

# Ventres i nodes a les ones estacionàries

ALIAGA, M.  
DE LA RICA, A.  
FERRÁNDEZ, T.

Alumnes de l'IES Sixto Marco - ELX

## Resum

En aquesta experiència es generen ones sonores estacionàries mitjançant un altaveu connectat a un emissor d'ones i aplicat a la boca d'un tub tancat per un extrem. Mitjançant un sensor de la intensitat acústica es troba la posició dels nodes i ventres de l'ona estacionària. Es comprova la relació entre la longitud total del tub on s'han produït les ones estacionàries i la longitud d'ona d'aquesta.

## Introducció

Les ones estacionàries són un cas particular d'interferències, que es poden produir quan dues ones iguals es desplacen en sentit contrari i pel mateix medi. L'ona estacionària es caracteritza perquè té punts que estan sempre en repòs, és a dir, on l'amplitud és zero, els nodes; d'altra banda, entre cada dos nodes consecutius existeix un punt, el ventre, on l'amplitud sempre és màxima i igual a dos vegades l'amplitud de l'ona inicial.

El fenomen de les ones estacionàries es produeix en situacions en què una ona es propaga en un medi limitat, que en el nostre cas és un tub amb un extrem obert i altre tancat. Les freqüències a les que s'originen aquestes ones s'anomenen freqüències pròpies o de ressonància.

L'ona estacionària amb la que s'ha treballat és la que té tres nodes i tres ventres, és a dir, el tercer harmònic, i per a la qual es pot establir la següent relació entre la longitud del tub,  $L$ , i la longitud d'ona,  $\lambda$ , de l'harmònic (veure figura 1):

$$\lambda = 4L / 5$$

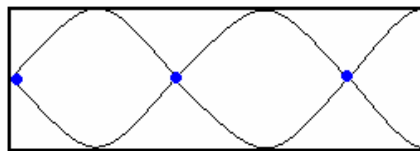


Fig. 1. Representació del tercer harmònic en un tub tancat obert.

De la figura 1 es pot trobar que la longitud total del tub equival a  $(\lambda + \frac{1}{4} \lambda)$ , és a dir,  $\frac{5}{4}$  de  $\lambda$ . Com que la longitud del tub amb que s'ha treballat és de 1,28 metres, i si

prenem 340 m/s com a velocitat del so, es pot trobar la freqüència amb la qual es produirà, teòricament, aquesta ona estacionària:

$$L = 5\lambda/4 \rightarrow L = (5v/v) / 4 \rightarrow 1,28 = (5 * 340/v) / 4 \rightarrow v = 332 \text{ Hz}$$

## Materials i procediment

El muntatge consta d'un tub de PVC obert per un extrem, un suport per sostenir l'altaveu, connectat a un generador d'ones, un sensor d'intensitat (basat en la mesura de la variació de pressió), connectat a l'ordinador. El sensor *PASCO* s'obri amb el programa *PASPort* de *PASCO*. També disposem d'una cinta mètrica per mesurar les posicions dels ventres i nodes.

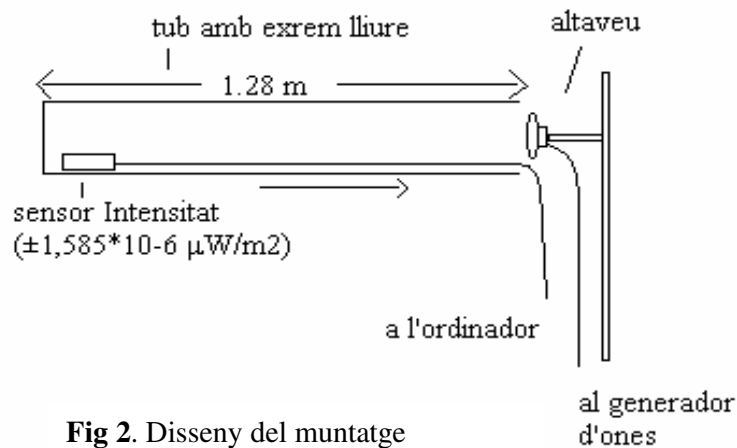


Fig 2. Disseny del muntatge



Fig 3. Fotografia del muntatge a la boca del tub.



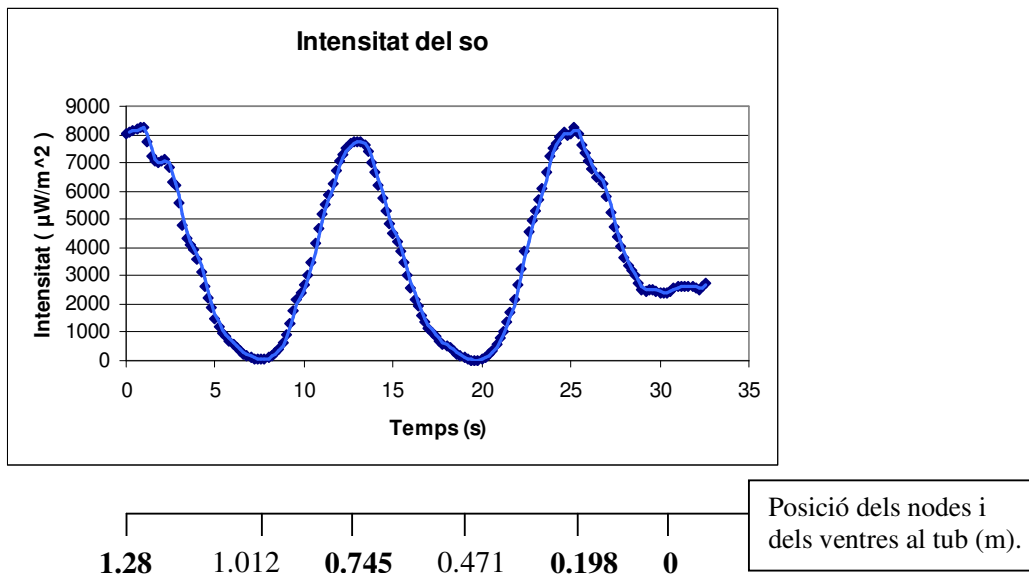
Fig 4. Muntatge complet, amb generador d'ones i ordinador (veure l'apartat anterior).

En primer lloc, es calcula teòricament la freqüència de l'harmònic i les posicions dels ventres i els nodes (coneixent longitud del tub i velocitat del so). Després, es troba la freqüència de l'harmònic elegit de forma experimental, seguint l'aproximació de la teòrica. A continuació, estant el sensor a l'extrem tancat del tub, es comença a

enregistrar la intensitat del so mentre s'estira el sensor cap a fora, de forma que recorregui tot el tub amb una rapidesa el més uniforme possible. D'aquesta forma s'aconsegueix la gràfica  $I-t$ , que mostra els ventres i els nodes (veure figura 5). Per conèixer les seves posicions només s'ha de repetir l'enregistrament d' $I$ , calculant la diferència entre la posició inicial i la del ventre o node marcadés al cable del sensor.

## Resultats

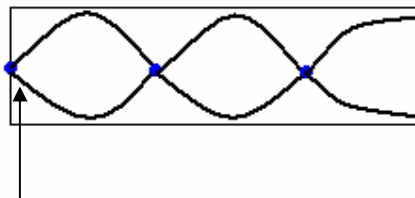
A partir de l'experiència s'han obtingut diverses gràfiques del tercer harmònic ( $\nu_{\text{experimental}} = 322 \text{ Hz}$ ), la que representa  $I-t$  és la següent:



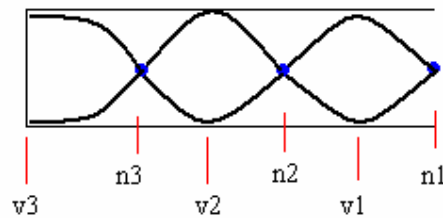
**Fig 5.** Variació de la intensitat al avançar el sensor pel tub, des del fons cap a l'obertura. Els punts de màxima intensitat corresponen als ventres i els mínims als nodes.

S'observa una desviació del 3% entre el valor teòric de la freqüència, 332 Hz, i l'experimental, 322 Hz.

En segon lloc, els gràfics que trobem als llibres de text representant aquest harmònic tenen la forma de la figura 6.



**Fig 6.** Representació usual als llibres de text del tercer harmònic d'un tub obert-tancat.



**Fig 7.** Representació experimental de la intensitat dins del tub

## Discussió

A partir de les dades anteriors s'han obtingut les posicions de ventres i nodes, són les següents:

- $N1=0 \lambda =0 \text{ m} =0 \text{ m}$  (obtingut experimentalment)
- $V1= \lambda /4 =0,27 \text{ m} > 0,20 \text{ m}$  (obtingut experimentalment)
- $N2= \lambda/2 =0,53 \text{ m} > 0,47 \text{ m}$  (calculat a partir de les dades experimentals)
- $V2= 3\lambda/4 =0,80 \text{ m} > 0,75 \text{ m}$  (obtingut experimentalment)
- $N3= \lambda =1,06 \text{ m} > 1,01 \text{ m}$  (calculat a partir de les dades experimentals)
- $V3= (1+1/4) \lambda =1,33 \text{ m} > 1,28 \text{ m}$  (obtingut experimentalment)

S'han revisat els càlculs teòrics introduint-hi en primer lloc la velocitat de 343,4 m/s per al so, que correspon a la temperatura de treball, 20°C, al laboratori (*Handbook*, 1998).

En segon lloc s'ha pres com a longitud del tub<sup>1</sup>  $L_{ef} = 1,28+0,4 \cdot D$  on  $D=0,103 \text{ m}$ , el diàmetre del tub. Amb aquests valors s'ha obtingut  $v = 325 \text{ Hz}$  i  $\lambda = 1,06 \text{ m}$ .

Finalment donem explicació a les representacions de les figures 6 i 7. La primera representaria les elongacions de les partícules de l'aire, mentre que a la figura 7 correspon la representació de la variació relativa de la pressió respecte de la pressió atmosfèrica (Tipler, 1994).

Es pot comprovar com no coincideixen el diagrama de moviment de les partícules amb la intensitat que s'enregistra, a causa de la variació de la pressió. Els ventres, amb màxima intensitat per a la pressió, comencen a l'extrem tancat del tub per augmentar-hi la pressió de les partícules; intercalant-se amb els nodes, amb intensitat 0. És a dir, si no hi ha possibilitat de desplaçament de les partícules la variació de la pressió, i per tant la intensitat sonora, serà màxima.

<sup>1</sup> GIL, S., RODRIGUEZ, E., *Física re-Creativa*, <http://www.fisicarecreativa.com/guias/sonido1.pdf>

## Propostes per a continuar investigant

També, seria interessant comprovar experimentalment si varia, i en cas afirmatiu com, la intensitat del so en augmentar el diàmetre del tub on es forma l'ona estacionària. Repetir l'experiència per a altres harmònics.

## Observacions

Caldria dir el següent: com que el resultat obtingut en la figura 5, no era allò esperat, ja en ment tenim la figura 6, s'han observat els factors que pugueren afectar l'ona, com el so de l'exterior del tub o el so del fregament del micròfon amb el tub. Per a descartar possibles influències, s'ha mesurat, sense emetre cap so per l'altaveu, el resultat es mostra en la figura 8. Com que la intensitat mitjana no era important, s'ha descartat. S'ha repetit a mesura col·locant vertical el tub, per a eliminar el soroll de la fricció del sensor per l'interior del tub, com que tampoc s'ha obtingut una explicació, s'ha consultat bibliografia diversa facilitada pel professor<sup>2</sup>.

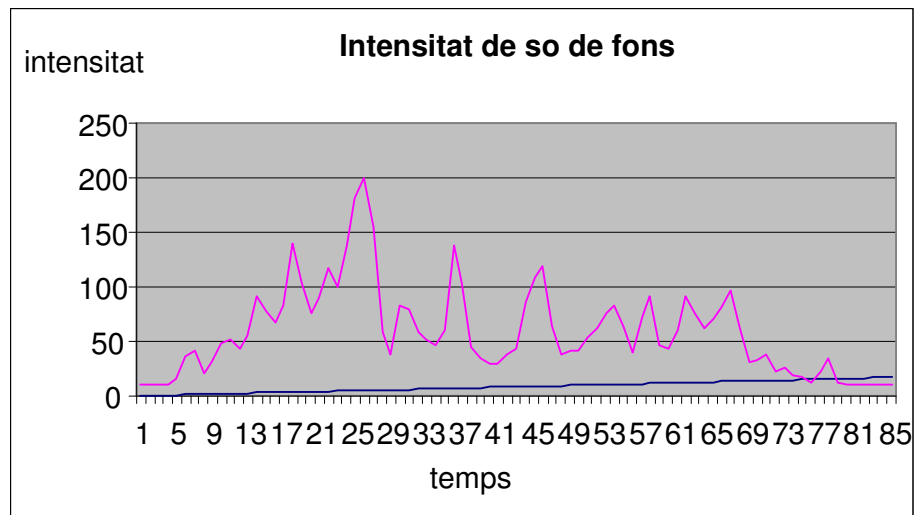


Fig 8. La gràfica és de la mesura de la intensitat feta amb l'emissor de so desconnectat, per tal de determinar la possible influència que té el so de fons per a l'estudi realitzat, es pot observar que la intensitat només és, com a mínim, de  $200 \mu\text{W}/\text{m}^2$ , es pot concloure que no és la causa del nostre interrogant.

<sup>2</sup> FRANCO, A. <http://www.sc.chu.es/sbweb/fisica/ondas/acustica/tubos/tubos.htm#Tubos%20cerrados>

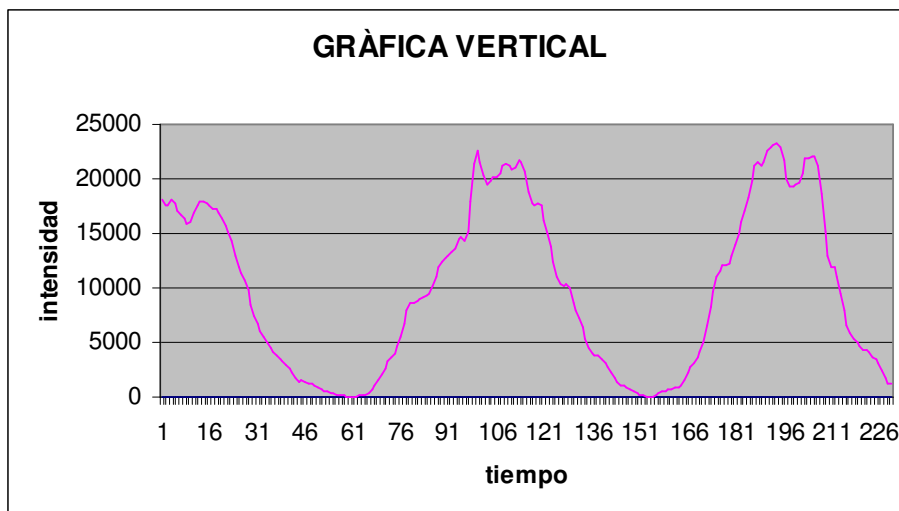


Fig 9. Per tal d'observar si el fregament que feia el micròfon amb el tub afecta d'alguna manera a l'estudi que es realitza, s'ha fet la mateixa pràctica però en aquesta ocasió el tub es troba en posició vertical de manera que al extraure el micròfon no es produeix fregament. Aquesta gràfica és molt pareguda a la obtinguda quan el tub esta horitzontal, motiu pel qual es suposa que el soroll del fregament tampoc cal tenir-lo en compte.

## Conclusió

Els resultats obtinguts mostren, en primer lloc, que es poden crear ones estacionàries en un tub obert-tancat mitjançant un altaveu i un generador d'ones per a una determinada freqüència, i que es poden calcular les posicions dels nodes i dels ventres d'una manera pràctica, a banda de la teòrica, mitjançant un micròfon.

Allò que es vol saber és, com ja s'ha dit abans, la posició dels nodes i dels ventres de l'ona, però d'altra banda aquesta experiència també serveix per a comprovar experimentalment totes les dades que s'han calculat sobre les ones estacionàries abans de començar la pràctica, com la freqüència, la distància entre dos ventres o dos nodes o, el que ens interessa, la posició d'aquests.

## Bibliografia

AA.VV., (1998), *Handbook of Chemistry and Physics*, CRC Press.  
 Tipler, P., (1994), *Física*, Vol I, Editorial Reverté.