

## **Història de la mesura de la velocitat del so en l'aire**

Traducció del text publicat per Felipe González en [http://tecnologia.idoneos.com/index.php/La\\_velocidad\\_del\\_sonido](http://tecnologia.idoneos.com/index.php/La_velocidad_del_sonido)

El primer mètode emprat per a determinar la velocitat del so utilitzava un canó. Un observador, col·locat en un tossal, mesurava el lapse transcorregut entre el moment en que veia la deflagació i escoltava el tret del canó. Coneixent la distància al canó, podia calcular la velocitat del so. Aquest procediment no era molt exacte, ja que el vent desviava l'ona sonora, que descrivia, per tant, una trajectòria corba. A més, les variacions de temperatura originaven refraccions que apartaven l'ona sonora de trajectòria rectilínia.

La determinació de la velocitat del so a l'aire lliure era important per raons militars. El seu coneixement permetia localitzar l'artilleria enemiga. Per això, en 1864, Charles Regnault va decidir fer un càlcul més precís. Va utilitzar un equip amb un artifici elèctric per a la mesura del temps. L'experiment es va realitzar en una galeria subterrània, en les proximitats de París. El tret d'un fusell trencava el fil d'un circuit, creuat a la boca de l'arma, i llavors es movia un plomí tintat sobre un tambor registrador, situat a l'extrem del tub. Quan el so arribava allí, vibrava un diafragma, i aquest moviment també era registrat al tambor. Ja que la velocitat de rotació d'aquest era coneguda, es calculava fàcilment la del so.

La velocitat del so es determina més correctament usant dos reflectors parabòlics enfrontats, amb una sirena de freqüència constant en el focus d'un d'ells. També es col·loca un micròfon en el focus de cada reflector, que utilitza, com a resistències de càrrega, part del primari d'un transformador. Quan es connecten els auriculars a l'altra bobina del transformador, el so que es percep en ells augmentarà o disminuirà quan un dels reflectors s'acosti o allunyi de l'altre. Aquest és un exemple d'interferència en les ones sonores. Quan el so dels auriculars va d'un mínim a un màxim, i torna a un mínim, un dels reflectors s'ha mogut, exactament, una longitud d'ona. Coneixent la freqüència, es pot calcular la velocitat del so. Aquest és un mètode segur, que pot aplicar-se també per a la determinació de la velocitat dels ultrasons.

### **Mesura de la velocitat del so a l'aigua**

Al llac de Ginebra va ser on es va mesurar, per primera vegada, la velocitat del so a l'aigua. Es colpejava una gran campana davall aquesta, alhora que es produïa la ignició d'una càrrega de pólvora. Un observador, usant un otòfon cobert con una membrana, l'extrem de la qual estava submergit a l'aigua, mesurava el lapse transcorregut entre el moment en què es veia la fogaonada i el moment en què escoltava la campana. L'experiment es feia en una gran extensió d'aigua, perquè la velocitat del so, en ella, és relativament alta: al voltant de mil sis-cents metres per segon.

És important conèixer el valor exacte de la velocitat del so a l'aigua, per a dissenyar aparells de sondeig. Els mètodes actuals utilitzen explosions de càrregues, simultànies a un senyal de ràdio. L'arribada del so es detecta

mitjançant hidròfons (micròfons usats davall l'aigua) i es mesura l'interval transcorregut. Els sons no cessen a l'aigua tan ràpidament com en l'aire y aconsegueixen distàncies molt més grans. Per això, és possible sentir que el so de les hèlices d'un vaixell a una distància de 15 a 18 quilòmetres.

### **Variacions de la velocitat**

De la mateixa manera que la llum, pot refractar-se el so, que canvia de velocitat quan passa d'un mitjà a un altre; la refracció té lloc al límit entre els dos mitjans. Per aquesta causa, el so pot concentrar-se en un focus, amb una lent que no sigui de vidre, sinó feta amb un globus ple d'anhídrid carbònic. El so es propaga més ràpidament en l'aire calent que en l'aire fred, la qual cosa dona lloc a les zones de silenci. En 1923, el so de l'explosió d'una fàbrica de municions d'Holanda va ser oït a distàncies superiors a 800 km., però no va ser escoltat, en canvi, a la zona compresa entre els 100 160 km., perquè l'ona sonora que es propagava al llarg del sòl es va debilitar aviat. El so escoltat a majors distàncies era el produït per l'ona sonora que s'havia propagat cap a les zones superiors de l'atmosfera i refractat cap avall, en travessar la capa d'aire calent.

### **Progressos científics en la mesura de la velocitat del so**

Els antics ja sabien que el so es propaga en l'aire. Aristòtil, en això, com en molts altres camps de la física, sostenia idees errònies, que els escolàstics van difondre durant tota l'Edat Mitjana. Aristòtil creia que els sons de distints tons tenen velocitats diferents. Va ser Gassendi, el qual, en 1624, va fer una determinació de la velocitat del so, demostrant que els aguts i els greus es propaguen amb la mateixa velocitat. Entre altres mesures fetes posteriorment, citarem les de Mersene (1640), Borelli i Viviani (1655), de l'Acadèmia de Fonament; de Boyle, Roemer, Picard, Cassini i Huyghens; de Walker, Halley, Derham, Flamsteed i Roberts, els resultats de les quals varien entre 331 a 495 metres per segon.



Gassendi

En 1738, l'Acadèmia de Ciències va ordenar que es fes una determinació, que va donar com resultat 333 metres per segon; es va demostrar, llavors, que la velocitat és independent de la pressió i augmenta amb la temperatura. L'Oficina de Longituds, en 1822, va confiar a Arago, Prony, Bouvard, Gay-Lussac i Huboldt la realització d'unes determinacions, mitjançant les quals es va obtenir el valor 333,8 metres per segon a 0°C. Els holandesos Mol i van Beck van determinar 332,049 metres per segon. Han de recordar-se també les determinacions dutes a terme, a les zones àrtiques, per Franklin, Parry i Forster, entre els anys 1822 i 1824. les de Kendall en 1825, les de Bravais i Martins, en les altures de Suïssa (1844), i l'interessant mètode desenvolupat per Bosscha.

En 1705, Derham va estudiar la influència del vent sobre la propagació del so, i Viviani va establir clarament que aquest es propaga igualment en qualsevol sentit, amb independència del seu to i intensitat. En 1772, Priestley va estudiar la propagació del so en distints gasos, establint que la seva velocitat és proporcional a la densitat del gas. En 1842, Döpler va descobrir la influència del moviment de la font sonora, o de l'observador, en la percepció del so.

En 1812, Niot va observar que un tub de 1000 metres de longitud propagava la veu amb tota intensitat, encara que es parlés en veu baixa. Amb aquest mateix tub metàl·lic, de les canonades de París, determinà la velocitat de la propagació del so en els sòlids. Aquest punt quedava definitivament aclarit amb la comprovació experimental i el detallat estudi físic de les vibracions longitudinals en els sòlids, realitzats per Chladni, en 1787, i ratificats per Savart (1819).

La propagació del so a l'aigua, negada durant molt de temps perquè no es reconeixia la comprensibilitat i l'elasticitat dels líquids, era admesa per Klein, Baker, Hawksbee, Guericke, Musschenbrock, Nollet (1743) i Francklin, i va ser demostrada per Savart l'any 1826. Després d'ells, Cagniard va estudiar la propagació del so en els líquids. En una columna líquida, va provocar l'emissió dels sons per la seva vibració i va observar que la velocitat variava d'acord amb les distintes maneres reproduir el so.