

impermeable el cartón empapando la parte convexa, la que se apoya contra los dientes, en alguna substancia hidrófuga que resista al vapor del aliento.

„Me he cerciorado de que se pueden transmitir los sonidos á los dientes superiores con la misma claridad valiéndose de una tecla ó pinza de madera, del tamaño de una sordina de violín ó violoncelo, provista de una hendidura en la cual penetra á frota-

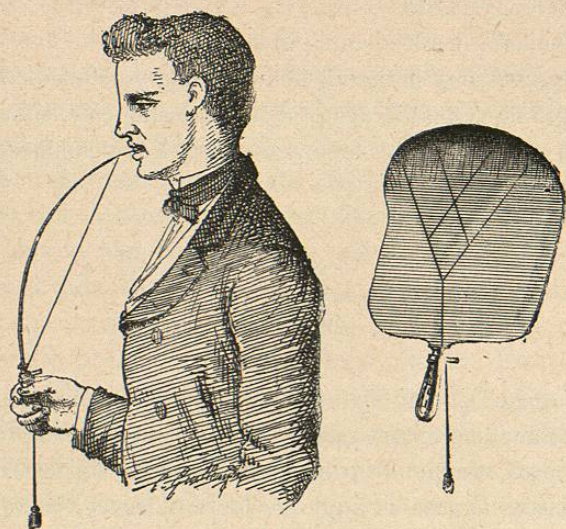


Fig. 339.—Audifono americano de M. Rhodes

miento duro el extremo superior del disco, y apoyando en dicha pinza los dientes superiores.,

M. Colladon cita á continuación los interesantes experimentos que se hicieron con

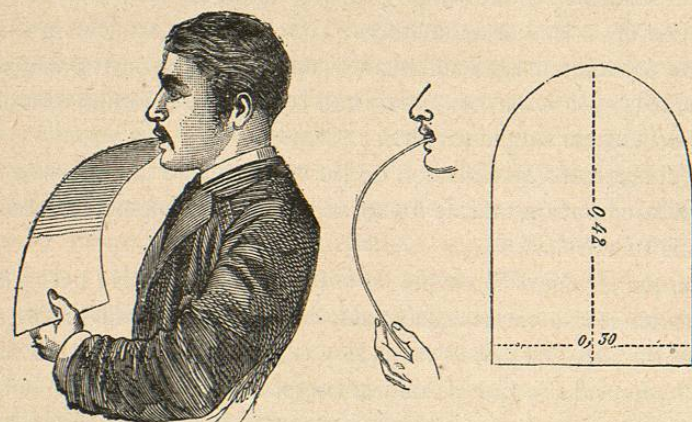


Fig. 340.—Audifono de cartón de M. D. Colladon

el audifono americano y con el suyo (fig. 340) en los colegios de sordo-mudos del cantón de Ginebra: salieron tan bien con el uno como con el otro aparato, y muchos sordo-mudos, que jamás habían oído los sonidos de un piano ni de ningún otro instrumento, experimentaron un verdadero placer al oír piezas de música, gracias á los audifonos puestos en sus manos. Se ha comprobado también que los sordo-mudos pueden oír y aun repetir palabras pronunciadas muy cerca del audifono, con tal que se les haya preparado de antemano convenientemente.

## V

## TELÉFONO MUSICAL PARA TRANSMITIR ÓRDENES MILITARES EN EL EJÉRCITO Ó EN LA MARINA

La idea de valerse de los sonidos como medio de correspondencia militar es muy antigua. Sábese que los galos apostaban de trecho en trecho y al alcance de la voz vígias encargados de transmitir órdenes ó de comunicar noticias militares; pero en esto no había ningún sistema particular que asegurase el secreto de la correspondencia, como en la *telefonía musical* de M. Sudre, de la que vamos á dar una idea.

Este sabio concibió en 1817 la idea de sustituir el lenguaje ordinario con señales musicales combinando de varios modos cierto número de notas de la escala, y diez años después propuso la adopción de su sistema para transmitir órdenes en el ejército. En lugar de las siete notas de la escala, se limitó á las cinco *do sol do mi sol*, es decir, á los sonidos dados por la corneta de órdenes. En 1829 se hicieron algunas pruebas en el Campo de Marte, en 1841 en la escuadra del Mediterráneo, y en 1850 en el Campo de Marte en Rueil, y todas fueron muy satisfactorias. M. Sudre había reducido los sonidos á tres notas: *sol do sol*. Más adelante consiguió emplear un solo sonido, de suerte que una nota de corneta, un golpe de tambor ó un cañonazo pueden servir, según los casos, de elementos de *telefonía militar*. Durante el sitio de Sebastopol se instituyó un sistema de correspondencia de esta clase, y prestó muy buenos servicios al ejército sitiador, avisando á la reserva de los ataques nocturnos que los rusos dirigían contra las líneas de los que trabajaban en las trincheras.

La telefonía musical no puede rivalizar con la eléctrica ni con las señales visuales; pero, como hay casos en que no se podría usar ninguno de ambos sistemas, sería entonces conveniente adoptarla.

## VI

## TROMPETILLAS ACÚSTICAS.—EL ESTETOSCOPIO

La *trompetilla acústica* es un instrumento interesante por otro concepto, y apreciado en particular por las personas afectadas de sordera parcial. Refuerza los sonidos como la bocina, pero condensándolos á corta distancia y en el oído mismo del que escucha. Ya no es cuestión de *telefonía*, sino más bien de *microfonía*, asimilando el papel de estos útiles aparatos á los anteojos de que se sirven los míopes.

Las trompetillas acústicas son tubos cónicos, contorneados de varios modos (figura 351), que la persona sorda tiene en la mano, introduciéndose en el oído el extremo más delgado, y volviendo el pabellón hacia la boca de su interlocutor. Se ha atribuido el efecto de refuerzo de estos aparatos á las reflexiones sucesivas de las ondas sonoras, que deben multiplicar su acción al llegar al tímpano. Pero, así como en el portavoz, se ha reconocido por experiencia que la influencia de las paredes, y por consiguiente de la reflexión en su superficie interior, era muy débil, cuando no nula. En realidad el efecto producido se debe á la disminución progresiva de las secciones aéreas que transmiten el sonido, y que por lo tanto lo transmiten con creciente energía hasta el órgano. Se puede comparar este efecto con el de un chorro líquido que sale por el orificio de un tubo con una fuerza superior á la que animaría á un chorro semejante en el interior de un cuerpo de bomba.

El *estetoscopio* es una especie de trompetilla acústica inventada por Laennec, y del cual se sirven los médicos para escuchar los sonidos de los órganos interiores del cuerpo, del pecho, del corazón, etc. Es un cilindro de madera, ensanchado por la parte que se aplica al cuerpo, con un canal interior de algunos milímetros de diámetro, á cuyo

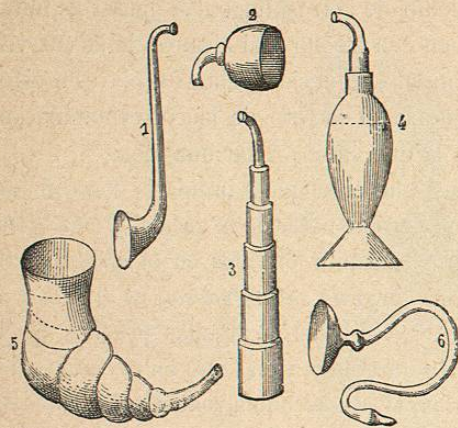


Fig. 341.—Trompetillas acústicas

extremo se acerca el oído. M. Koenig ha ideado un nuevo estetoscopio fundado en la refracción de las ondas sonoras. "Se compone de una pequeña cápsula hemisférica, en la cual penetra un anillo cubierto de dos membranas de caucho. Merced á una abertura que hay en el anillo se puede hinchar por insuflación estas dos membranas, dándoles la forma de lenteja. La pequeña cápsula lleva en su parte superior un tubito en el que penetra otro de goma que debe poner la masa de aire interior en comunicación directa con el oído. La membrana exterior, hinchada como hemos dicho, se aplica contra el cuerpo sonoro que se ha de examinar, se modela sobre la forma de este cuerpo, recibe sus vibraciones y las comunica á la membrana opuesta por medio del aire contenido entre ellas; la segunda membrana las comunica en seguida al tímpano por la masa de aire comprendida en la cápsula sin perjudicar la claridad con que los sonidos llegan al oído, y entonces cinco personas pueden estudiar simultáneamente los sonidos.,,

## VII

### LA ACÚSTICA APLICADA Á LA ARQUITECTURA

Una de las aplicaciones más importantes que pudiera y debiera hacerse de las leyes de la acústica es la que tuviera por objeto la construcción y acondicionamiento de las grandes salas de reuniones públicas. Se han hecho muchas tentativas por este concepto, pero han dado escaso resultado, consistiendo sin duda en que los arquitectos que las han efectuado tuvieron más en cuenta la cuestión artística que la científica; quizás también la carencia de conocimientos especiales ha entrado por mucho en este mal éxito casi general.

Las salas de reuniones públicas se pueden dividir en tres categorías, que no tienen absolutamente las mismas exigencias bajo el punto de vista acústico. Tenemos en primer lugar los salones para conciertos, en los cuales la audición clara, distinta, no confusa, ha de ser el objeto principal: la orquesta y los puntos en que se sitúan los cantores forman el foco sonoro del cual divergen todas las ondas que deben ir á parar al oído del espectador, dondequiera que esté colocado, en las mejores condiciones para que le sean perceptibles hasta los más delicados matices de la melodía sin que deje de apreciar la armonía del conjunto. En ellos se puede sacrificar la vista al oído, puesto que no hay espectáculo, hablando con propiedad, y todo se reduce á la audición de un trozo musical. A veces se han reunido dichas condiciones por casualidad, y el salón de conciertos del Conservatorio de París es una prueba de ello, á juzgar por el testimonio unánime de artistas y aficionados.

Las salas de los teatros líricos forman una categoría intermedia entre las de concierto y aquellas en que sólo se ha de escuchar á un orador ó á actores. La música es también su principal objeto, pero el problema se complica con la necesidad de que todos los espectadores vean bien la escena. Además, el foco sonoro es allí doble, pues consiste, por una parte en la orquesta, y por otra en el escenario en que se sitúan los actores. En el mismo caso, poco más ó menos, están las salas de los teatros. Los salones de las cátedras y de las asambleas deliberantes forman la tercera clase de los sitios de reunión. En ellas, la claridad de la audición es la primera y casi la única dificultad que se ha de resolver, tan luego como el local no es bastante espacioso para que las ondas sonoras pierdan su intensidad al llegar al oyente más apartado de la tribuna.

Analizando con cuidado todas las causas de los defectos que tienen las salas actuales, y teniendo en cuenta las leyes de la propagación y reflexión de las ondas sonoras, se llegaría sin duda á resolver las dificultades del problema. La mayor parte de dichas salas pecan por defecto ó por exceso de sonoridad. En primer lugar, la forma de las paredes de la sala tiene una influencia predominante: la voz y los sonidos resultan absorbidos con frecuencia por masas de aire demasiado considerables en las que se pierde la fuerza viva de las ondas sonoras antes que puedan llegar al oído del espectador. La altura excesiva del techo, la extensión exagerada del escenario, lo anchuroso y profundo de los palcos, á menudo forrados de telas ó tapices que apagan el sonido, hacen que la sala sea sorda y poco favorable á la emisión á la vez que á la audición de la voz de los actores ú oradores, lo propio que á la de los sonidos instrumentales.

Las salas cuya forma es tal que de ella resultan varios centros de divergencia de las ondas reflejadas, ó cuyas paredes están compuestas de substancias que reparten el sonido con sobrada fuerza, adolecen del defecto contrario. Tienen una sonoridad exagerada, intempestiva y muy desigual, resuenan, y el espectador oye á la vez los sonidos directos y los reflejados, resultando de aquí confusión si se trata de un simple discurso, y la discordancia más desagradable, si de sonidos musicales.

Las reglas que deben seguirse para obviar tan graves inconvenientes no pueden ser generales, dado que habría que modificarlas según las circunstancias de su aplicación. Redúcense en suma á una combinación de las sencillas leyes de la acústica con las de la construcción arquitectónica. He aquí lo que dice á este respecto M. T. Lachez, arquitecto y autor de un opúsculo sobre la *Acústica y la Óptica de las reuniones públicas*, del cual sólo mencionaremos lo que se refiere á las tres clases de salones que acabamos de enumerar:

*"Para hacer oír cantos ó sonidos musicales.*

„Ya se ejecute la música en un espacio ilimitado ó en un recinto cerrado por todas partes, los espectadores pueden muy bien no ver nada en uno ni en otro caso y percibir todos los sonidos sin divisar los instrumentos que los producen. Así pues, el objeto principal, y por decirlo así, el único que debe proponerse el arquitecto es situar el punto en que se producen los sonidos en el lugar más conveniente y en las circunstancias más favorables para que sean más perceptibles, más ricos y más armoniosos.

„Si la orquesta está al aire libre, el auditorio debe agruparse alrededor de ella, para encontrarse dentro de la extensión simple y natural de las ondas sonoras, y aquella más elevada que los espectadores, para que el punto de conmoción de las ondas se halle fuera de la masa de aire ocupada por éstos, y á fin de que los sonidos puedan salir y difundirse con facilidad.,,

El autor hace observar que los techos parabólicos y las paredes circulares ó poligo-

nales no ofrecen ventaja alguna, á no ser que su distancia al foco sonoro sea bastante pequeña para que no haya resonancia ó reflexión intempestiva.

Las disposiciones de un anfiteatro cerrado por todas partes deben ser también las anteriormente enunciadas; sin embargo, podrá suceder que haya que colocar la orquesta

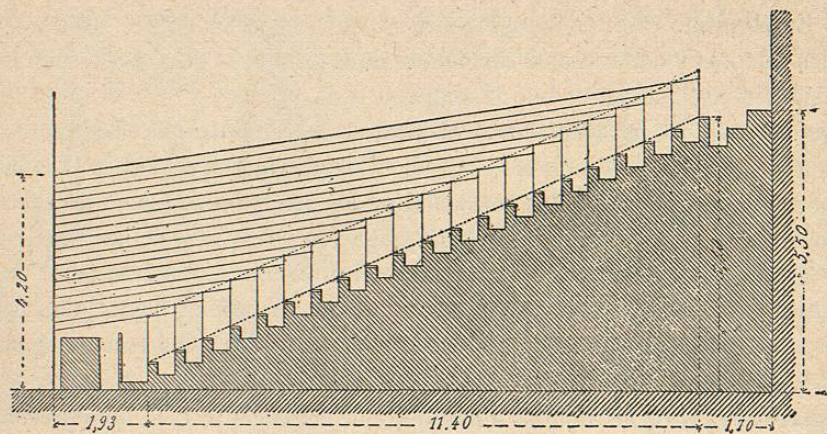


Fig. 342.—Sección de anfiteatro: gradería en línea recta

á los lados, porque los cantantes deben estar de frente á todos los espectadores. Las paredes que limitan el recinto han de presentar planos rectos, resistentes y lisos; es preciso

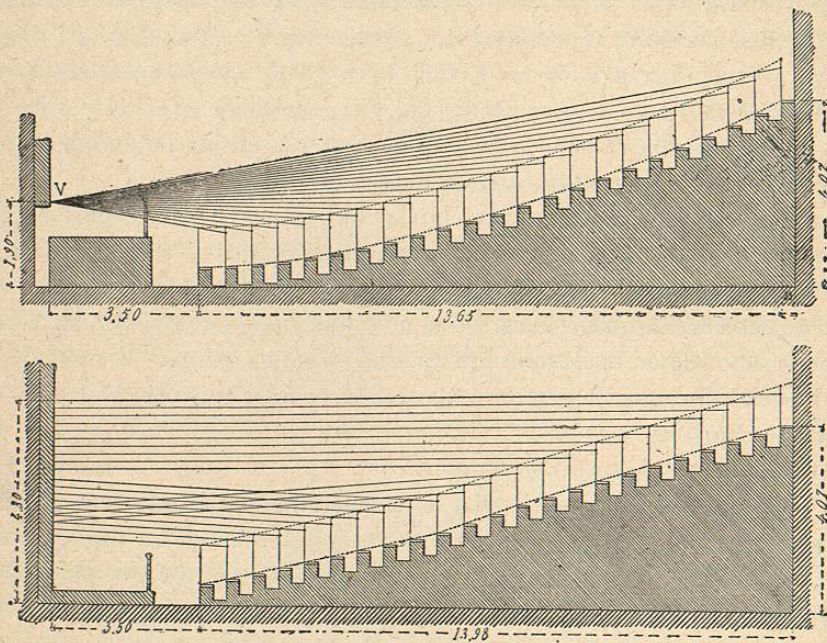


Fig. 343.—Anfiteatro del Observatorio y anfiteatro de diapasón normal, según M. Lachez. Graderías en línea mixta ó curva

evitar las salientes muy marcadas, los huecos ó los resaltes de ornamentación, y los paños ó tapices emplearse únicamente para amortiguar el exceso de sonoridad de la sala.

*„Para que se oiga solamente la palabra de un orador.*

„En este caso es muy útil, si no absolutamente necesario, que el auditorio y el orador estén en un espacio limitado por paredes; y según que este espacio sea más ó

menos dilatado, la palabra será más ó menos perceptible para cierto número de personas. Un recinto cerrado, no tan sólo tiene la ventaja de poner al oyente á cubierto de todo ruido, de todo sonido extraño y de la intemperie, sino que también debe proporcionar recursos, ora para aumentar la intensidad sonora de la voz, ó bien para destruir enteramente las resonancias que la repercusión de las ondas produce; las dimensiones del recinto y su volumen indican los medios acústicos que conviene emplear.

La colocación de los oyentes con relación al foco sonoro entra también por mucho en las cualidades de una sala desde el punto de vista acústico. Por lo común, lo preferible es una serie de gradas construídas en arco de círculo con relación al foco, sea orquesta ó tribuna, cuyas gradas permiten ver normalmente ó por lo menos recibir directamente los sonidos, con tal que la línea que forman esté suavemente inclinada sobre el plano horizontal del que parten las ondas sonoras. Las figuras 342 y 343 representan secciones de anfiteatros: en la primera, el perfil de las gradas se eleva en línea recta y sobrado bruscamente; en las otras dos es más favorable á la vista ó al oído, sobre todo la que M. Lachez considera como normal, porque las ondas sonoras, partiendo del foco V, van á encontrar á cada fila de oyentes en condiciones iguales de buena transmisión y sin que las intercepte ningún obstáculo, ni siquiera parcialmente.

En los teatros, en que hay á la vez orquesta y escenario y en los que se debe atender tanto á la vista como al oído, las condiciones del problema son más complejas, y lo son tanto más cuanto que el arquitecto ha de tener en cuenta las tradiciones, las costumbres y la rutina.

## CAPITULO II

### LOS INSTRUMENTOS DE MÚSICA.—INSTRUMENTOS SIMPLES

Sería un estudio sumamente curioso, pero delicado y difícil, el de los variadísimos instrumentos con los cuales ejecutan los músicos las piezas de su arte, considerando cada uno de dichos instrumentos desde el punto de vista de las leyes de la acústica musical. En todas las épocas de la historia han tenido todos los pueblos, hasta las tribus salvajes más atrasadas, instrumentos de esta clase, desde los más toscos y rudimentarios hasta los de forma más estudiada é inteligente, como los violines modernos, imitados de los fabricados por los Stradivarius, Guarnerius ó Amati, y hasta las combinaciones complicadas de los grandes órganos. La teoría de los instrumentos de música es aún muy oscura en ciertos puntos, y tanto los prácticos más hábiles como los físicos más sabios con dificultad se dan cuenta de las formas consagradas por la experiencia. Hay sin embargo cierto número de principios en los que está basada la construcción de los instrumentos, no careciendo de interés el conocer en qué se relacionan estos principios con las leyes de las vibraciones sonoras en las campanas, cuerdas, tubos y membranas.

Así procuraremos demostrarlo pasando revista á los tipos de instrumentos cuyos sonidos son producto de los diferentes modos de vibración y que por esto mismo se los puede dividir en varias categorías. Examinaremos, pues, sucesivamente: 1.º los *instrumentos sencillos, monótonos*, que por lo general no emiten más que un sonido, como las campanas, los triángulos, los timbres, los tambores, etc., y que están fundados en las vibraciones de los sólidos de revolución, de las placas ó láminas metálicas, y por fin,