

Mesura del temps de reverberació

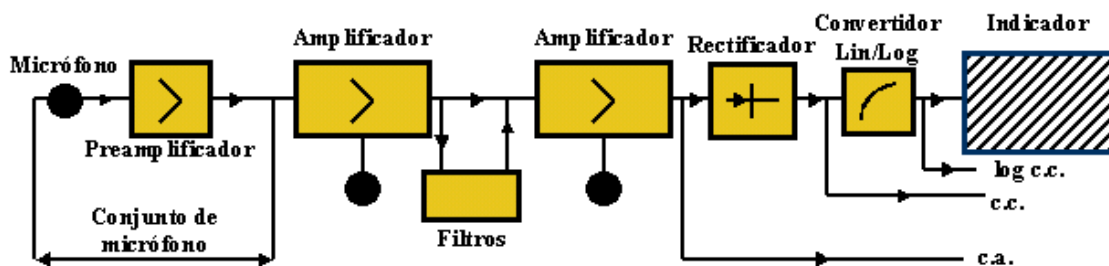
Objectiu

Mesura del temps de reverberació a l'aula 7 de l'edifici P-III de l'EPS fent servir un sonòmetre integrador de tipus I, i càlcul del coeficient d'absorció mitjà d'una persona en les bandes de freqüències de 125, 250, 500, 1.000, 2.000 i 4.000 Hz.

Fonament teòric

La pressió sonora es la pressió que una font sonora genera en un punt determinat. Depèn del punt on s'observi, és a dir, de la distància a la font sonora, de la potència acústica radiada per aquesta font i de les característiques acústiques de l'entorn. Es mesura amb un sonòmetre. La unitat de mesura és el **decibel**, que és una unitat logarítmica que es fa servir per comparar una quantitat amb una altra que s'anomena *de referència*. El valor de referència per a la pressió és de 20 μPa .

Esquema bàsic d'un sonòmetre:



- ✓ Micròfon: transforma el senyal de pressió de l'ona sonora en un senyal elèctric.
- ✓ Amplificadors del senyal: permeten l'anàlisi dels nivells més baixos del senyal.
- ✓ Sistemes de ponderació freqüencial: conjunt de filtres analògics o digitals la resposta dels quals simula la de l'oïda humana mitjançant esquemes de ponderació (A generalment).
- ✓ Integrador: sistema encarregat de calcular la pressió efectiva mitjançant la integració del senyal (al quadrat) en un interval de temps definit.
- ✓ Indicador o pantalla: sistema de visualització de dades.
- ✓ Sistemes d'anàlisi i arxiu de dades.

Temps de reverberació (TR):

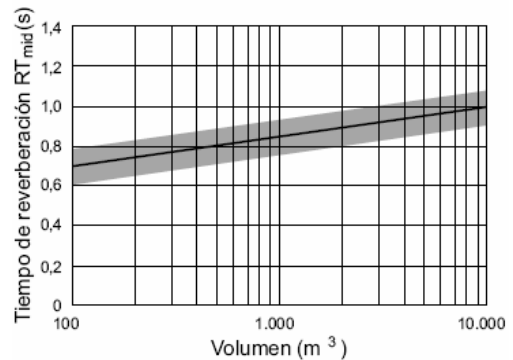
Si en l'interior d'una sala s'emeteix soroll amb una font acústica, en el primer instant, les ones es propaguen lliurement en l'interior del recinte. A partir d'un cert temps, les ones comencen a reflectir-se en les parets, de manera que les ones reflectides i les incidents se superposen. Si en un determinat instant la font deixa d'emetre, el so no desapareix immediatament, sinó que persisteix fins que és absorbit per les parets. Això és el que es denomina reverberació. Per a estudiar aquest fenomen no n'hi ha prou amb examinar el camí seguit pels raigs sonors emesos per la font (acústica geomètrica), sinó que cal realitzar un estudi estadístic de tots els raigs presents en el recinte.

Una manera d'avaluar aquest fenomen és mesurar el temps de reverberació de la sala. Aquest es defineix com el temps que tarda el nivell de pressió sonora a atenuar-se 60 dB a partir del cessament de l'emissió d'una font de soroll dins d'una sala. El seu valor depèn de la geometria de la sala, del grau d'absorció total de la sala, de la freqüència i del punt on es mesuri.

Un dels requisits bàsics per aconseguir un bon confort acústic i una correcta intel·ligibilitat de la paraula és que el temps de reverberació sigui baix.

Habitualment, quan s'estableix un únic valor de TR per a un recinte, es fa referència a l'obtingut com mitjana aritmètica dels valors corresponents a les bandes de 500 Hz i 1000 Hz. Es representa per TR_{mid} . **En sales ocupades** de conferències/**aulas**, el valor de TR_{mid} recomanat es troba entre $0.7 \text{ s} \leq TR_{mid} \leq 1 \text{ s}$ considerant volums d'entre 100 i 10000 m^3 .

$$TR_{mid} = \frac{TR(500\text{Hz}) + TR(1000\text{Hz})}{2}$$



En realitat, el sonòmetre mesura els valors que anomena T30 i T20. T30 és l'estimació que es fa del temps de reverberació a partir de multiplicar per 2 el temps necessari perquè el nivell es redueixi 30 dB. T20 és l'estimació que es fa del temps de reverberació, resultat de multiplicar per 3 el temps necessari perquè el nivell es redueixi 20 dB.

El sonòmetre calcula aquests temps a partir del pendent de la recta obtinguda de la regressió lineal per mínims quadrats d'una corba de caiguda considerada des d'un nivell 5 dB per sota del nivell inicial fins a un nivell 35 dB inferior al nivell inicial (o 25 dB per a T20). Per a simplificar utilitzarem únicament el T30.

Coefficient d'absorció mitjà d'una persona:

Normalment en el disseny acústic de sales es treballa amb el coeficient d'absorció a les bandes de 125, 250, 500, 1.000, 2.000 i 4.000 Hz. En un recinte format per N superfícies S_i (persones, parets, sostre, taules...) amb diferents coeficients d'absorció α_i per cada freqüència, la seva absorció total, A_{total} en SABINES (m^2) a una freqüència determinada es defineix com a:

$$A_{total} = \sum_i S_i \alpha_i$$

El coeficient mitjà d'absorció d'una sala a una determinada freqüència és:

$$\bar{\alpha} = \frac{\sum_i S_i \alpha_i}{\sum_i S_i} = \frac{A_{total}}{S} \quad \text{on} \quad S = \sum_i S_i$$

En aquesta pràctica es calcularà el coeficient d'absorció mitjà d'una persona a partir de mesures del temps de reverberació i utilitzant l'equació de Sabine: $TR = 0.161 \frac{V}{A_{total}}$

Utilitzarem el temps de reverberació mesurat experimentalment a l'aula 7 de l'edifici P-III, que té un volum de **378 m^3** . La mesura del temps de reverberació es farà en dues condicions: en **aula buida** (TR_0) i en **aula ocupada** (TR). Amb les dades del TR i tenint en compte que una persona ocupa **1 m^2** de superfície, podrem calcular el coeficient d'absorció mitjà d'una persona a cada una de les bandes de freqüències: 125, 250, 500, 1.000, 2.000 i 4.000 Hz.

Les dades següents trobades en la bibliografia mostren els coeficients d'absorció de una persona en diferents condicions:

	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz
Persona adulta asseguda	0.19	0.33	0.44	0.42	0.46	0.37
Estudiant en pupitre	0.20	0.28	0.31	0.37	0.41	0.42

Mètode operatiu

Per fer les mesures del TR farem servir un sonòmetre SC310 integrador de tipus 1 (alta precisió) i analitzador d'espectre en temps real per bandes de terç d'octava i octava i una font de pressió acústica que consta d'un generador de soroll rosa i blanc i d'un altaveu dodecaèdric de radiació omnidireccional.



Segons la norma ISO 354 per a la mesura del TR, col·locarem **la font en una posició i el sonòmetre en tres posicions. Per cada punt d'ubicació del sonòmetre es faran 2 mesuraments** es a dir, un total de 6 mesures.

Observacions respecte a les posicions del sonòmetre i de la font:

- ✓ La distància del sonòmetre a la font omnidireccional ha de ser ≥ 1 m.
- ✓ La distància entre posicions del sonòmetre serà $\geq 0,7$ m.
- ✓ La distància entre qualsevol posició del sonòmetre i les vores del recinte o elements difusores serà $\geq 0,5$ m.
- ✓ La distància entre qualsevol vora del recinte emissor i la font ha de ser $\geq 0,5$ m.
- ✓ L'operador se situarà en el plànol normal a l'eix del micròfon, darrere d'ell i el més separat possible del mateix.

El procés que es detalla a continuació es realitzarà en aula ocupada i en aula buida. En realitat, l'hauréu fet, amb l'ajuda del professorat, en dies anteriors.

a) Col·locarem el sonòmetre en mode *Temps de Reverberació 1/1* i seguirem els passos següents:

1. Assegureu-vos que la font de soroll està parada i tot en silenci.
2. Premeu (▶/■) per començar el procés d'enregistrament. Primer apareixerà a la pantalla el nivell corresponent al soroll de fons per a cada banda d'octava.
3. Pitgeu (OK) per validar aquesta mesura. Comproveu que aquests valors queden fixos.
4. A la pantalla apareixerà una nova columna de valors corresponents a l'augment de nivell de pressió sonora (SPL) respecte al soroll de fons (Δ dB). Emeteu soroll rosa a través de la font sonora augmentant progressivament el nivell de soroll fins a obtenir un SPL de 45 dB superior al soroll de fons. Espereu uns segons perquè el camp acústic assoleixi l'estat estacionari a la sala..
5. Pitgeu (OK) per validar el valor i comproveu que aquests valors queden fixos.
6. Deteniu l'emissió de soroll.

Al cap d'un segons, després que cessi el soroll, apareixeran a la pantalla els valors de T30 i T20. El mesurament acabarà automàticament i apareixerà el símbol (■)

b) Guardarem l'arxiu en la memòria del sonòmetre usant la tecla 

c) Obrim a l'ordinador el programa CAPTURE STUDIO: (obrim una nova sessió), connectem el sonòmetre, importem el registre de dades del sonòmetre a l'ordinador i seguim les indicacions del programa per convertir les dades a Excel®

Tractament de dades i qüestions

Haureu d'omplir i lliurar un arxiu de càlcul en format Excel® amb les mesures i resultats obtinguts. L'arxiu consta de 3 fulls:

Full 1. Mesures i càlculs del TR mesurat amb el sonòmetre en aula ocupada i buida

Full 2. Comparació del resultat del TR que dona el sonòmetre amb el càlcul del TR amb Excel®

Full 3. Càlcul del coeficient d'absorció mitjà d'una persona, α

Important: Procureu, en respondre les preguntes als fulls de càlcul, no marcar res en vermell, donat que la correcció i observacions es faran en aquest color.

- 1) Obriu els registres Excel® i completeu el Full 1 amb els resultats del sonòmetre.
- 2) Calculeu el TR_{mid} en aula ocupada e indiqueu si s'aproxima o no als valors recomanats.
- 3) Es generarà automàticament una representació gràfica dels valors mesurats del TR de l'aula (valor mitjà de les mesures) en funció de la freqüència.
- 4) Seleccioneu una posició (aula ocupada) i calculeu el TR amb Excel®, és a dir, calculant el pendent de la recta ajustada als valors mesurats. Compareu el resultat amb el que ens dona el sonòmetre. El TR es calcularà a partir del pendent de la recta obtinguda de la regressió lineal per mínims quadrats d'una corba de caiguda des d'un nivell 5 dB per sota del nivell inicial fins a un nivell 35 dB inferior al nivell inicial, i aplicant la següent expressió:

$$TR = -\frac{60\text{dB}}{1000 * pendent} \text{ (segons)}$$

Completeu el Full 2 i compareu el resultat amb el que s'ha obtingut directament amb el sonòmetre.

- 5) Mitjançant la fórmula de Sabine i comparant els valors per aula buida (TR_0) i per aula ocupada (TR) dels resultats obtinguts pel sonòmetre, ompliu el Full 3 i calculeu l'absorció de la sala. A partir de la definició del coeficient d'absorció, calculeu aquest coeficient mitjà d'una persona α , per a cada freqüència.
- 6) Compareu el resultat de α amb les dades trobades a la bibliografia.