque el material que compone una tabla de madera se puede decir que aún está “vivo” y por tanto, absorbe y desorbe humedad fácilmente”, explica Javier Doldán, Jefe del Departamento de Materiales y Productos forestales del LATU (Laboratorio Tecnológico del Uruguay).

“Una tabla de madera está compuesta por fibras cementadas por lignina, un compuesto complejo que las mantiene unidas. Las fibras son muy cortas, y su longitud dependerá de la especie del árbol del que se obtuvo la tabla. En las coníferas (pino, roble, abeto), consideradas maderas “blandas”, las fibras son de 4 mm de longitud; en las latifoliadas, maderas “duras” (eucaliptus, cedro), son de 1,2 y hasta 2 mm. El material (madera) se contrae y ex-



pande según las características físico-dimensionales que presenta —continúa explicando Javier—. Dependiendo de la especie, la tabla tendrá distintas características a la expansión y contracción”.

En las latifoliadas (maderas duras) las fibras están separadas por vasos (tubos) gruesos, perforados, por los que circula el agua con nutrientes y minerales necesarios para la vida del árbol. En el caso de las maderas de coníferas no hay vasos; las traqueidas que las componen tienen perforaciones que permiten que el agua y los nutrientes fluyan por el material. “Cuando la tabla se sumerge, se impregna de agua todo el espacio posible, por eso las fibras tienen mayor resistencia a la flexión”. O sea, pueden flexionarse más antes de romperse.

“Una vez que la tabla está suficientemente húmeda, se flexiona hasta lograr la curvatura deseada y si se deja secar en esa posición permanecerá de esa forma. Este proceso, de humedecer para curvar y luego dejar secar en la forma que se desee, es uno de los principios que se siguen para la fabricación de muchos muebles o elementos de madera, incluso a escala industrial”, completa el experto.

Dentro de los secretos que mantiene cada artesano fabricante de tambores, se incluyen el tiempo en que deja las tablas en remojo, cómo y dónde las coloca para curvarlas (colgando de sus extremos con un peso en el centro; flexionadas entre travesaños de una cama o de una escalera, por ejemplo) y cuánto tiempo las deja secar. Luego que las tablas curvadas han sido ubicadas formando el cuerpo del tamboril, se coloca un aro en cada extremo para mantenerlas en posición, se retiran los flejes internos y es tiempo de colocar el parche de lonja.

La colocación y mantenimiento de la lonja también guarda secretos. De acuerdo al técnico experto en cueros, Juan Iade, también integrante del LATU, “la lonja se fabrica a partir de la piel de un animal, que ha sido lavada y se le han eliminado restos de carne y grasa mecánicamente. Recibe entonces un tratamiento para eliminar los pelos y lograr que la piel quede blanda. (En caso de un procesamiento industrial, es con cal y sulfuro de sodio; en el caso de un proceso artesanal, se puede realizar en forma mecánica). Después de ser lavada nuevamente, se deja secar, quedando con cierto grado de rigidez. Este cuero seco es sensible a la humedad, por lo que al humedecerse se ablanda y relaja, siendo posible estirarlo fácilmente”.

La lonja se coloca húmeda sobre la boca del tamboril y se estira fijándola con clavos o por medio de tensores (largos tornillos con tuercas), y se deja secar. Entonces recupera su rigidez y también se contrae, por lo cual

queda tensa y apta para producir sonidos al golpearla. Para mantener cierto grado de humedad y que no se seque más de lo necesario —ya que podría rajarse—, se le frota frecuentemente con sustancias untuosas.

“Esa propiedad de la lonja, de estirarse y contraerse en función de la humedad, tiene límites; es la llamada temperatura de contracción del cuero. Si se supera esa temperatura, el cuero se desnaturaliza, se modifica químicamente y pierde sus propiedades”, asevera Juan.

Muchas veces, al reunirse una cuerda de tambores para tocar, se preparan fogatas con papel y se ubican los tambores reclinados cerca del fuego. “De ese modo las lonjas pierden humedad y al estar firmemente sujetas al tambor, se contraen y quedan más tensas”, continúa. Tensar las lonjas es la forma de afinar los tambores. Actualmente las fogatas muchas veces son simbólicas, porque la mayoría de los tambores hoy llevan tensores que se ajustan, utilizando una llave de 13” (pulgadas)<sup>1</sup> para tensar la lonja. Pero se afina “de oído”; o sea, sin utilizar diapasones ni afinadores electrónicos<sup>2</sup>, sino que se van probando los sonidos que emiten hasta alcanzar el timbre deseado.

El tambor se toca con fuerza. En el punto alto del recorrido, cuando el toque está en su máxima expresión, el sonido no sólo es fuerte sino que los músicos parecen en trance, ajenos al trajinar de la ciudad que los rodea, como si estuvieran transportados a otra dimensión. Las manos golpean con fuerza las lonjas y los dedos vendados dejan adivinar que un buen toque trae sus consecuencias. “Cuando tocás, sentís algo en el pecho; es la energía del tambor... el sonido que vibra adentro. Cuando ya estás caliente, al rato de tocar, no te das cuenta y seguís tocando; pero es común ver lonjas ensangrentadas. Muchas veces al volver de una salida hay que poner las manos en hielo”, comenta Marcelo. “Hay un dato curioso, que no puede ser casualidad: muchos percusionistas sufren de los riñones. Es que se toca con todo el cuerpo; hay que despegar los brazos y levantarlos para conseguir un buen golpe y caminar durante una hora, con un alto de pocos minutos, antes de volver al punto de encuentro inicial. Y además cargás el peso del tambor al hombro, que si es un *piano* no es poco. Pero con cada golpe descargás tensiones y algo se equilibra en tu interior”, remata Marcelo.

El toque de tambores transmite mucho más que música. Una frase estampada en un mural callejero, de los tantos que se ven en muros de los barrios emblemáticos en Montevideo, resume la esencia del candombe y de la cultura afro en el Uruguay: “*El tamborilero tiene memoria, el alma del tamborilero y el alma de sus ancestros*”.

<sup>1</sup> La pulgada es una unidad de medida que no pertenece al SI (Sistema Internacional de Unidades), pero en Uruguay aún se conserva su uso para medidas de ciertas herramientas y algunos materiales de construcción, diámetros de caños, canillas, longitudes de clavos, espesores de tablas), así como al expresar rodados de bicicletas, por ejemplo.

<sup>2</sup> Los diapasones y los afinadores electrónicos producen sonidos a determinadas frecuencias, con los cuales se comparan los sonidos que produce el instrumento que se desea afinar.

Foto de tambor y foto de fondo: Silvana Demicheli

## ¿A quién llaman “*las llamadas*”?

En Montevideo, los descendientes de los esclavos mantuvieron por generaciones las salidas de tambores por las calles, a ritmo de candombe, como parte de su identidad. Agrupados durante más de un siglo en algunos barrios de Montevideo, vivían en conventillos —unas casonas enormes con piezas para varias familias— siendo dos de los más famosos el *Ansina* y el *Mediomundo*.

Durante décadas las salidas fueron espontáneas. Dos tambores bastaban para empezar una “llamada”, a la que se sumaban otros del barrio. Se unían vecinos, imitando con sus gestos y su baile a personajes típicos de las fiestas de los esclavos, que hoy, junto a un grupo de bailarinas, estandartes y banderas, forman parte de las comparsas. Cada grupo tenía una forma diferente de tocar el candombe, con “toques” (frases musicales) que aún se ejecutan en las performances actuales. “Vamos a empezar con un *Ansina*”, indica el jefe de la cuerda mientras se aprontan, y hace sonar su *repique* con la demostración.

Actualmente, cada salida de tambores es un rito renovado pero para muchos grupos —como es el caso de *La Facala*— también es un ensayo. Se preparan para el *Desfile de Llamadas*, una fiesta popular que representa vivamente la cultura afro-uruguaya y que tiene lugar cada mes de febrero durante los festejos oficiales de Carnaval.

Durante dos noches (siempre jueves y viernes) 40 comparsas, con un mínimo de 70 integrantes y un máximo de 150, desfilan por las calles de los barrios *Sur* y *Palermo* ante un numeroso público que asiste a la fiesta. El evento es televisado en vivo, para una audiencia que lo sigue a través de pantallas en el país y fuera de fronteras.

## Los componentes de una comparsa

*La “Mama Vieja”*: Representa a la esclava entrada en años -y generalmente en kilos- que con vestido elegante y colorido (cedido por su ama), un delantal a la cintura y el pañuelo anudado en la frente al estilo de sus tierras, bailaba mezclando pasos de los suyos con los de la ciudad.

*El gramillero*: Acompaña en el baile a la “*Mama Vieja*”. Representa al curandero o viejo sabio de las tribus, que quitaba los males con pases y hierbas medicinales. De larga barba blanca, iba vestido con galera y traje tipo frac (también cedido por su amo), imitando a los doctores de la época, y lleva sus yuyos en un bolso o maletín. A veces también porta un bastón.

*El escobero*: En general con el torso desnudo y descalzo, maneja diestramente una escobita haciendo malabares y movimientos exagerados, imitando al que barría los males que quitaba el curandero y caían en el camino.

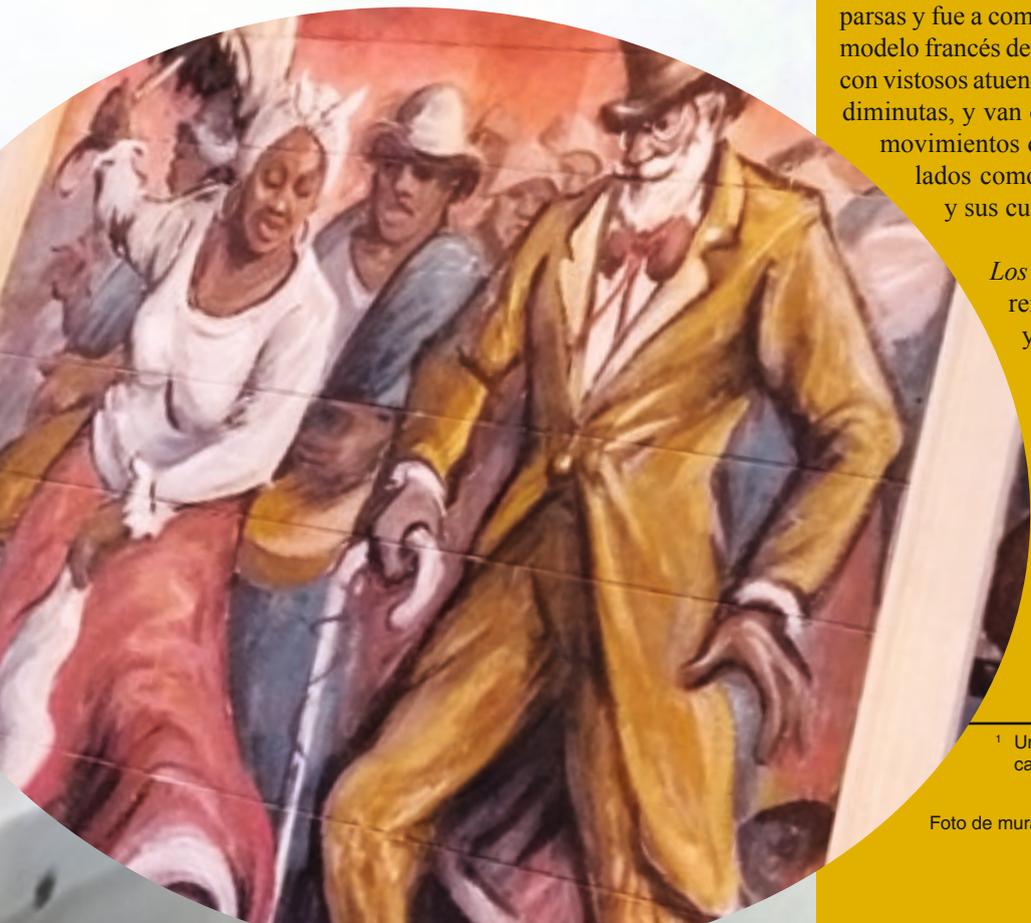
*La cuerda de tambores*: El grupo de músicos (percusionistas), con sus tambores, marca el ritmo al que avanza la comparsa. Su vestimenta típica se compone de un dominó (casaca o túnica suelta, larga), un bombachudo hasta la rodilla y medias negras cruzadas por cintas blancas, que reeditan el color de la piel de los esclavos y los latigazos que tantas veces recibían. En los pies, alpargatas<sup>1</sup>; y en la cabeza un sombrero, generalmente de paja. Todos vestidos iguales, y con los colores distintivos de cada agrupación.

*El cuerpo de baile*: Es exclusivamente femenino salvo por el bailarín o *partenaire* que acompaña a las *vedettes*. La figura de la *vedette* es la última que se incorpora a las comparsas y fue a comienzos de la década del 50 siguiendo el modelo francés de los espectáculos revisteriles. Ataviadas con vistosos atuendos, usan tocados con plumas y prendas diminutas, y van calzadas con altos tacones. Bailan con movimientos ondulantes, moviendo sus brazos a los lados como alas, luciendo con orgullo sus pasos y sus cuerpos.

*Los estandartes y trofeos*: Los altos mástiles rematados con formas de medias lunas y estrellas en su extremo superior que porta cada comparsa son un aporte de la cultura musulmana extendida en África en aquellas épocas en que llegaron los esclavos.

*Los porta-banderas*: Hacen ondear enormes y pesadas banderas que lucen el nombre y colores que identifican al grupo, moviéndolas de un lado a otro, abriendo el paso del conjunto.

<sup>1</sup> Una especie de zapatilla sencilla, con suela de yute y capellada de lona.





Muchas de las comparsas rinden homenaje a sus ancestros también con sus nombres:

*Elumbé Zumbaé, Yambo Kenia, La Tangó, Elegguá...* son algunos de los que figuran en la lista del último desfile. Otras llevan el nombre de los barrios que las vieron nacer, o de cuerdas famosas. *La Facala*, por ejemplo, homenajea a una comparsa del barrio *Palermo* que nació en el año 1900 en un conventillo denominado así. A diferencia de las de esa época —en su mayoría iniciadas por afro-descendientes—, esa fue iniciada por un italiano zapatero (Francisco Amato) que eligió los colores blanco, rojo y azul para identificar a su comparsa<sup>1</sup> y a partir de ese momento pasaron a ser los colores de ese barrio que se mantienen hasta la fecha.

## Puntaje olímpico y puntualidad cronometrada

Las agrupaciones que desfilan son seleccionadas por concurso. Durante el *Desfile de Llamadas* un jurado otorga puntajes en diferentes rubros: cuerda de tambores, visión global, vestuario, cuerpo de baile, personajes, entre otros. Los miembros del jurado se distribuyen en diferentes puntos del recorrido y cada uno puntúa únicamente en los rubros para los que se le ha designado, “*siempre considerando la esencia de la expresión cultural del candombe*”, indica el reglamento vigente, publicado en el sitio on-line de la organización a cargo del evento<sup>2</sup>. Y continúa: “*...se aplicará el sistema olímpico a las puntuaciones de cada rubro, eliminando, en cada conjunto, el puntaje más alto y el más bajo del quinteto de jurados*”.

<sup>1</sup> Su nombre era *Esclavos del Nyanza*

<sup>2</sup> La Intendencia Municipal de Montevideo.

Las 20 comparsas que obtienen los mejores puntajes totales clasifican para desfilarse el año siguiente sin tener que rendir prueba. Los restantes puestos para el desfile los ocuparán las que obtengan mejor puntaje en una prueba de admisión que se realiza en el mes de octubre previo. En el desfile pasado (febrero de 2016) *La Facala* fue una de las primeras, por lo que clasificó directo.

El citado reglamento exige también que cada comparsa desfile ocupando determinado espacio y complete el recorrido en un tiempo definido, exigiendo una planificación y puntualidad rigurosa, cuestión que también ensayan las comparsas en cada salida que hacen durante el año. Una vez ubicada en el lugar y orden de largada que le indican los organizadores, “*cada comparsa largará cada diez (10) minutos, a una distancia de aproximadamente ciento cincuenta (150) metros una de la otra, distancia que deberá ser mantenida durante todo el recorrido del Desfile*”, indica otro artículo.

“*Los tiempos del recorrido del Desfile se cronometrarán desde la salida del primer componente de la agrupación, hasta la llegada del último integrante de la misma*”. A estos efectos, se controla el tiempo en que llega cada comparsa a dos cruces de calles específicos (a los 28 minutos deben estar en el primero, y a los 48 minutos en el otro) “*con un total de 73 (setenta y tres) minutos para todo el recorrido, fiscalizándose que los conjuntos den cumplimiento a lo establecido precedentemente*”. La falta a cualquiera de las reglas es motivo de sanción y pérdida de puntaje, incluso a la suspensión.

## Un símbolo de equidad y fraternidad

En las comparsas y en las salidas de cuerdas de tambores confraternizan representantes de muy distintas ocupaciones, grupos sociales e ideologías. Hasta hace unos años los músicos eran sólo hombres —y en su mayoría adultos y mayores— pero últimamente se han sumado mujeres y más integrantes jóvenes.

El 8 de marzo, *Día Internacional de la Mujer*, se organiza un desfile de comparsas compuestas únicamente por mujeres, incluso en la cuerda de tambores. La única excepción es *el gramillero* que las acompaña.

En Uruguay, en conmemoración de la fecha en que fue desalojado el conventillo *Mediomundo* (posteriormente demolido) el 3 de diciembre fue declarado por ley el *Día Nacional del candombe, la cultura afro-uruguaya y la equidad racial* y es otra de las ocasiones del año en que se reúnen comparsas y tocan en diferentes puntos del país para el festejo.

Salen cuerdas y comparsas a ritmo de candombe en distintos lugares del mundo, generalmente iniciadas por uruguayos, algunas en lugares tan lejanos como Suecia, Australia, Francia, España..., integrando en sus filas a personas de diversas nacionalidades.

En Uruguay, el candombe se reedita y renueva no sólo en las salidas de tambores y en los desfiles de comparsas. Reconocidos artistas le han rendido homenaje en sus obras (Ruben Rada, *Los Fattoruso*, Jaime Ross, Carlos Páez Vilaró, Pedro Figari, por mencionar a algunos).

El espíritu candombero viaja libre; sus ondas cruzan tiempos y fronteras. Y su viaje cumple los sueños de quienes lo trajeron a estas tierras. Hace tanto y desde tan lejos.

SILVANA DEMICHELI (URUGUAY)



Fotos del *Desfile de Llamadas*: Fernando Escalante  
Foto de fondo: Silvana Demicheli



# Te doy el ‘la’

*“Afinar es un infierno, una tortura, es inimaginable, increíble, es una auténtica locura”.*

**Reinhard von Nagel, afinador,  
profesor y lutier de claves.**



En el preciso momento en que estás leyendo esta nota, en algún lugar del mundo, una orquesta sinfónica está por comenzar a tocar. Si vivís en Buenos Aires, puede tratarse, por ejemplo, de la emblemática *Orquesta Estable del Teatro Colón*, dando inicio a su interpretación de *Las cuatro estaciones*, del célebre compositor Antonio Vivaldi.

Como en un ritual, el oboe, da el “la”. Lo toma el *concertino* o primer violín y se lo pasa a toda la sección de cuerdas. Cuando están listos, el oboe se dirige a la sección de “vientos” de madera, y se les los da a sus integrantes. Luego les da el “si” a los “vientos” de metal. Todos buscan hacer coincidir el sonido de esa nota “patrón” con la misma nota de sus instrumentos. Una vez logrado, la toman de referencia para afinar todas las demás notas. Tras unos instantes, y con un público expectante —que, como testigo involuntario, comparte en silencio un momento de gran intimidad de la orquesta—, el director da la señal esperada. Y el concierto por fin comienza.

Aunque los hechos suelen demostrar lo contrario, lograr que más de 120 músicos toquen cada una de las notas que interpretan en la mismísima frecuencia, parece una misión imposible. Al punto que un experto en afinación, profesor en distintos conservatorios de Europa y clavecinista, Reinhard von Nagel, dice, con evidente ironía, al referirse a la afinación de los músicos en una orquesta: “Es una locura, una locura total, porque entre cada uno puede haber un error, y después toda la orquesta comienza a rascar”<sup>1</sup>. Sin duda alguna, uno de los primeros desafíos que enfrenta quien decide aprender a tocar un instrumento musical es lograr la afinación de su propio instrumento. Todo estudiante sabe que la educación de su oído es un proceso largo y permanente, y que si toca con frecuencia un instrumento desafinado es probable que fije en su memoria notas y melodías musicales que difieran de los sonidos originales.

<sup>1</sup> El término “rascar” que utiliza von Nagel en el reportaje citado significa tocar mal un instrumento de cuerda. “El intrincado mundo de la afinación” en *Historia General de la Tonalidad*, Conservatorio de Música Oscar Esplá, de Alicante, España, 2011.

## Alimentarse con música

Afinar, según la Real Academia Española, es “poner en tono justo los instrumentos musicales con arreglo a un diapasón o acordarlos bien unos con otros”. Tal vez en la era actual, signada por el uso de la electrónica, al lector le resulte más familiar el afinador electrónico que el diapasón. Hay afinadores de esas características que producen un sonido con el fin de que su usuario afine su instrumento haciéndolo coincidir con él. Otra clase de afinadores electrónicos funcionan mostrando en su pantalla qué nota tocamos cuando pulsamos una cuerda. Esa lectura, que el aparato hace en función de la frecuencia de la nota pulsada, nos permite ajustar la cuerda hasta que coincida con la lectura.

En la actualidad existen programas para afinar que pueden bajarse gratuitamente tanto a celulares como a computadoras personales.

Pero ¿qué es y cómo funciona un diapasón? Ese objeto fue inventado en Londres, en 1711, por el británico John Shore (1662-1751), que trabajaba como músico de la corte. Lo creó con la finalidad de mantener su propio laúd siempre afinado en la misma frecuencia. Su idea al descubrir sus patrones de vibración fue que sonara en tono “la”, por lo que modificó la extensión de sus ramas y el peso de las mismas hasta conseguirlo.

El diapasón es un instrumento patrón de medición que permite obtener un “la” puro para afinar la cuerda central de los cordófonos. Es una especie de barra metálica en forma de horquilla; una suerte de tenedor de dos dientes para quienes se “alimentan” con música. Está elaborado con un metal elástico (comúnmente acero) que al ser golpeado en alguna de sus ramas, mientras se sostiene por el mango, produce una vibración prolongada, en un tono puro y prácticamente sin armónicos.

Esta vibración se mantiene durante un largo tiempo, dependiendo de la frecuencia y del material con que esté fabricado. De acuerdo con su tamaño y peso producirá una vibración en una frecuencia determinada y siempre será la misma.

Fue el físico alemán Ernest Florens Friedrich Chladni, alrededor de 1800, quien describió el modelo de vibración de un diapasón y determinó lo puro de sus vibraciones, la no existencia de armónicos naturales y su capacidad de mantener la vibración en la misma frecuencia durante mucho tiempo.

Esta ventaja de los diapasones habría sido aprovechada por la fábrica Bulova para elaborar relojes cuya exactitud, basada en un diapasón muy pequeño, resultaría el alma del aparato. La empresa de instrumentos musicales Yamaha (ahora también fabricante de motores, motocicletas y barcos) se vio seducida por la importancia que tiene el diapasón en la música, al punto de emplear tres de estos instrumentos superpuestos como logo de su marca.

## “La 440”

A lo largo de la historia se han tomado diferentes frecuencias para definir el “la” patrón. Existen registros de que el inventor del diapasón, John Shore, regaló al conocido compositor alemán Georg Friedrich Handel uno de sus diapasones, el que se conserva hasta el día de hoy en el museo del *Founding Hospital of London*. El tono que producía ese diapasón era de 423,5 Hz; se le llamó *pitch fork*, y se usó como patrón de referencia durante muchos años.

Los órganos que tocaban Johann Sebastian Bach en Hamburgo, Leipzig y Weimar estaban afinados en tono “la” a 480 Hz; una diferencia de cuatro semitonos. Esto hacía que el “la” que producía el diapasón inglés sonara como un “fa” en los órganos que Bach tocaba en esa misma época. Por ello se dice que la música que escuchamos ahora no es como la escribieron los compositores antes del siglo XIX.

En 1936, una conferencia internacional recomendó que el “la” que se encuentra a la derecha del “do” central del piano se afinara a 440 Hz. Este patrón fue tomado por la Organización Internacional de Normalización (ISO) en 1955 (y reafirmado por ellos en 1975) como ISO 16.2. Como resultado de ello, hoy el diapasón que se emplea casi universalmente para definir el tono “la”, es de 440 Hz. No obstante, no es la única frecuencia que usan para afinar músicos y orquestas.

Establecida la frecuencia patrón “la” en 440 Hz, ¿cómo se calcula la frecuencia de cada una de las notas restantes de la escala musical? Para responder esa pregunta, es necesario recurrir a la matemática. Allí es donde Pitágoras se encuentra con Bach.

## Sonidos armónicos y números enteros

El griego Pitágoras de Samos fue el primero en relacionar la música y la matemática. En la Grecia antigua los pitagóricos estudiaron, entre otras cosas, la armonía, considerada como la “ciencia que enseña a constituir los acordes”. ¿Su finalidad? Entender cuál es la manera de combinar los acordes de forma equilibrada, para obtener sensaciones de relajación y calma, o de tensión e inquietud.

Pitágoras descubrió que existe una relación entre los sonidos armónicos y los números enteros, creando con ello una teoría matemática de la música. Para llegar a esas conclusiones utilizó un instrumento musical llamado monocordio, formado por una cuerda cuya longitud era proporcional a 12 y que podía adoptar diversas longitudes. Pitágoras dividió la cuerda en doce partes y buscó los intervalos que producían sonidos agradables y se dio cuenta que eran aquellos con longitudes proporcionales a 12.

Para la generación de las octavas desde un punto de vista matemático, hay que tener en cuenta el funcionamiento de las frecuencias, obtenidas mediante las ondulaciones de una cuerda. De este modo, si una onda se desplaza por una cuerda de longitud “*L*”, y tarda un tiempo “*t*” en llegar al final y volver hasta el inicio (lo que nos daría todo un ciclo de onda), cuando la cuerda es la mitad de larga la onda volverá justamente en la mitad del tiempo a su principio. Esto provocará que si en un segundo contabilizamos, por ejemplo con la nota “*la*” 440 ondulaciones y vibraciones por segundo, para su octava obtendremos 880. Para lograr una octava superior, bastará entonces con multiplicar por dos la frecuencia de la nota original. De este modo, con la mitad de una cuerda las ondas llegan en la mitad de tiempo a su origen y vuelven a ser rebotadas, por lo que en el mismo lapso, se generan el doble de vibraciones. De ahí que una nota y su octava tengan un factor múltiplo de 2 entre sus frecuencias.

## ¿Partituras escritas en hertz?

¿Cuáles son los parámetros que se toman para saber si nuestro instrumento o nuestra propia voz, está o no afinado? Las notas de una escala no son más que una serie de relaciones de frecuencia vibratoria preestablecida. Sus nombres son producto de una convención y su altura, se mide en hertz (Hz), que es el número de oscilaciones, ciclos o vibraciones de un sonido por segundo (ciclo/segundo).

Pero como para un músico sería una incomodidad escribir sus partituras en hertz, las alturas reciben determinados nombres, que son los que conocemos en la escala tradicional como notas musicales: “do-re-mi-fa-sol-la-si” y sus variaciones —los bemoles y los sostenidos (do#, re#, fa#, sol#, la#) que se usan para marcar semitonos—, completando una escala de 12 notas.

Si tomamos como parámetro las teclas blancas y negras del piano sabemos que la distancia que separa a una nota de la siguiente es de un semitono. La proporción entre una nota cualquiera y la siguiente es siempre constante, por lo que recibe el nombre de razón (*r*).

Para calcular la frecuencia de una nota podemos partir de un valor ya conocido, por ejemplo: “*la*” 440 Hz. Comenzando desde el “*la*” 440 Hz y subiendo en la escala (hacia la derecha del piano), las 12 notas de la escala serían: *la*, *la#*, *si*, *do*, *do#*, *re*, *re#*, *mi*, *fa*, *fa#*, *sol*, *sol#*, *la*.

La frecuencia de “*la#*” sería:  $440 \text{ Hz} \times r$

La frecuencia de “*si*” sería:  $440 \text{ Hz} \times r \times r = 440 \text{ Hz} \times r^2$

De ese modo puede plantearse la frecuencia en relación a la distancia en semitonos de cada nota en relación al “*la*” 440 Hz. Por ejemplo, si se desea calcular la frecuencia del “*do*” que sigue al “*la*”, hacia la derecha del teclado (más agudo), dado que entre ambas notas hay 3 semitonos, su frecuencia sería  $440 \text{ Hz} \times r^3$ .

De manera progresiva puede plantearse la fórmula para cada nota, hasta llegar al siguiente “*la*” en el teclado (o sea, una octava más arriba). Como sabemos que son 12 son los semitonos que separan a una nota de su octava, entonces en este caso la frecuencia de su octava sería  $440 \text{ Hz} \times r^{12}$ .

Esa octava del “*la*” 440 Hz con la que comenzamos el ejercicio sabemos que tiene un frecuencia del doble en hertz, por lo tanto su frecuencia será de 880 Hz, lo que se puede plantear como:  $440 \text{ Hz} \times r^{12} = 880 \text{ Hz}$

De aquí se deduce que  $r^{12} = 2$

Ya tenemos la razón buscada:  $r = \sqrt[12]{2}$   $r = 1,059463$

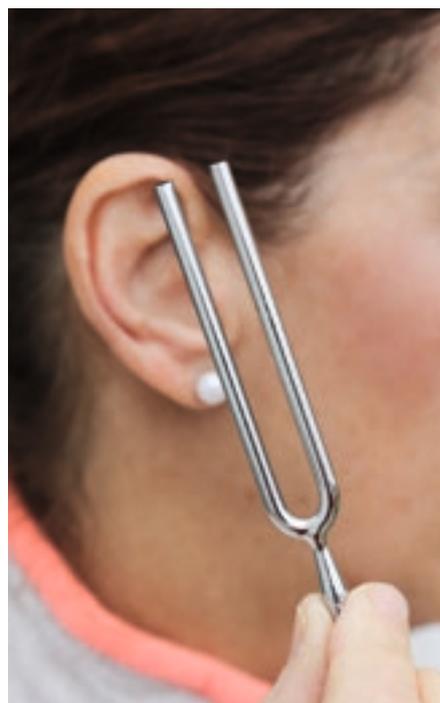
En conclusión, para encontrar la frecuencia de cualquier nota debemos saber la distancia en semitonos que separa a dicha nota del “*la*” 440. Esa distancia la llamaremos *d*. Sólo resta aplicar la fórmula:

$$F = 440 \text{ Hz} \times r^d = 440 \text{ Hz} \times 1,059463^d$$

Si las frecuencias que se buscaran calcular fueran de notas más graves que “*la*” 440 Hz (o sea, de las ubicadas hacia la izquierda de ella en el teclado del piano) la distancia será negativa.

Después de todos estos cálculos, resulta más clara la afirmación del maestro Reinhard von Nagel incluida al principio de esta nota. ¡Afinar es una verdadera locura!

CLAUDIA MAZZEO (ARGENTINA)



El diapasón es un instrumento patrón de medición que permite obtener un “*la*” puro para afinar la cuerda central de los cordófonos.

Foto diapasón: Adrián Gilardoní



# La revolución de “El sonido 13”

**La pieza que se interpreta en el escenario —*Preludio para Colón*— resulta sorprendente para todos porque no obedece a ninguna de las estructuras musicales tradicionales. Está compuesta con el infinito de sonidos que un músico mexicano encontró entre las teclas del piano, a partir de un experimento que realizó con su navaja y su violín: los *micro-tonos*.**

A principios del siglo XX, cuando el mundo buscaba sacudirse de encima las estructuras heredadas del viejo siglo y las revoluciones sociales y culturales estallaron en diferentes países, un virtuoso violinista y director de orquesta mexicano —el maestro Julián Carrillo— buscaba cómo romper con los antiguos esquemas de la música de su tiempo. Sin lugar a dudas había nacido para ser músico. Tenía un “oído absoluto”, una habilidad que permite a algunas personas escuchar cualquier golpe, voz o grito y definir con exactitud a qué nota musical corresponde.

Gracias a un singular experimento de física, encontró el camino para iniciar su propia revolución, a la que llamó *El Sonido 13*. Para visualizar lo que logró basta pensar que entre una tecla blanca y la siguiente tecla negra de un piano, se considera que existe un semi-tono. Lo que él descubrió fue el infinito número de sonidos que existe entre ambas, a los que llamó micro-tonos.

El músico cuenta que durante una clase de acústica, su maestro les explicó la *Ley de Divisiones de Cuerdas*, que establece que si se divide en 2 segmentos una cuerda, cada uno sonará como la octava superior con el doble de la frecuencia; si se divide en tres, sonará la quinta; y así sucesivamente. El concepto sorprendió al joven músico, y picado por la curiosidad decidió poner en práctica lo aprendido. Al llegar a su casa, comenzó a experimentar con las cuerdas de su violín y una idea se encendió en su cabeza: “Primero dividí la cuerda por la mitad de su longitud y se produjo el fenómeno que para mí era de milagro: oí la octava del sonido fundamental”, explica Carrillo en sus memorias. “Después proseguí dividiendo la longitud de la cuerda en tres y se produjo la quinta; en cuatro... y oí la cuarta; en cinco... y resultó la tercera, hasta que llegué a la octava división; allí me detuve porque el grueso de mi dedo y el pequeño fragmento de la cuerda que quedaba me imposibilitaban seguir”.

Entonces, el filo de su navaja brindó a Carrillo la herramienta para continuar explorando esta ley y con ayuda de un condiscípulo que le movía el arco, dividió el intervalo que va desde la nota “sol” de la 4ª cuerda suelta del violín, hasta el “la”. “Pude oír clara y distintamente dieciséis sonidos diferentes, es decir, los dieciseisavos de tono” escribió Carrillo. A este concepto lo denominó “micro-tono”, término que se mantiene hasta nuestros días. Con este experimento Carrillo logró dividir el tono en 128 partes, extendiendo, de este modo, a 768 los sonidos musicales.

Los instrumentos musicales occidentales de cuerdas que no tienen trastes (como el violín o el violonchelo, por ejemplo) pueden producir micro-tonos naturalmente —como mostró el experimento de Carrillo— y también los tradicionales de culturas no-occidentales, como el *sitar*. Otro de sus grandes aportes a la música y a la ciencia fue el diseño y patente de los *pianos metamorfosadores*, capaces de tocar piezas desde el tercio hasta el dieciseisavo de tono (este último distribuye sus 97 teclas en la distancia de una octava de piano normal). Los pianos obtuvieron la gran medalla de oro por el alto valor cultural que representan para la humanidad en la Exposición Mundial de Bruselas (1958).

Actualmente existen instrumentos contruidos especialmente para producir micro-tonos (pianos, guitarras y flautas, por mencionar algunos) así como instrumentos electrónicos que los consiguen.

La visión del *Sonido 13* como la música del futuro quedó retratada en los textos que el maestro Carrillo escribió en esa época “*El Sonido 13* será el principio del fin y el punto de partida de una nueva generación de músicos que vendrá a transformarlo todo, pues no quedará ni uno solo de los instrumentos actuales en uso. Todos ellos serán insuficientes para producir la abrumadora cantidad de sonidos que van a emplearse.”

DANIEL DE LA TORRE (MÉXICO)

Ilustración: © zacky24-Fotlolia.com

# Instrumentos en clave de 3D

La impresión 3D ha llegado al mundo de la música. Motorizando cambios de diseños y de materiales, esta tecnología está siendo usada para experimentar e innovar en la fabricación de instrumentos musicales, ya sea para dar nuevas formas a los ya tradicionales, promover la creación de nuevos instrumentos, o realizar réplicas totales o parciales de antiguos diseños (como la boquilla del saxofón original, creado alrededor de 1840 por el belga Adolphe Sax).

Los resultados son muy recientes y generan ciertas controversias sobre todo en lo relativo a la acústica de los nuevos modelos. Pero sus impulsores anteponen a ello los beneficios que ofrece esta nueva herramienta, en especial a la hora de explorar nuevas formas —muchas de ellas más ergonómicas—, o al permitir reducir los costos de los productos resultantes, al punto de ofrecer violines por 12 dólares.

Con la intención de superar las dificultades que suelen surgir relacionadas con la acústica, los diseñadores recurren a la mezcla y combinación de materiales y técnicas. Fabrican ciertas partes del instrumento de modo tradicional con metal y madera, y completan el resto del instrumento con el plástico que usan las impresoras 3D (que se asemeja al utilizado en la producción de juguetes, bloques para armar y la carcasa de electrodomésticos).

## ¿Todo 3D?

A diferencia del modo de fabricación tradicional, en el que una pieza de madera va siendo tallada progresivamente hasta obtener, por ejemplo, la tapa de una guitarra, las impresoras 3D recurren a procesos de fabricación “aditiva”. Se trata de una tecnología que hace posible crear un objeto desde cero, por medio del añadido de material, capa sobre capa, hasta conformar la pieza buscada. El punto de partida del trabajo de impresión suele ser un diseño 3D.

Existen diferentes formas de obtener estos modelos digitales o archivos 3D: generarlos usando un programa de diseño asistido por computadora (CAD, acrónimo de su nombre en inglés, *Computer Assisted Design*); descargarlos de repositorios digitales disponibles en la web; o digitalizar objetos reales usando un escáner 3D.

## 3D + sustentable

En 2013, un ingeniero neozelandés, Olaf Diegel, ganó los titulares de los diarios de todo el mundo al realizar una presentación en vivo en la feria de diseño *EuroMold* en Frankfurt, Alemania, con una guitarra eléctrica, un bajo, una batería y un teclado, todos hechos con una impresora 3D.

En la Argentina, el Instituto Nacional de Tecnología Industrial cuenta con un Laboratorio de Materialización, dentro del Centro de Diseño Industrial ubicado en el Parque Tecnológico Miguelete (San Martín, provincia de Buenos Aires), que trabaja en impresión 3D desde 2008. Su propósito es brindar soluciones innovadoras a la industria, para desarrollar productos, optimizar procesos, agregar valor, y sustituir importaciones.

Asimismo, en la ciudad de Buenos Aires funciona el CMDLab, Centro de Innovación de la Ciudad, dentro del Centro Metropolitano de Diseño (CMD) el que, con diferentes iniciativas, promueve la fabricación digital, entendida como la fabricación material de objetos mediante el uso de computadoras y dispositivos digitales automatizados. “Junto a la robótica, la inteligencia artificial, la bio y la nanotecnología, la fabricación digital es una tecnología exponencial con un alto impacto, y que crecientemente se va introduciendo en la industria, en el campo del arte, del diseño y de la investigación y desarrollo”, sostiene desde el CMDLab. Entre otras aplicaciones resulta de utilidad para realizar prototipos, productos únicos y bajas escalas de producción destinados a atender demandas específicas que requieren un alto nivel de precisión, entre otras aplicaciones.

El CMDLab imprimió en 2015 la primera guitarra “sustentable y 3D” de América Latina. Fue presentada durante un festival de música, *Lollapalooza*, en el que se la ubicó en un pequeño escenario invitando al público asistente a ejecutarla.

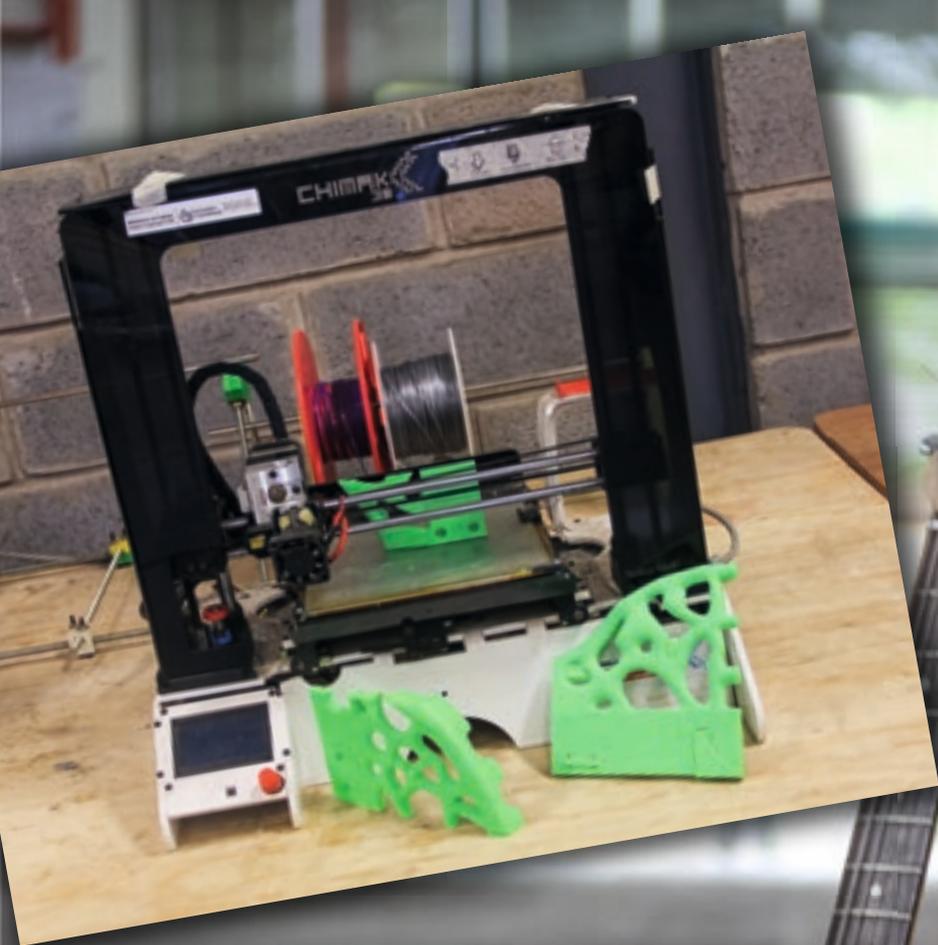
Realizada con alrededor de un 60 % menos de madera que una guitarra tradicional, el innovador instrumento se imprimió con hilados de filamentos de PLA (polímero conocido por sus siglas en inglés que corresponden a ácido poliláctico) de origen termoplástico y biodegradable, que se obtiene de la caña de azúcar.

“La consigna era que la guitarra fuera sustentable y ahorrara madera, pero mi propuesta fue que por ahorrar madera no convirtiéramos a la guitarra en un instrumento que sonara mal, porque iba a ser contraproducente”, dijo el lutier argentino Fernando Cipolloni a un diario local, durante la presentación de la tecnoguitarra.

El lutier aclaró que la madera tiene cualidades de vibración que le dan la calidad sonora, por lo que eligió realizar el centro de la guitarra en caoba. “Y hay una cuestión romántica: nadie tocaría una guitarra toda de plástico”, advirtió.

Ya lo decía el matemático, físico y filósofo francés Blaise Pascal a mediados de 1600: “El corazón tiene razones que la razón no entiende”.

CLAUDIA MAZZEO (ARGENTINA)



Fotos: Gentileza CMD Lab

# LA MÚSICA BIEN

## GUARDADA

Guardar los sonidos para reproducirlos más tarde fue un sueño que acompañó a la humanidad durante cientos de años. Y lo intentó muchas veces hasta lograrlo. Ya en las primeras décadas del siglo XV, el italiano Giovanni Battista della Porta, probó —sin éxito, por supuesto— “atrapar” sonidos dentro de tubos metálicos. Pero recién en el siglo XIX surgieron las primeras ideas efectivas que permitirían cumplirlo.

Aunque hubo algunos otros antecedentes, el primer instrumento capaz de almacenar y reproducir sonido fue el fonógrafo, que nació en 1877 de la mano de Thomas Alva Edison. Este inventor conectó un megáfono que recogía y concentraba las ondas sonoras sobre una membrana de material elástico, a la que se conectaba una aguja. Al recibir las ondas, la membrana vibraba y la aguja iba generando una marca sobre un cilindro de cera. Revirtiendo el proceso era posible escuchar lo “grabado” en el cilindro.

Por supuesto que estos sistemas lograban muy poca fidelidad y volumen. Además había una limitación de tiempo, ya que los cilindros de cera podían almacenar sólo un par de minutos de palabras habladas o de música.

En 1887 un alemán, Emil Berliner, patentó un sistema alternativo que en lugar de

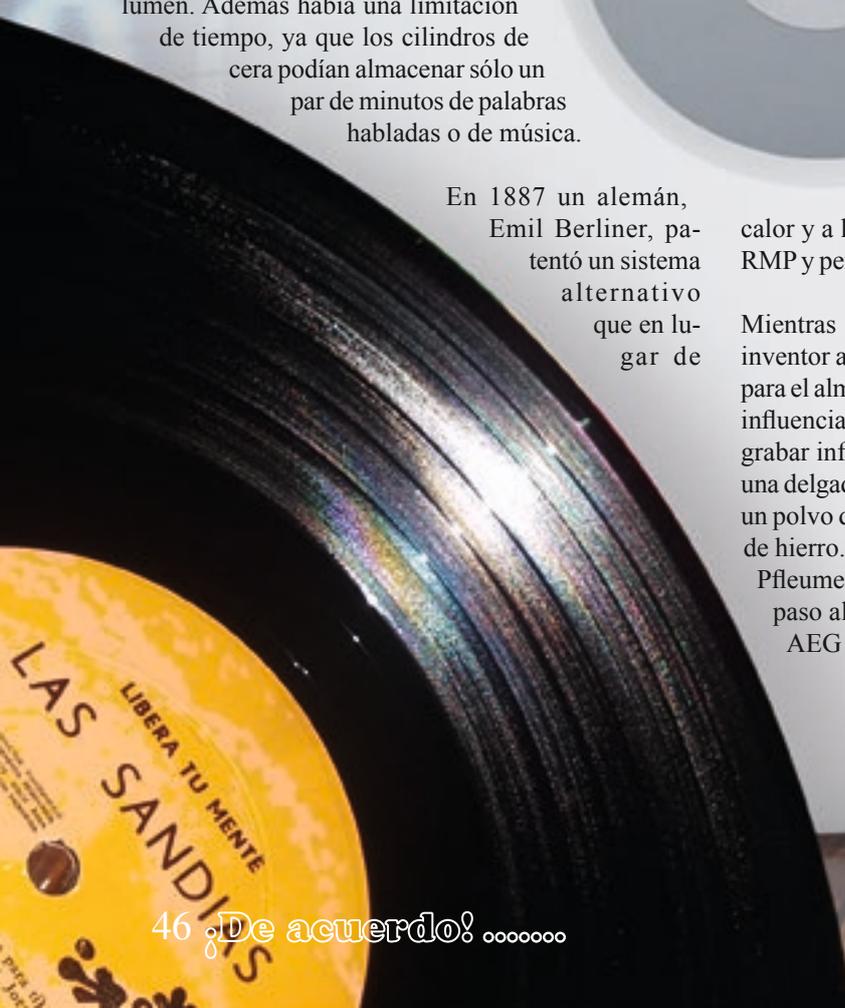
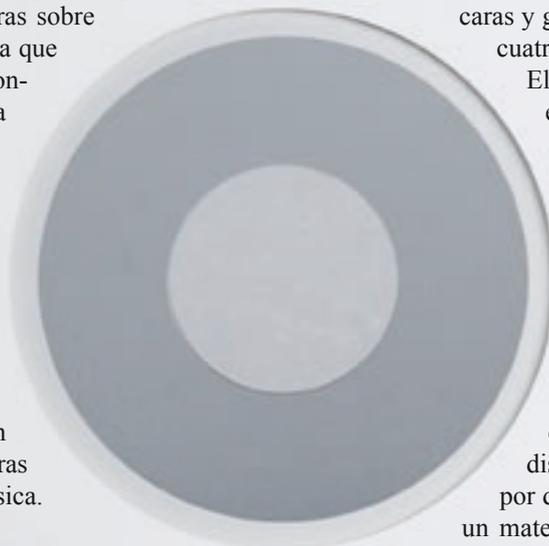
grabar y reproducir sobre un cilindro sólido lo hacía sobre un disco plano, que rotaba a unas 78 vueltas por minuto (RPM). El gramófono, como se le llamó, tuvo mucho éxito porque permitió un mejor aprovechamiento del espacio y fabricar en serie copias de discos que se desearan; pero sobretodo, facilitó que se pudiera escuchar música de artistas u orquestas sin tener que asistir a sus conciertos o espectáculos musicales. Escuchar música sería de ahora en más una actividad para llevar a cabo en casa.

A partir del año 1904 estos discos ya eran capaces de almacenar sonidos en sus dos caras y guardaban entre tres y cuatro minutos de música.

El material de base de estos primeros discos, conocidos como “discos de pasta” era un derivado de una resina de goma laca.

En el año 1931 la compañía RCA Victor lanzó al mercado el *long play*, un tipo de disco que lo dominaría por décadas. Fabricado de un material plástico llamado polivinilo, era más resistente al calor y a los golpes que los de pasta, giraba a 33 y 1/3 RMP y permitía almacenar hasta 20 minutos de música.

Mientras tanto, en la década del '20, en Europa otro inventor alemán ideaba otro tipo de soporte alternativo para el almacenamiento de datos que tendría una enorme influencia hasta nuestros días. El sistema era capaz de grabar información en “pistas” que se formaban sobre una delgada banda plástica cuya superficie se cubría con un polvo de material magnetizado, generalmente óxido de hierro. Esta “cinta magnética” fue una idea de Fritz Pfleumer que la puso a punto en 1928 y con ella dio paso al *magnetophon* —desarrollado por las firmas AEG y BASF—, que tuvo gran aceptación a partir



de 1935, primero en las emisoras de radio y también en manos de los militares alemanes que las usaron para hacer difusión política.

En esa época, aparecieron también los grabadores en alambre de hierro (acero). En lugar de cinta usaban un alambre cilíndrico. El famoso concierto de Benny Goodman en el Carnegie Hall, fue grabado en este medio con un solo micrófono puesto muy cerca de la batería de Gene Kruppa (y por eso la batería se escucha tan fuerte).

A partir de 1946, el desarrollo tecnológico del magnetophon comenzó a hacerse popular entre los consumidores, cuando la firma *Brush Development Company* lanzó en EE.UU la primera cinta de grabación apta para ser usada por el público general. Vale la pena destacar que los primeros modelos de esta cinta estaban fabricados en un sustrato de papel, al que —con diversos adhesivos químicos— se le adosaba el polvo de magnetita, responsable de “guardar” la grabación musical. Recién en 1948 surgió el sustrato plástico con la cobertura de magnetita que fue el tipo de cinta que se popularizó durante las siguientes décadas, en diversos tamaños.

Justamente, lo que proliferaron fueron diversas opciones de formatos de cintas, tanto en ancho como en largo y en cantidad de pistas de sonido que, además, corrían a variadas velocidades, según las decisiones de cada fabricante de equipos.

En 1962 la firma holandesa Philips presentó su formato *compact cassette* que se convertiría en el estándar dominante hasta la llegada de la música digital. El cassette se comercializó básicamente en dos opciones: una, con la música pregrabada por alguna compañía discográfica; la otra, el cassette “virgen”, en el que cada persona hacía sus propias grabaciones. Básicamente, el mecanismo constaba de dos carretes entre los cuales se desenrollaba la cinta magnética, y era protegido por una carcasa plástica.

En la década del '80, los cassettes alcanzaron su máximo protagonismo apoyados por dos desarrollos tecnológicos claves. Primero cuando la firma japonesa Sony lanzó el popular *walkman*, un aparato reproductor de música pequeño y transportable que, operado a batería, le permitía a un oyente llevar a todas partes una gran cantidad de música y escucharla en forma personal, a través de auriculares. Al mismo tiempo también proliferaron grandes

aparatos reproductores, de varios kilogramos de masa y muchos watts de potencia sonora, que tenían un formato resistente y podían ser trasladados y ser escuchados por muchas personas en forma simultánea.

La idea del CD (acrónimo de su nombre en inglés, *Compact Disc*) fue desarrollada por dos compañías del mundo de la electrónica: Philips y Sony, primero compitiendo y luego en forma conjunta. Fue presentado oficialmente en 1980 y un par de años más tarde ambas empresas comenzaron a vender música en este soporte. Consistía en un disco de 1,2 mm de espesor, hecho de policarbonato y aluminio.

Permitía almacenar la música en forma digital. Básicamente es una larga cadena de ceros y unos (0 y 1) —interpretados como puntos reflectantes y no reflectantes—, que reciben un haz de rayo láser y cuya reflexión es leída por un sensor. Las diferencias de reflexión del láser generadas por estos dos puntos son interpretadas en lenguaje binario y en forma electrónica y llegan a un amplificador que traduce la información en un flujo de electrones que es amplificado y que termina generando el sonido de alta fidelidad a través de los parlantes. En un CD caben unos 80 minutos de sonido y el disco gira a unas 500 RPM.

Seis siglos después que aquel italiano soñador procuró sin éxito atrapar el sonido, la humanidad no sólo ha logrado almacenarlo sino también comprimirlo. Hace sólo una década se hicieron populares los archivos MP3, un acrónimo de su nombre completo en inglés: *MPEG Audio Layer III*. Técnicamente se trata de un tipo de archivo de computadora, que contiene información de una pista de audio digital en formato comprimido. Por extensión, también se usa este nombre para denominar a los equipos capaces de reproducir música en este formato.

La explicación de su popularidad radica en que este tipo de archivos ofrece una calidad aceptable de sonido, pero ocupa muy poco espacio en los discos de almacenamiento de los equipos informáticos: es hasta 11 veces menor que un archivo de audio común de un CD.

ENRIQUE GARABETYAN (ARGENTINA)



Fotos Disco de vinilo  
y cassette:  
Silvana Demicheli  
Fotos de fondo:  
Datos binarios  
© ninog-Fotolia.com,  
CD © peshkova-Fotolia.com

# Horas de música

Muchas actividades acompañadas de música resultan más llevaderas. Despertarnos, sortear el pesado tráfico hasta llegar a destino, limpiar la casa, preparar lo necesario para la jornada siguiente y hasta ejercitarse para perder peso parecen resolverse mejor si lo hacemos escuchando música. Sin embargo, el maravilloso sonido de la música en algunas circunstancias puede transformarse en la principal causa de una enfermedad irreversible.



La alarma del celular de Cayetana, una joven de 23 años que vive en San Juan de Lurigancho, el distrito más poblado de Lima (Perú), suena todos los días muy temprano. Hace tiempo utiliza como *ringtone* (tono de llamada) el sonido de instrumentos de percusión. La presión de una baqueta en los platillos de una batería y un volumen alto le aseguran que se despertará a tiempo. Además, el rock pesado forma parte de sus gustos musicales y le encanta empezar el día así.

La ciencia demuestra que la música nos afecta de muchas maneras, emocional y fisiológicamente. Algunos psicólogos aseguran que para despertar motivados, es recomendable escuchar música que nos ponga de buen humor y nos relaje. Sin embargo puede ser que la música con instrumentos de percusión no sea la ideal para salir de un sueño reparador.

Según Greenberg, psicólogo en la Universidad de Cambridge y de la Universidad de Nueva York, una canción que ayude a la gente a salir de la cama debe cumplir varios requisitos. Las canciones que comienzan en baja intensidad aunque sea solo por unos segundos y después se van animando, ayudan a despertarse de una manera gradual. Una vez que la persona ya está despierta, necesita motivación. Las letras positivas ayudan a transformar la pereza en una actitud más relajada y positiva, mientras que los elementos sonoros de la música también influyen de forma directa en el modo de despertar. Las canciones que enfatizan los golpes 2 y 4 de cada compás permitirán despertarse incluso con buen humor y estar mejor preparados para las actividades. Lo recomendable es no escuchar como primer sonido del día una canción con timbres altos y fuertes. Lo opuesto a lo que hace Cayetana.

Luego de vencer la flojera inicial ella se alista y emprende viaje en bus para ir a su universidad. El camino se ha convertido en una verdadera odisea. En su trayecto de casi una hora y treinta minutos, la rodea el sonido de claxons que provocan el llamado estrés ocasionado por el tráfico. Según los registros del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) de Perú, el distrito de San Juan de Lurigancho posee el nivel más alto de ruido ambiental, especialmente en el cruce de las avenidas Malecón Checa con Próceres, una zona altamente transitada que atraviesa cada mañana para llegar a clases. Al ruido del tráfico se suma la música que escuchan la mayoría de quienes van al timón de los vehículos de transporte público en los que viaja, generalmente cumbia y huayno, géneros musicales del folclore peruano.

Frente a esto Cayetana elige aislarse colocándose los audífonos de su celular para escuchar a sus grupos favoritos a mayor volumen: *Kiss*, *Iron Maiden*, *Slayer* y *Nirvana*. Al llegar a destino, camina hasta su universidad aún “enchufada” a la música de sus amores, que también la acompaña en cada momento libre. No es una exageración cuando sus amigos afirman que solo deja de escuchar música mientras duerme y durante clases.

Sin embargo, este hábito ¿le causará algún problema?

## Ondas, membranas y laberintos

El experto en lesiones acústicas José Luís de Vinatea, especialista en otorrinolaringología y conservación de la audición, explica que la música escuchada a volumen alto a través de audífonos durante gran parte del día, produce una enfermedad llamada hipoacusia. Su síntoma es la disminución de la sensibilidad auditiva, además de afectar el habla, el lenguaje y la comunicación. Puede presentarse en forma unilateral, afectando un solo oído, o bilateral cuando ambos son afectados.

Para comprender este efecto negativo es necesario recordar que el sonido es una sucesión de ondas mecánicas que se desplazan por un medio (en este caso, el aire) y que ingresan al oído donde inician un intrincado viaje hasta transformarse en señales electroquímicas que alcanzan el cerebro. Es importante también tener presente que lo que se propaga es energía, con determinada longitud de onda, amplitud y frecuencia, no el aire.

Las ondas viajeras llegan hasta el oído externo e ingresan por un canal (el conducto auditivo, que tiene una longitud promedio de 2,5 cm) hasta el oído medio, una increíble estructura que permite amplificar y transmitir las ondas sonoras hasta el oído interno. Inicialmente impactan y provocan vibraciones en la membrana del tímpano, detrás de la cual, una cavidad llena de aire oficia de medio para que las ondas sonoras continúen su viaje. Un conjunto de pequeños huesitos —llamados martillo, yunque y es tribo— ubicados también detrás de la membrana, inician una serie de movimientos en cadena provocando que las nuevas vibraciones se transfieran por un pequeño orificio (la ventana oval) al oído interno, también llamado laberinto. Compuesto por una serie de tubos, conductillos y membranas, el oído interno es una cavidad inundada de líquido (linfa) que será el medio por el cual ahora viajarán las ondas. En uno de los conductillos se encuentra un órgano fundamental para la audición: el órgano de Corti, receptor de la audición y de la propiocepción (lo que nos permite tener noción espacial y equilibrio). Es allí donde miles de células ciliadas —las cocleares— transforman las señales acústicas en señales electroquímicas que a través de nervios llegarán al cerebro; más específicamente, al área auditiva de la corteza cerebral. El sonido también se transfiere a través de los huesos que rodean al oído, y a nivel de medicina esto se menciona como conducción ósea. La audición se produce recién cuando las ondas sonoras estimulan los nervios del oído interno. La hipoacusia provocada por ruido o por música es la consecuencia de daños producidos a nivel del oído interno.

En física, la intensidad del sonido se define como la potencia acústica que transfiere una onda sonora por unidad de área normal a la dirección de propagación. La percepción que tiene la persona de esa potencia acústica es lo que conocemos como volumen. En la intensidad del sonido también intervienen otros factores, como la superficie de la fuente sonora, la distancia entre ella y el oído, así como también la naturaleza del medio entre ambos (por ejemplo aire, agua).



La hipoacusia (disminución de la sensibilidad auditiva) es una enfermedad provocada por ruidos o música cuya intensidad produce daños a nivel del oído interno.  
Ilustración: © Axel Kock - Fotolia.com

La unidad de medida que utiliza el Sistema Internacional de Unidades para la intensidad acústica es  $W/m^2$  (watt por metro cuadrado). Se reconoce como umbral de audición una intensidad de  $10-12 W/m^2$ , a partir de la cual el oído humano puede registrar sonidos.

Para determinar el impacto del sonido en la salud humana, se utilizan tablas de valores máximos permitidos. Estos se presentan en una escala logarítmica a partir de la cual se determinan los valores que pueden ocasionar daños. Esta escala de medida relativa se presenta en decibeles (dB) y se define como la relación logarítmica entre la presión medida (en pascales) y una presión de referencia ( $20 \mu Pa$  equivalentes al umbral de la audición). El uso de los decibeles resulta práctico para expresar parámetros acústicos debido a que la escala lineal es muy amplia y poco manejable, además que la sensibilidad que presenta el oído humano ante variaciones de intensidad sonora se ajusta mejor a una escala logarítmica.

Según explica el especialista, los sonidos con niveles mayores a 85 dB pueden ocasionar hipoacusia después de unas pocas horas, mientras que los sonidos más fuertes pueden ocasionar dolor inmediato y la hipoacusia se puede presentar en menor tiempo. Como primera medida para evitar lesiones auditivas, recomienda reducir el volumen a que se escucha la música y disminuir el tiempo de exposición a 3 horas como máximo. Resalta además que, si bien es cierto que los aparatos musicales son cada vez más sofisticados, el daño ocurre cuando quien los utiliza no tiene reparos al usarlos. Un método simple que permite

saber si se está exagerando con el volumen es que si la persona que está a nuestro lado puede oír la música que escuchamos a través de nuestros audífonos, evidentemente se está dañando a los oídos.

Una sensación auditiva del sonido es el tono, que se caracteriza cualitativamente como agudo o grave. Los tonos graves se consideran por debajo de los 250 Hz; mientras que los agudos se consideran por encima de los 5000 Hz. El rango de audición de los humanos se ubica entre 20 Hz y 20 000 Hz.

Para detectar la enfermedad, el médico recurre a un instrumento llamado audiómetro que le permite evaluar la capacidad auditiva del paciente. A esta acción se le conoce como audiometría. Generalmente se realiza la prueba por oído, colocando al paciente los audífonos del audiómetro y enviando tonos puros a diferentes frecuencias, obteniendo finalmente una curva audiométrica (audiograma) que indica el grado de pérdida auditiva del paciente.

Para un correcto diagnóstico, es importante que el instrumento médico con el que se realizará la audiometría esté debidamente calibrado. En el Perú, esta calibración la viene realizando el mismo servicio técnico de la marca del instrumento pero es también fundamental tener conocimiento acerca de la trazabilidad metrológica de sus servicios. El Instituto Nacional de Calidad (INACAL), está desarrollando capacidades para ampliar sus servicios a la calibración de audiómetros de tal manera que las mediciones que se realicen sean confiables.

El Ingeniero Samuel Portocarrero especialista en acústica de la Dirección de Metrología del INACAL, afirma que la presión sonora que puede emitir un audífono al escuchar música con un determinado reproductor depende mucho de la marca, el modelo y la forma de uso del reproductor de música y los audífonos. Los reproductores de música PMP (de sus siglas en inglés, *Personal Music Player*) en la actualidad emiten un rango entre 88 dB y 113 dB, aunque algunos pueden llegar hasta los 120 dB. La tecnología actual de los audífonos, por ejemplo la tecnología *in-ear* (dentro del oído), permite que el sonido ingrese prácticamente limpio y directo al canal auditivo, lo que facilita que se alcancen altos niveles de presión sonora con mínimos enmascaramientos externos.

Con respecto al ruido producido por el tráfico y cómo medirlo, el licenciado Henry Díaz, encargado del Laboratorio de Acústica de la Dirección de Metrología del INACAL, explica que en ese caso el aparato a utilizar es un sonómetro. Conocido también como decibelímetro, es de utilidad en la labor de fiscalización realizada por el personal de cualquier municipalidad para conocer el nivel de contaminación acústica. Los recaudos a tomar para asegurar mediciones confiables son los mismos que para el audiómetro (calibración, capacitación de quien lo utilice, entre otras). En el caso de los conductores de transporte público que escuchan música a mayor volumen que el permitido, la falta es sancionada por la Municipalidad de Lima con una multa de 365 Soles (equivalente a aproximadamente 120 dólares) por considerarse que contribuyen al caos sonoro de la ciudad.

El ruido se define como un sonido no deseado y por lo general existen normas y medios para controlar que no produzca daños en los oídos, sobretodo en ambientes laborales, educativos, zonas rurales o urbanas.

La música, en cambio, es un sonido placentero que generalmente se escucha por opción, por voluntad propia. Como Cayetana, muchos melómanos la utilizan como compañía permanente durante sus actividades o como medio para transportarse a otra realidad, donde el ruido o el estrés se reduzca.

Porque, ya lo decía el filósofo Friedrich Nietzsche: “Sin música la vida sería un error”. Pero, a partir de las nuevas tecnologías disponibles, escucharla sin precaución también podría serlo.

CATALINA QUINTO (PERÚ)

El calibrador acústico genera tonos a niveles conocidos y frecuencias determinadas. Su propósito es asegurar la fiabilidad del sonómetro actuando como patrón.

Foto calibrador acústico: © Catalina Quinto



# Créditos

## Editorial:

Laboratorio Tecnológico del Uruguay - LATU

## Director de la revista:

Alexis Valqui (PTB)

## Comité Editorial:

Humberto S. Brandi - INMETRO; María Celeste Cameron, INTN - Paraguay; Juan Carlos Castillo, IBMETRO - Bolivia; Jose Dajes, INACAL - Perú; Gabriela de la Guardia, CENAMEP - Panamá; Silvana Demicheli, LATU - Uruguay; Francisco Garcia, CESMEC - Chile; Oscar Harasic, OEA - EE UU; Ileana Hidalgo, LACOMET - Costa Rica; Fernando Kornblit, INTI - Argentina; Ruben Lazos, CENAM - México; Claribel López, INDOCAL - República Dominicana; Luis Mussio, OIML - Francia; Luis Fernando Oviedo, INM - Colombia; Alberto Parra del Riego, PTB - Alemania; Carlos Eduardo Porras, INM - Colombia; Marcela Prendas, LACOMET - Costa Rica; Claudia Santo, LATU - Uruguay; Silvio F. Santos, INMETRO - Brasil; Alexis Valqui, PTB - Alemania

## Comité Ejecutivo:

Silvana Demicheli (LATU); Alberto Parra del Riego (PTB); Alexis Valqui (PTB)

## Secretaría Técnica:

Silvana Demicheli (LATU)

## Apoyo logístico:

Ricarda Stüwe (PTB)

Diana Kleinmschmidt (PTB)

## Redacción:

Centro de Desarrollo del Conocimiento - CDC (LATU)  
Avenida Italia 6201 Edificio Los Talas - CDC, Montevideo. CP 11500 Uruguay.  
capacita@latu.org.uy (00598) 2601 3724 # 1325 y 1326

## Revisores:

Celeste Cameron, INTN - Paraguay  
Juan Carlos Castillo, IBMETRO - Bolivia  
José Dajes, INACAL - Perú  
Gabriela de la Guardia, CENAMEP - Panamá  
Silvana Demicheli, LATU - Uruguay  
Fernando Kornblit, INTI - Argentina  
Ruben Lazos, CENAM - México  
Claribel López - INDOCAL - República Dominicana  
Luis Mussio, OIML - Francia  
Luis Fernando Oviedo, INM - Colombia  
Alberto Parra del Riego, PTB - Alemania  
Marcela Prendas, LACOMET - Costa Rica  
Eduardo Quagliata, LATU - Uruguay  
Ciro Alberto Sanchez Morales, INM - Colombia  
Claudia Santo, LATU - Uruguay  
Alexis Valqui, PTB - Alemania

## Revisores externos invitados:

Mariella di Candia - Uruguay

## Autores y colaboradores técnicos por artículo:

- **El desafío del lutier.** Autora: Claudia Mazzeo. Colaboración técnica: Fernando Kornblit (INTI); Fabiana Tomi; Lionnel Genovart - Argentina
- **Por siempre *Les Luthiers*.** Autora: Claudia Mazzeo. Colaboración técnica: Fernando Kornblit (INTI); Carlos Nuñez Cortés - Argentina
- **Tocando electrones para los nuevos sonidos.** Autor: Enrique Garabetyan. Colaboración técnica: Emilio Lóebe; Leandro Kornblit; Ángel Castro; Federico Serrano (INTI) - Argentina
- **El arte de resucitar el acordeón.** Autor: David Carrasco. Colaboración técnica: Gabriela de la Guardia (CENAMEP); Manuel de Jesús Ábrego; Jesús Ábrego; Osvaldo Ayala - Panamá
- **Carlos Vives: sonidos combinados de provincia y rock and roll.** Autor: Ernesto Restrepo. Colaboración técnica: Arístedes Dajer; Liz Catherine Hernández (INM); Andrés Castro - Colombia
- **La magia envolvente del sonido.** Autora: Irma Oviedo. Colaboración técnica: Lourdes Sosa Cuevas (INTN); Marcelo Arriola; Marcial Berenson; Ta Liu - Paraguay
- **Construir, grabar, disfrutar.** Autora: Daniela Hirschfeld. Colaboración técnica: Claudia Santo, Eduardo Quagliata (LATU); Álvaro Espagnolo; Andrés Costa (UTU); Gonzalo Fernández; Martín Golderacena - Uruguay
- **Candombe: tambores en cuerpo y alma.** Autora: Silvana Demicheli. Colaboración técnica: Juan Iade; Javier Doldán; Claudia Santo (LATU); Marcelo Fernández - Uruguay
- **Te doy el "la".** Autora: Claudia Mazzeo. Colaboración técnica: Fernando Kornblit (INTI) - Argentina
- **La revolución de "El sonido 13".** Autor: Daniel de la Torre. Colaboración técnica: Andrés E. Pérez Matsumoto (CENAM) - México
- **Instrumentos en clave de 3D.** Autora: Claudia Mazzeo. Colaboración técnica: Fernando Kornblit (INTI) - Argentina
- **La música bien guardada.** Autor: Enrique Garabetyan. Colaboración técnica: Fernando Kornblit (INTI) - Argentina
- **Horas de música.** Autora: Catalina Quinto. Colaboración técnica: Samuel Portocarrero; Henry Díaz (INACAL); José Luis de Vinatea - Perú

## Diseño y diagramación:

Alberto Parra del Riego

## Página web:

www.revistadeacuerdo.org

## Copyright:

LATU - Revista ¡De acuerdo! Derechos reservados.  
ISSN: 2301-0932 – ISSN 2301-1718 (En línea)

## Fecha de Edición:

Octubre de 2016

## Fotos en Portada:

Manos tocando un tambor: © nvelichko - Fotolia.com  
Manómetro © Maxim\_Kazmin - Fotolia.com  
Amplificador © Silvana Demicheli  
Bajo © Silvana Demicheli



El Instituto Nacional de Calidad (INACAL), que tiene a su cargo la dirección del Sistema Nacional de la Calidad, fue creado en julio del 2014 según ley 30224 e inició sus actividades en junio del 2015. Desde entonces, asumió la tarea de conducir los sistemas de Normalización, Acreditación y Metrología en concordancia con normas y estándares internacionales, funciones que antes tenía a su cargo el Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (Indecopi).

Su objetivo mayor es el desarrollo y la competitividad de la producción nacional a través de los servicios de calibración que permitan asegurar una correcta aplicación de la unidad de medida en la industria, ciencia y comercio. También produce materiales de referencia certificados de pH, de conductividad, de metales en agua, entre otros, y ofrece pasantías, cursos de capacitación y diplomados en Metrología.

La Dirección de Metrología cuenta con personal altamente capacitado y patrones de medición de alta exactitud, con trazabilidad al Sistema Internacional de unidades - SI a través de institutos metrologógicos reconocidos por el *Bureau International des Poids et Mesures (BIPM)*.

Sus laboratorios cumplen con los requisitos que exige el Acuerdo de Reconocimiento Mutuo de la *Conférence Internationale des Poids et Mesures (CIPM)*, tales como tener un Sistema de Gestión de la Calidad, basado en la Norma ISO/IEC 17025 y/o ISO Guía 34, aprobado por el *Quality System Task Force (QSTF)* del Sistema Interamericano de Metrología (SIM).

Actualmente, esta Dirección dispone de laboratorios de masa, flujo de líquidos y gases; tiempo y frecuencia; electricidad, longitud y ángulo; volumen y densidad; fuerza, torque y presión; termometría y humedad, así como de metrología química.

Así mismo, participa activamente en comparaciones regionales e internacionales para demostrar su competencia técnica. A la fecha tiene publicadas 127 capacidades de medición y calibración (CMC), en la base de datos del BIPM.

El INACAL tiene como finalidad promover y asegurar el cumplimiento de la Política Nacional para la Calidad, con miras al desarrollo y la competitividad de las actividades económicas y la protección del consumidor y del medio ambiente.

### Dirección de Metrología (antes Servicio Nacional de Metrología)

La Dirección de Metrología, hoy un órgano de línea del INACAL, es la autoridad nacional competente para administrar la política y gestión de la Metrología, contando para ello con autonomía técnica y funcional.

Su función es promover el desarrollo de la ciencia metrologógica y de contribuir a la difusión del sistema legal de unidades de medida del Perú, así como custodiar, conservar y mantener los patrones nacionales de las unidades de medida, y por ende, consolidar el uso de una metrología científica, industrial y legal en el país.

Esta edición de la revista *¡De acuerdo!* ha sido realizada gracias a la participación y colaboración de los siguientes Institutos Nacionales de Metrología:



Centro Nacional de Metrología  
(México)  
[www.cenam.mx](http://www.cenam.mx)



Centro Nacional de Metrología de Panamá  
(Panamá)  
[www.cenamep.org.pa](http://www.cenamep.org.pa)



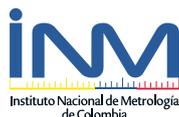
Instituto Boliviano de Metrología  
(Bolivia)  
[www.ibmetro.gob.bo](http://www.ibmetro.gob.bo)



Instituto Dominicano para la Calidad  
(República Dominicana)  
[www.indocal.gob.do](http://www.indocal.gob.do)



Instituto Nacional de Calidad  
(Perú)  
[www.inacal.gob.pe](http://www.inacal.gob.pe)



Instituto Nacional de Metrología de Colombia  
(Colombia)  
[www.inm.gov.co](http://www.inm.gov.co)



Instituto Nacional de Tecnología Industrial  
(Argentina)  
[www.inti.gov.ar](http://www.inti.gov.ar)



Instituto Nacional de Tecnología, Normalización y Metrología  
(Paraguay)  
[www.intn.gov.py](http://www.intn.gov.py)



Laboratorio Costarricense de Metrología  
(Costa Rica)  
[www.lacomet.go.cr](http://www.lacomet.go.cr)



Laboratorio Tecnológico del Uruguay  
(Uruguay)  
[www.latu.org.uy](http://www.latu.org.uy)



Physikalisch-Technische Bundesanstalt  
(Alemania)  
[www.ptb.de](http://www.ptb.de)

Esta edición de la revista *¡De acuerdo!* ha sido realizada gracias al apoyo financiero de:

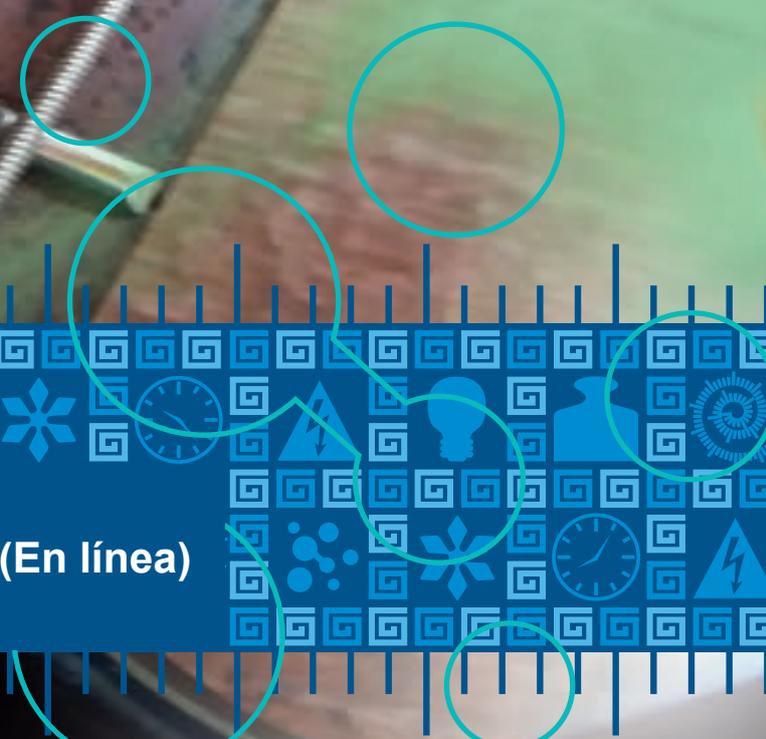
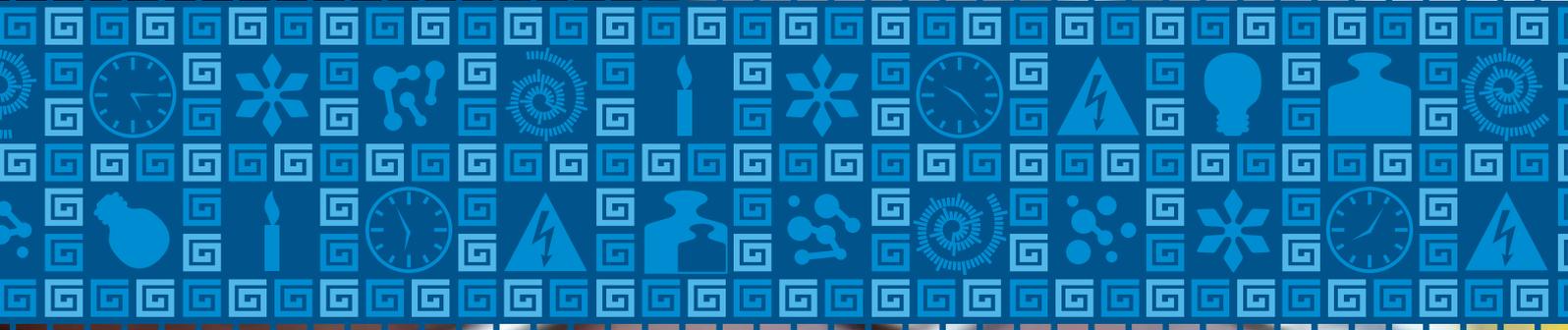
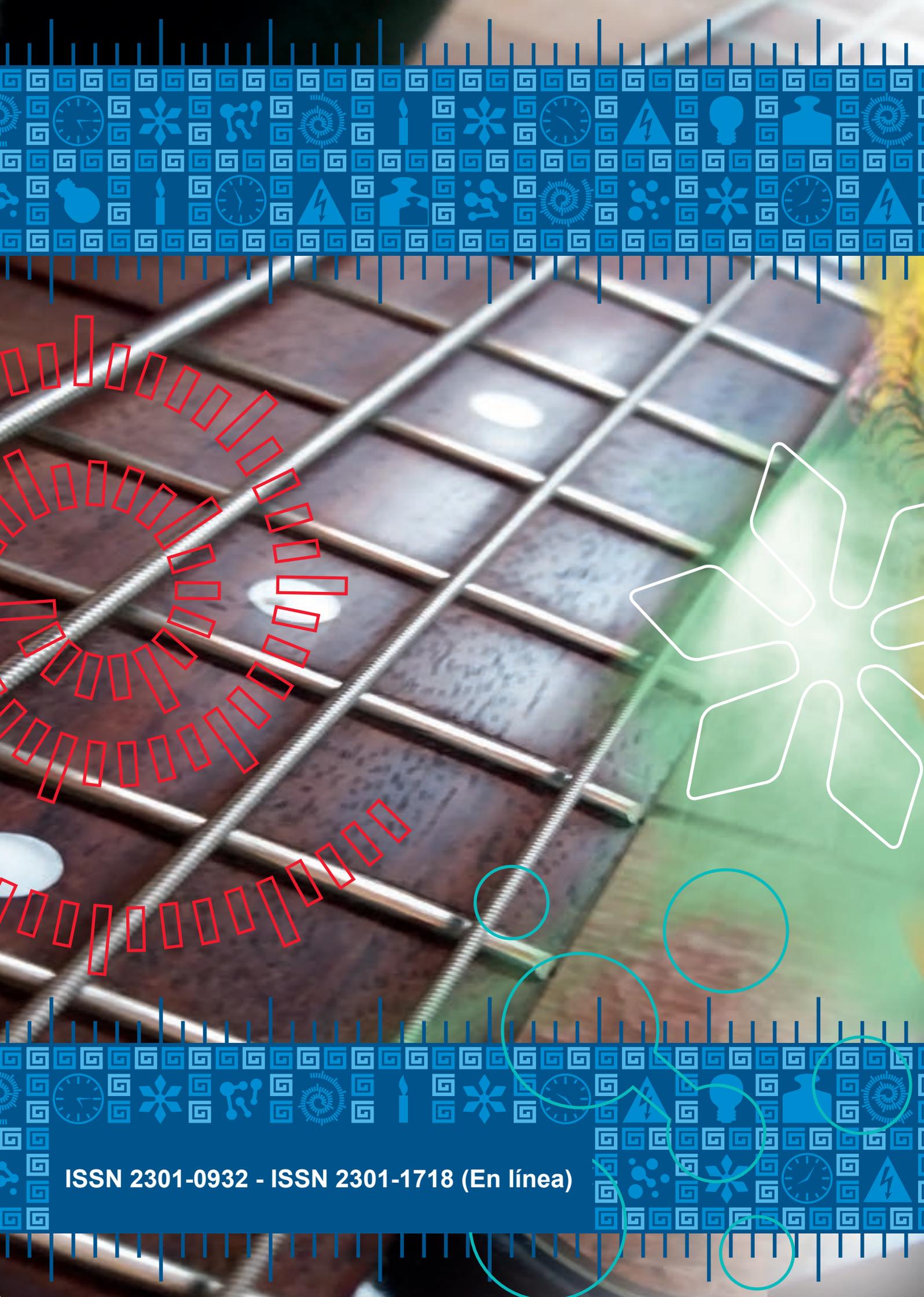


Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo  
(Alemania)  
[www.bmz.de](http://www.bmz.de)

Esta edición de la revista *¡De acuerdo!* ha sido realizada gracias a la cooperación de:



Sistema Interamericano de Metrología  
[www.sim-metrologia.org.br](http://www.sim-metrologia.org.br)



ISSN 2301-0932 - ISSN 2301-1718 (En línea)