

Anàlisi del nivell d'intensitat acústica de l'Institut Torredembarra

Ignasi Piqué Muntané

ÍNDEX

1. Introducció
2. El so i les ones sonores
 - 2.1 Moviment vibratori harmònic simple (mvhs)
 - 2.2 Moviment ondulatori
 - 2.2.1 Concepte i equació / 2.2.2 Aspectes dinàmics
 - 2.3 Les ones sonores
 - 2.3.1 Concepte i característiques
 - 2.4 El so
 - 2.4.1 Característiques del so
 - 2.5 La intensitat de les ones sonores
 - 2.6 Les sensacions i el nivell d'intensitat sonora
3. El sonòmetre
 - 3.1 Concepte, etimologia i funcionalitat
 - 3.2 Classificació dels decibelímetres
 - 3.2.1 Segons la funció i l'ús / 3.2.2 Segons la precisió
 - 3.3 Característiques del decibelímetre emprat en el treball: "velleman" model dvm8080
4. El sistema auditiu
 - 4.1 Concepte i etimologia
 - 4.2 Procés d'audició
5. Contaminació acústica i problemes de salut
 - 5.1 Contaminació acústica
 - 5.2 Problemes de salut
 - 5.2.1 Àmbit auditiu / 5.2.2 Temps d'exposició aconsellat
6. Apartat pràctic: anàlisi del nivell d'intensitat acústica
 - 6.1 Introducció
 - 6.2 Mètode de treball
 - 6.3 Institut torredembarra
 - 6.3.1 Introducció / 6.3.2 Mètode de treball / 6.3.3 Durant les hores de classe als passadissos: mètode de treball i mapa gràfic del nivell d'intensitat acústica / 6.3.4 Dins de la classe i en els canvis de classe: mètode de treball i valoració dels resultats / 6.3.5 Esbarjo: mètode de treball i classificació dels resultats / 6.3.6 Conclusió final dels resultats obtinguts a l'institut torredembarra / 6.4 Solucions i mesures per protegir l'oïda dels alts nivells d'intensitat acústica obtinguts en els experiments / 6.5 Recomanació general

7. Errors, dificultats, curiositats i incoherències del treball

7.1 Errors

7.2 Dificultats principals

7.3 Curiositats

7.4 Incoherències

8. Conclusió

9. Bibliografia

10. Annex

I. INTRODUCCIÓ

El present treball de recerca que he realitzat versa sobre un estudi o una anàlisi del nivell d'intensitat acústica en el que ens veiem exposats tant alumnes com professors en ambients públics tals com un centre escolar de secundària. La part pràctica d'aquest treball es centra especialment en el centre on estudio, l'Institut Torredembarra, i consisteix en una captura exhaustiva dels valors sobre el nivell d'intensitat sonora de l'edifici en diferents jornades laborals en tots els ambients possibles i conclouent amb una reflexió final aportant certs consells que es fomenten sobre els valors obtinguts.

Llavors, el treball es basa en l'aspecte físic del so i les seves qualitats, per tant, s'ha estructurat una part teòrica i inicial que condueix després a la part pràctica i experimental acabant amb una valoració final. Pel que fa referència a la part teòrica, en aquesta es tracten: aspectes físics amb fórmules i equacions del so o les ones sonores diferenciant els conceptes principals; aspectes tecnològics amb l'explicació del sonòmetre, que és l'aparell emprat en els experiments de la part pràctica i aprofundint en les seves característiques, els diferents tipus d'aparells que hi ha al mercat, el seu funcionament, etc.; aspectes fisiològics en els quals es parla de l'oïda i del sistema auditiu de les persones explicant el procediment d'audició així com les parts que hi intervenen; aspectes de salut, citant els problemes que pot produir la contaminació acústica sobre l'organisme; i per acabar, aspectes legals sobre els quals s'anomenen les lleis que s'han promulgat per garantir el benestar dels ciutadans mantenint una convivència sana evitant problemes de tipus sonor.

Després de l'explicació de tots aquests conceptes, s'inicia la part pràctica que consisteix en les anàlisis del nivell d'intensitat sonora. Tot i que aquest apartat comença amb l'obtenció de mostres d'altres ambients externs al centre de secundària que posteriorment s'han utilitzat per altres finalitats com per exemple problemes matemàtics; l'apartat pràctic, en general es

centra en l'anàlisi detallada de la quantitat de decibels de l'institut i es conclou amb la menció de diferents llocs característics. D'entre aquests llocs se'n destaquen: un menjador escolar de primària, un assaig musical de banda simfònica, etc. on tots comparteixen la presència d'alts valors del nivell d'intensitat acústica.

Per acabar, es realitza una valoració final dels resultats aportant alternatives per solucionar els problemes que es presenten i es justifiquen a la part pràctica amb els experiments. Finalment, es conclou l'estudi amb una citació dels problemes i dels errors que han aparegut al llarg de les mostres obtingudes. I com a annex, s'han agrupat totes les taules de valors, mapes i gràfiques en què es representen els valors de nivell d'intensitat sonora.

En general, d'aquest treball se n'espera demostrar numèricament un fet evident que ja es sap: vivim en un món amb massa soroll. Actualment, la societat del segle XXI es veu afectada per gran quantitat de sorolls i els índexs de contaminació acústica van en augment a mesura que passen els anys. Les noves tecnologies, les indústries i les innovacions tècniques sempre tenen una repercussió en el món sonor. També cal dir que ja s'han dut mesures per tal de reduir el nivell d'intensitat sonora, com per exemple els cotxes elèctrics, els quals a més de respectar els aspectes ambientals, redueixen el soroll aportant més confort pels usuaris. Tot i que en aquest darrer exemple poden sorgir discrepàncies com és el cas de si els vianants no escolten el cotxe elèctric aproximar-se perquè aquest és molt silenciós, hi ha més risc d'ésser atropellat. Aleshores aquí s'arriba a un dilema que no es tractarà ja que no té importància per aquest treball de recerca.

Llavors, el motiu de la realització d'aquest treball rau en l'intent de conscienciar a la gent dels riscos als que es veu sotmès el sistema auditiu i la salut en general de la població. D'aquesta forma, si els ciutadans s'adonen d'aquesta situació, serà més fàcil realitzar canvis per tal de viure en un món millor.



Institut Torredembarra

<http://www.xtec.cat/iestorredembarra/indexprincipal.htm>

6. APARTAT PRÀCTIC: ANÀLISI DEL NIVELL D'INTENSITAT ACÚSTICA

6.1 Introducció

L'apartat més important d'aquest treball consisteix en la part pràctica, en la qual es realitza una anàlisi sobre el nivell d'intensitat acústica en ambients principalment públics. Com per exemple: una festa a l'aire lliure, un centre educatiu, com ara l'Institut Torredembarra o el Castillo de Maimón, un assaig d'una agrupació instrumental etc. Hi ha moltes maneres a l'hora de fer un mapa acústic o si més no, a l'hora d'analitzar el nivell d'intensitat sonora d'un lloc. A més, també hi intervenen moltes variables, és a dir, és comprensiu que els resultats siguin molt heterogenis ja que es veuen afectats per les condicions en què es prenen les mostres. Tot i així, el lloc en el qual s'hi ha destinat més interès és a l'Institut Torredembarra del municipi de Torredembarra realitzant una anàlisi profunda del nivell d'intensitat sonora en l'àmbit escolar.

L'ús del sonòmetre no va ser inicialment en el centre educatiu de secundària, sinó que es van fer unes primeres mostres en altres espais per poder aconseguir experiència a l'hora de prendre valors de nivell d'intensitat sonora. A més, es pot observar un canvi en el mètode de treball emprat si es comparen les primeres mostres de nivell d'intensitat acústica amb les darreres. Per exemple, en els primers experiments només es van prendre 8 mostres de decibels de cada situació concreta per poder fer-ne la mitjana, d'entre les quals 4 es mesuraven amb el mode MANUAL del sonòmetre i les altres 4 amb el mode AUTOMÀTIC; però en les últimes mostres, només per cada situació es van prendre 20 mostres en mode MANUAL i 30 en mode AUTOMÀTIC, passant de 8 mostres per fer la mitjana a 50. D'aquesta forma, les últimes mitjanes són més fiables que no pas les primeres, ja que les variacions puntuals estan incloses com fets inèdits i el valor mitjà no es veu influenciat notablement per valors extrems i espontanis.

6.2 Mètode de treball

El mètode de treball que s'ha utilitzat en tots els subapartats d'aquesta secció és sempre el mateix. Amb el sonòmetre en funcionament, s'ha utilitzat una llibreta com a base de dades on s'apunten els valors de nivell d'intensitat acústica que apareixien a la pantalla de l'aparell. Aquests valors, estructurats en diverses taules i agrupats segons espai, dia, hora i tipus de

mostra (en mode MANUAL o AUTOMÀTIC) s'han passat a l'ordinador en diferents fulls tipus "Excel" per tal de poder manejar els valors numèrics i treure'n finalment conclusions. És a dir, de les taules transcrites de la llibreta a l'ordinador se n'han obtingut un conjunt de mitjanes aritmètiques que segons les característiques de la mostra s'han utilitzat amb una finalitat concreta. Algunes s'han agrupat en noves taules i a partir d'aquí en gràfiques de diferents tipus, mapes acústics... depenent de l'ús final assignat, de tal forma que se'n pugui tenir una bona comprensió. Totes aquestes taules i gràfiques, així com els plànols i els mapes de nivell d'intensitat acústica es troben a l'annex del treball de tal forma que es relacionen amb el contingut del text per mitjà d'un nombre romà.

6.3 Institut Torredembarra

6.3.1 Introducció

Tal i com ja s'ha comentat a l'inici, l'anàlisi del nivell d'intensitat sonora en un ambient escolar com el de l'Institut Torredembarra suposa un dels temes més importants del treball. Ja que aquest es basa en l'estudi de la quantitat de decibels que hi ha en un centre educatiu mostrant els perills que suposa en l'àmbit acústic. Llavors, en aquest subapartat s'explicarà de forma detallada com s'ha fet aquesta anàlisi acústica: l'obtenció de mostres, la seva classificació, resultats, problemes, conclusions...

6.3.2 Mètode de treball

Per començar, el fet de dur a terme un experiment sobre el nivell d'intensitat sonora en un centre educatiu de la magnitud de l'Institut Torredembarra, amb tot l'alumnat que comporta així com les instal·lacions, suposa que s'han de tenir molts aspectes en consideració. Per exemple, les mostres obtingudes poden variar notablement en relació a la quantitat de gent involucrada, així com de l'espai en què es prenguin els valors o fins i tot del moment en concret. És a dir, hi ha un canvi bastant considerable de les mostres que es prenguin del passadís quan a la classe del costat s'està fent un examen, on el nivell de decibels serà menor, que quan a l'aula del costat hi estiguin impartint classes, on el nivell d'intensitat acústica serà major¹.

¹En general, el nivell d'intensitat acústica es considera que prové de tres factors:

- El soroll que produeixen els alumnes.
- El soroll de fons de l'aula que pot provenir de fonts externes com per exemple el carrer. En el cas de l'Institut Torredembarra, l'única font externa és el soroll de la naturalesa, el qual no té molta repercussió en els resultats.
- I la reverberació, és a dir, l'efecte que produeixen els rebots de les ones sonores a les parets, les quals fan que s'acumuli un nivell d'intensitat acústica a la zona en concret incrementant els valors inicials.

Per aquest motiu, les mostres de nivell d'intensitat acústica s'han pres en diferents moments tenint en compte les variables que suposa cada situació. Com ara: en un inici, les primeres mostres estan dutes a terme en hores lectives per tot l'institut, és a dir, es pren el nivell d'intensitat acústica que hi ha pels passadissos quan els alumnes estan dins de les classes; després, hi ha mostres que fan referència al nivell d'intensitat sonora que hi ha dins de les classes al llarg del dia, així com en els canvis de classe, a l'entrada i a la sortida dels alumnes del centre; i finalment la quantitat de decibels pròpies de l'esbarjo, preses en diferents llocs com les pistes de futbol, la biblioteca o la sala de professors; i totes aquestes mostres preses al llarg de la setmana per poder observar l'evolució de cada situació depenent de l'exaltació dels alumnes en relació als dies i a les hores.

6.3.3 Durant les hores de classe als passadissos: mètode de treball i mapa gràfic del nivell d'intensitat acústica

En primer lloc, les primeres anàlisis al centre que s'han pres són les de nivell d'intensitat acústica durant les hores de classe "ANNEX:(XII)". És a dir, el nivell d'intensitat sonora que hi ha a cadascuna de les diverses zones de l'institut quan la gent està estudiant. Per poder dur a terme aquest experiment, ha estat necessari fer una divisió de l'espai analitzat. De cadascuna de les 4 plantes, se n'han estructurat diverses zones dividides per diferents factors² de tal forma que n'han sortit en total 37 espais³ "ANNEX:(XIII)". A l'hora de dur a terme els experiments, de cada espai se n'han pres 10 mostres (com en les anàlisis anteriors) per poder fer-ne la mitjana, on 4 d'aquestes mostres estan agafades amb el mode MANUAL del sonòmetre i les altres 6 són del mode AUTOMÀTIC, d'aquesta manera tots els aspectes que influenciessin els valors s'han englobat en els resultats de les mitjanes.

Les 10 mostres de cadascun dels 37 espais s'han dut a terme durant una setmana, en una hora concreta de cada dia⁴. A partir d'aquests valors presos manualment se n'han obtingut moltes mitjanes: una de cada lloc

²La planta 4 no s'ha considerat degut al poc alumnat que presenta.

³Aquests espais estan situats de forma estratègica per diferents motius. Alguns d'ells són: cadascun dels vèrtexs del quadrat que es forma al voltant del claustre de l'institut en tots els pisos; les escales de cada planta així com els lavabos; i alguns llocs de la planta 1 que corresponen a sales públiques i d'ús comú com la biblioteca, l'aula 102, la consergeria i la sala de professors.

⁴En alguns casos com és el cas del dimecres 18 de setembre o del dilluns 23 de setembre, es van dur a terme el doble de mostres que la resta dels dies.

en cadascun dels dies. Llavors se n'ha fet la mitjana total de cada lloc al llarg dels diferents dies de la setmana de tal forma que les mitjanes finals de cadascun dels 37 llocs, es basen en 70 valors. D'aquesta manera si hi ha hagut valors erronis o molt extrems per diverses anomalies, aquests s'engloben per la gran varietat numèrica general. Posteriorment aquestes mitjanes finals s'han emprat en l'elaboració d'un mapa de nivell d'intensitat acústic.

Després de tenir una taula amb cadascuna de les mitjanes finals de cada lloc, se n'ha calculat una darrera mitjana entre tots aquests valors, per tal d'aconseguir un nombre orientatiu que servís com a valor mitjà per delimitar les mostres que es troben per sobre i les que es troben per sota. Aquest valor mitjà de totes les 37 mitjanes anteriors ha estat: 53,61 dB.

Mapa de nivell d'intensitat acústica i valoracions dels resultats:

A partir d'aquí, en l'elaboració del mapa de nivell d'intensitat acústica "ANNEX:(XIV)", s'han situat les mitjanes de cada lloc en el mapa de l'institut i s'han representat amb color vermell si es trobaven per sobre del valor mitjà general o blau si es trobaven per sota. A més, aquest color varia la seva transparència depenent de la diferència de cada mitjana amb el valor mitjà, per tal de representar la transició entre zones i mostrar quines zones són les més silencioses o altrament, les més sorolloses.



Mostres de nivell d'intensitat sonora en hores de classe, planta 3 de l'Institut Torredembarra

És a dir, com més gran és la diferència de la mitjana amb 53,61 més intens serà el color i per tant tindrà menys transparència, en canvi, com més a prop es trobi d'aquest valor, més tènue es veurà representat. Per exemple, si la mitjana de la zona "X" és 53,78 i la de la zona "Y" és de 55,43, ambdues estaran representades amb el color vermell perquè els valors estan per sobre del valor mitjà 53,61. Però la transparència serà diferent ja que la diferència del valor mitjà amb el de la zona "X" és de 0,17 dB, mentre que amb la zona "Y" és de 1,82 dB; el que significa que el color d'"X" serà un vermell més

atenuat per la transparència que el de “Y”, que aquest correspondrà amb un vermell més intens. I en el cas del color blau, passarà el mateix: com més s’allunyi la mostra del valor mitjà, major intensitat representarà el color. Llavors es pot establir que la zones amb els colors menys transparents seran les més sorolloses si es tracta del color vermell, o les més silencioses si és el color blau.

Seguint aquestes bases, finalment s’ha aconseguit un mapa acústic de cadascuna de les plantes del centre en el qual es pot apreciar gràficament com varia el nivell d’intensitat sonora de cada zona respecte al valor mitjà.

D’aquests mapes acústics se n’han pogut obtenir diverses conclusions. Algunes són lògiques degut a l’estructura arquitectònica de l’edifici, a la quantitat d’alumnat per zona... Però d’altres són més aviat sorprenents.

Per començar, a la planta 3 hi ha una clara divisió de dues zones: la part de les aules 302, 301, 311, 312, 313, 314 i 315 el nivell d’intensitat acústica es troba per sota del valor mitjà general en canvi la resta de llocs, el nombre de decibels està per sobre. Segurament es pot atribuir aquest resultat al fet que la zona de color blau no té sostre, està exposada a l’exterior de tal forma que les ones sonores es dissipen fàcilment. A més, totes les aules excepte la 302 (classe on permanentment hi ha alumnes de 1r d’ESO) solen estar bastant buides d’aquesta manera, entre l’estructura arquitectònica i la manca d’alumnat en aquesta zona, és d’esperar que el nivell d’intensitat sonora es trobi per sota del valor mitjà general. Per contra, l’altra meitat de la planta que el nombre de decibels es troba per sobre, també és comprensible, ja que aquest espai té un sostre i per tant el so no es perd a l’exterior sinó que es manté i fa que els nivells d’intensitat acústica siguin prou alts com per superar el valor mitjà general. També se l’hi ha d’atribuir el fet que en aquesta zona hi ha classes de 1r d’ESO, 1r de Batxillerat i 2n de Batxillerat amb un nombre considerat d’estudiants per aula, de tal forma que és normal que el nivell d’intensitat sonora sigui elevat.

A diferència de la planta 3, a la planta 2 n’és molt característic el resultat obtingut. Tota la planta 2 mostra nivells d’intensitat sonora que es troben per sobre del valor mitjà obtingut. En algunes zones el nombre de decibels és major que en d’altres, però principalment totes presenten un nivell d’intensitat acústica elevada. El motiu pel qual es pot justificar aquest fet és que en aquest pis quasi totes les classes estan plenes de gent: alumnes de 2n i 3r d’ESO on l’aglomeració de tants alumnes repercuteix en

els nivells d'intensitat sonora. A més, els valors obtinguts també es veuen incrementats perquè les ones sonores no es dissipen per tot el centre com en altres llocs, sinó que es retenen i s'acumulen. Això és deu perquè aquest pis és molt hermètic, és a dir: no té finestres, ni el sostre descobert per on es puguin dissipar les ones sonores i a sobre el formen principalment passadissos tancats que incrementen aquesta acumulació d'ones repercutint en un nivell d'intensitat acústica molt elevat.

En relació a la planta 1 se'n poden distingir dues zones molt ben identificades tot i que principalment, la quantitat de decibels d'aquest pis es troba per sota del valor mitjà general. Per una banda les zones en les quals les mitjanes estan per sobre d'aquest valor són els llocs 18, 19, 21 i 25, és a dir, els passadissos que estan en contacte amb les aules 101, 102, 103, 104 i 105, segurament per l'alumnat que es troba en aquestes classes⁵; consergeria, en què



hi és present contínuament la circulació de persones (alumnes, professors, conserges...) i els nivells són alts; i finalment la sala de professors, que és semblant a la consergeria. La resta de llocs es troben amb un nivell d'intensitat sonora per sota del valor mitjà, ja que principalment són passadissos sense classes, l'exterior, la biblioteca o espais oberts com el balcó (lloc núm. 20).

Per acabar, a la planta 0 passa el mateix que a la planta 2, tot el claustre està de color vermell, és a dir el nombre de decibels es troba per sobre de 53,61 dB. En algunes zones hi ha major nivell d'intensitat sonora que en d'altres, però en general tot està bastant alt, segurament perquè al estar exposat al centre, tots els sorolls que es produeixen al llarg dels pisos conflueixen en el claustre.

Algunes zones que s'han de destacar són per exemple les escales, on en general els nivells d'intensitat sonora es troben per sota del valor mitjà⁶. I els lavabos, els quals tots estan bastant per sota de 53,61 dB.

⁵Exceptuant l'aula 102 on el nivell d'intensitat acústica que mostra es troba per sota de 53,61 dB.

⁶Exceptuant algun pis en el qual això no es produeix. Pot ser per diferents motius encara que no són molt destacables ja que la variació tampoc no és significativa.

Això significa que tant les escales com els serveis, estan molt ben aïllats del nivell d'intensitat sonora dels passadissos i les classes.

I finalment, d'entre tot l'Institut Torredembarra, se n'han pogut aconseguir dos espais molt característics: el que té el valor màxim de nivell d'intensitat acústica, que és la zona 11, és a dir al 2n pis, amb 56,92 dB; i el que en té el valor mínim, que és la biblioteca, que no és d'estranyar ja que és un espai que obligatòriament ha de ser silenciós i per tant està molt ben aïllat amb 48,46 dB. La resta de mitjanes es troben compreses en aquests quasi 9 decibels de marge amb homogeneïtat en alguns llocs o amb diferències en d'altres, tal i com ja s'ha explicat.

Cal destacar que el lloc núm. 1 consisteix en el de la classe 309 i tot i que en un inici es va prendre com una zona més, posteriorment s'ha decidit prescindir d'ell ja que no dona cap valor útil sobre la mitjana de nivell d'intensitat sonora que genera. Això és perquè prendre mostres de quantitat de decibels dins d'una classe només permet saber el nivell d'intensitat acústica que produeix la veu del professor en qüestió ja que els alumnes estan callats i per tant no dona resultats importants ni tampoc es poden relacionar amb els altres valors dels passadissos. Per aquest motiu, el treball es basa en tots els llocs a partir de la zona 2.

Gràfiques i estudi dels valors obtinguts:

Aquestes mesures de nivell d'intensitat sonora durant les classes a més de representar-se en un mapa acústic a partir de colors, també s'han utilitzat en les gràfiques o diagrames de barres. En ells s'hi pot observar com ha variat la quantitat de decibels al llarg de la setmana en un lloc concret, de tal forma que en total hi ha 37 gràfiques "ANNEX:(XV)". Com que no és necessari explicar cadascuna de les gràfiques ja que totes són una mica diverses, alguns trets que se'n poden distingir són: un creixement de decibels en alguns diagrames en la columna de "DIVENDRES 20/09/2013 10h – 11h" i tot i així, sorprenentment, en molts altres gràfics el creixement es produeix



Mostres de nivell d'intensitat sonora en hores de classe, planta 1 de l'Institut Torredembarra

a la columna del “DIJOURS 19/09/2013 11:30h – 12:30h”; una diferència important entre les gràfiques és que algunes presenten moltes irregularitats i per tant variacions significatives de nivell d'intensitat acústica al llarg de la setmana, mentre que d'altres es mostra certa homogeneïtat i molt poca variació de valors, per tant, al cap i a la fi, hi ha bastant heterogeneïtat en els resultats; alguns llocs presenten un creixement de quantitat de decibels durant certs dies, com ara la planta 0 té normalment més decibels al llarg del dimecres que no pas en la resta dels dies...

Per acabar, també s'ha dibuixat una darrera gràfica, un diagrama de barres que conté tots els llocs de l'institut analitzats, cadascun amb un valor “ANNEX:(XVI)”. Aquesta gràfica representa la taula de les mitjanes que s'ha comentat a l'hora d'explicar el mapa acústic. Per tant, en total hi ha 37 columnes de les quals se'n pot extreure certa informació com ara: la variació gràfica i alhora numèrica de la quantitat de decibels que hi ha a l'institut relacionada amb els espais; poder distingir-ne els màxims i els mínims⁷, etc.

A més, en aquest diagrama s'hi ha dibuixat el valor mitjà general (53,61 dB) amb una línia verda. A partir d'aquí, totes les columnes que sobrepassen aquesta línia (i per tant, aquest valor) estan pintades amb un color vermell i les que es troben per sota, amb un color blau (tal i com s'ha pintat el mapa). D'aquesta manera, aquest diagrama suposa la representació en forma de gràfica del mapa acústic de l'institut.

Com a curiositat, cal afegir que s'ha creat una darrera i última gràfica d'aquest subapartat que relaciona les mitjanes del nivell d'intensitat acústica que hi ha a cada planta amb el seu valor “ANNEX:(XVII) i (XVIII)”. En aquest diagrama, tal i com s'ha fet en l'anterior, també s'hi ha situat una línia (de color verd) que representa el valor mitjà general, sobre la que es poden relacionar les columnes que sobrepassen aquest valor que estan pintades de color vermell, i les que es troben per sota, amb color blau. Aquesta gràfica ens permet identificar quina de les 4 plantes es consideraria la més sorollosa arribant a la conclusió que aquesta característica és pròpia de la planta número 2. I també quina és la que mostra menys nivell d'intensitat sonora, que és la número 1. Aquest fet es pot explicar de la següent manera: la planta 2 tal i com s'ha dit anteriorment és la que té més classes plenes amb una estructura molt tancada on les ones de so no es poden dispersar;

⁷Sense tenir en compte el màxim que es troba a la columna núm.1 ja que com s'ha explicat anteriorment, aquest valor es menysprea

i per altra banda, la planta número 1 és òbviament la que té menys nivell d'intensitat sonora, perquè hi ha poques classes amb alumnes (en relació a les altres plantes), té molts llocs oberts (entrada, balcó...) i principalment són zones buides (passadissos de secretaria, biblioteca...). D'aquesta manera, amb aquestes gràfiques es pot observar una relació directa entre la quantitat de decibels de cada planta en relació a les altres i també al valor mitjà general.

6.3.4 Dins de la classe i en els canvis de classe: Mètode de treball i valoració dels resultats

L'altra anàlisi que s'ha dut a terme al centre és aquella en què es representa el nivell d'intensitat acústica que hi ha als passadissos i en una aula en concret quan hi ha gent, és a dir, als canvis de classe.

Aquesta anàlisi va consistir en prendre mostres de nivell d'intensitat sonora mentre es produeix un canvi de classe i els alumnes surten al passadís augmentant, òbviament, el nombre de decibels inicial. Principalment, en aquest subapartat es poden treure algunes conclusions referents a l'exaltació que mostren els alumnes al llarg del dia així com al llarg de la setmana. Els llocs que es van utilitzar per mesurar la quantitat de decibels dels canvis de classe van ser la porta de l'entrada de l'institut (per prendre les mostres de l'entrada i la sortida dels estudiants), el lloc 1 (aula 309) i el lloc 2 pels canvis de classe⁸.

En un inici, com que les mesures feien referència als llocs quan hi havia gent, les primeres mostres es van dur a terme dins de les aules però durant les classes. Aquesta anàlisi es dugué a terme a l'aula 309 i es prenen 50 valors (20 en mode MANUAL i 30 en mode AUTOMÀTIC) i se n'apuntava el nombre d'estudiants per fer relació de nivell d'intensitat sonora amb gent necessària per produir-la. Però al cap d'uns dies aquestes mesures es van menysprear ja que només aportaven informació



Captura de valors del nivell d'intensitat acústica en els canvis de classe

⁸Es va decidir agafar aquests llocs perquè són on conflueix molta gent i a més estan a prop de l'aula on imparteixo classes.

sobre la quantitat de decibels de veu que tenen els diferents professors quan imparteixen classes i no pas aspectes útils referents al comportament del conjunt d'estudiants. Per aquest motiu es va deixar de prendre mostres dins de la classe i l'anàlisi només es va centrar en els canvis de classe.

Per poder dur a terme aquestes anàlisis en els canvis de classe, durant l'interval de temps que hi havia entre les classes (uns 5 minuts aproximadament), es van prendre mostres de cada canvi d'hora durant una setmana. Es prenen 80 valors, d'entre les quals 40 s'agafaven dins de la classe "ANNEX:(XIX)" i 40 més fora "ANNEX:(XXII)". En aquest cas, els valors obtinguts eren fiables i útils per extreure'n informació, ja que els resultats de les mostres de nivell d'intensitat acústica feien referència als estudiants i a la situació general. El motiu pel qual se n'agafaven 40 dins de l'aula i 40 al passadís era per observar com varia el nombre de decibels depenent del lloc. Llavors, en el primer cas, el nivell d'intensitat sonora ve relacionat amb un nombre d'estudiants concret, mentre que en el segon, el nombre de decibels està relacionat amb l'ambient general ja que és impossible comptar el nombre d'estudiants presents en un passadís. Aleshores, a partir de les mesures preses dins de la classe on es té el nombre d'estudiants i també la quantitat de decibels que produeixen, es poden obtenir diverses relacions entre estudiant-nivell d'intensitat sonora produïda que fins i tot es poden quantificar per dur a terme diversos problemes numèrics amb aquests valors⁹.

De cada 80 mostres, 40 es prenen en mode MANUAL i 40 en mode AUTOMÀTIC (20 de cadascuna dins de classe i les altres 20 al passadís) de tal forma que totes les variables (sons puntuals i sons generals) s'engloben i es tenen en compte per fer la mitjana.

⁹Tot i així, aquests problemes numèrics no s'han pogut quantificar perquè els valors de les mitjanes obtingudes no són coherents amb el nombre d'estudiants implicats. Bàsicament això es produeix perquè en aquestes anàlisis amb poques persones, el nombre de variables que intervenen en els experiments és molt gran (l'excitació dels estudiants, el dia i la hora de la mostra en qüestió, etc). Llavors, en les anàlisis realitzades s'aprecien incoherències com ara: si en alguna mostra amb 20 estudiants la mitjana és de 70 dB, en una altra amb 25 estudiants, és d'esperar que la mitjana fos major de 70 dB, però en els valors obtinguts a part pràctica el resultat és menor de 70 dB. Aleshores no s'assegura que el nivell d'intensitat acústica és directament proporcional al nombre d'estudiants ja que hi ha molts factors que adulteren els valors de les mostres obtingudes. Conseqüentment, no se sap quina de les mostres és la més fiable per fer els problemes numèrics, fet que comporta que no es puguin realitzar aquests problemes, encara que per dur a terme observacions generals, no hi ha cap impediment ja que les incoherències es troben entre 1 i 2 dB de diferència i això no afecta a les conclusions finals.

Un cop va acabar la setmana de prendre mostres, aquests valors es van passar a una taula Excel i se'n van obtenir les mitjanes de cada hora de cada dia i de cada un dels dos llocs on es prenen els valors. Cal dir que falten les mitjanes del dimarts 24 de setembre de 2013 de l'entrada i de les 9:00 tant de la classe com del passadís, i del dimecres 25 de setembre de 2013 de l'entrada dins de la classe perquè aquests foren els primers dies que es prenen mostres i encara s'estava habituant el nou mètode de treball. A canvi, es van prendre mesures durant el dimarts i el dimecres de la setmana posterior per tal de compensar els primers dies dels quals en falten bastants valors. A més, per alguns fets puntuals com per exemple que a última hora no hi hagués professor i per tant, no s'impartís classe, el dilluns 30 de setembre de 2013 no té cap mitjana dins de l'aula a la sortida, ja que els alumnes van marxar del centre i no es van poder prendre valors d'aquell moment. Tot i així, sí que se'n van poder aconseguir mostres al passadís gràcies a la resta d'alumnat del centre.

Gràfiques:

Després de tenir-ne les mitjanes de tota la setmana, aquestes es van representar en forma de gràfica a través dels diagrames de barres. En un principi, les gràfiques representen l'evolució del nivell d'intensitat sonora al llarg del dia durant tota la setmana, de tal forma que hi ha 7 diagrames per les mostres de dins de classe "ANNEX:(XX)" i 7 més per les del passadís "ANNEX:(XXIII)". A part d'aquestes gràfiques, també se n'han fet d'altres que no relacionen l'evolució de quantitat de decibels durant el dia, sinó que ho fan respecte la setmana en una hora en concret. Mitjançant aquest tipus de diagrames es poden treure conclusions com ara si el nivell d'exaltació de l'alumnat a les 9 del matí augmenta o disminueix durant la setmana o si aquesta exaltació va en augment a la sortida de les classes a mesura que s'aproxima el cap de setmana, etc. És a dir, es relacionen els valors amb els dies mesurats en una sola taula. D'aquests diagrames en surten 6, que és el nombre de franges horàries de canvis de classe que hi ha (comptant l'entrada i la sortida de la jornada). On finalment en total n'hi ha 12: 6 pertanyents a dins de la classe "ANNEX:(XXI)" i 6 més al passadís "ANNEX:(XXIV)". Cal destacar que, les columnes de les primeres gràfiques en les quals es representa l'evolució del nivell d'intensitat sonora al llarg del dia utilitzen un color determinat, i aquest mateix color propi de cada diagrama s'ha mantingut a l'hora de crear les gràfiques que representen l'evolució d'una franja horària al llarg de la setmana.

De tal forma que, aquests darrers diagrames estan formats per columnes, cadascuna amb un color diferent que coincideix amb el color de les columnes de la gràfica d'on prové el valor que se n'ha extret. Per tant, són diagrames formats amb valors d'altres diagrames, i d'aquesta manera, visualment n'és més fàcil la comprensió dels resultats.

Per acabar, també hi ha unes últimes gràfiques que consisteixen en la mitjana dels valors obtinguts: les primeres relacionen la mitjana de nivell d'intensitat sonora de tota la setmana en una hora en concret "ANNEX:(XXVa)"; mentre que les darreres relacionen la mitjana de nivell d'intensitat acústica que hi ha al llarg d'un dia, situant tots els dies de la setmana en el mateix diagrama "ANNEX:(XXVb)". Aquestes gràfiques es dupliquen depenent de si els valors són de dins de la classe o si són del passadís. A més, al diagrama se l'hi ha afegit una línia que representa el valor mitjà per tal d'establir una relació amb la columna, (si hi ha molta diferència, si n'hi ha poca, si el nivell d'intensitat sonora es troba per sobre o si es troba per sota...).

Estudi de les gràfiques:

Un cop s'han dibuixat tots els diagrames se'n poden obtenir algunes conclusions. Tot i així, cal dir abans que hi ha moltes variables en aquestes gràfiques que afecten els valors obtinguts i, consegüentment, s'han d'interpretar de forma general i aproximada.

Per una banda, si ens centrem en les gràfiques que tracten sobre el nivell d'intensitat acústica des de dins de l'aula podem observar que els valors obtinguts es troben entre els 65 i els 85 dB. El valor mínim és 65,76 dB que es va produir el dijous 26 de setembre de 2013 a les 9:00 h, és a dir, entre primera i segona hora; i el valor màxim correspon a la sortida del dimecres 26 de setembre de 2013 amb 84,76 dB. En general, els valors que apareixen a cada dia són molt diferents els uns dels altres



Captura de valors del nivell d'intensitat acústica en els canvis de classe

així com els que hi ha en les diferents hores, aleshores n'és difícil la conclusió amb un patró que n'expliqui els resultats. Pràcticament, cada gràfica té un perfil i un dibuix diferent. Potser un dels factors que n'expliquen aquestes diferències tan grans és el fet que aquestes mostres s'han pres a dins d'una aula i aquest fet es veu influenciat per molts aspectes, com per exemple la quantitat de gent que hi hagi. Com que és un treball de recerca en una classe de 2n de Batxillerat, l'existència d'assignatures optatives implica que en algunes classes hi hagi només 8 persones mentre que en d'altres n'hi pot haver 28. Llavors tots aquests valors d'aquestes gràfiques no tenen una explicació senzilla ja que es veuen modificats per la quantitat de persones que hi hagi a la classe i com que no es repeteix la situació amb les mateixes característiques, els valors obtinguts no es poden relacionar d'una forma clara. Alguna utilització que tindrien aquests valors és per fer problemes matemàtics i físics sobre el nivell d'intensitat sonora o el nombre de decibels resultant però com ja s'ha comentat abans, aquests problemes es realitzaran.

Tot i així, en algunes d'aquestes gràfiques n'és característic el comportament del nivell d'intensitat acústica que hi ha al llarg d'un dia en concret, com per exemple el divendres. El divendres 27 de setembre de 2013 seria d'esperar que el nombre de decibels anés augmentant a mesura que passa el dia per l'exaltació dels alumnes abans de començar el cap de setmana, en canvi la gràfica mostra que el nivell d'intensitat sonora baixa a mesura que passa el dia tret de la "Sortida". Llavors, la quantitat de decibels assoleix el valor màxim. O per exemple, seria normal que el dia més sorollós de la setmana fos el divendres pel motiu explicat anteriorment del cap de setmana, però res més lluny de la realitat, el dia que el nivell d'intensitat sonora és més alt és el dimecres. Aquest dia es caracteritza per assolir els valors màxims de decibels al llarg de la setmana i a més, aquestes mostres són molt diferents les unes de les altres a mesura que passen les hores del dia. La resta de dies, per contra, mostren valors bastant unànimes, encara que tal i com s'ha explicat abans, aquests resultats són més aviat orientatius i estarien dedicats a una part pràctica amb problemes físics i no pas a una anàlisi acústica que resultaria poc fiable.

Llavors, com que els valors de nivell d'intensitat acústica dins de l'aula no interessien, els que s'han d'estudiar són els propis del passadís. Aquests són més fiables ja que els resultats es basen en un comportament general de l'alumnat, i consegüentment, el nombre d'alumnes que hi ha pels

passadissos normalment és el mateix. Per tant, és d'esperar que els valors siguin bastant semblants i no apareguin nombres molt diferents.

Per començar, els resultats d'aquestes gràfiques es troben compresos entre els 72 dB i els 86 dB. Paradoxalment, tot i que en un inici semblava que el dia més sorollós seria el divendres i després segons les gràfiques es desmentia convertint el dia amb més nivell d'intensitat sonora és el dimecres, en aquestes darreres gràfiques, tot i que mantenen nivells d'intensitat acústica molt semblants on la variació és d'un decibel, el dia més sorollós consisteix en el dijous, amb 85,99 dB durant la sortida¹⁰. Per altra banda, el valor mínim es troba el dimarts 24 de setembre de 2013 a les 10:00 h (entre la segona i la tercera classe) amb un valor de 72,88 dB.

En general, n'és característic que tot i que cada dia amb cadascuna de les hores es mostra un dibuix de la gràfica diferent, alguns resultats relacionats tenen comportaments similars, com per exemple: el divendres tot i que quasi sempre mostra més nivell d'intensitat sonora que no pas el dilluns, ambdós dies tenen valors molt semblants; gran part dels dies analitzats evidencien que els màxims valors de quantitat de decibels es produeixen a la "Sortida", segurament per l'enrenou que es produeix per part de l'alumnat degut a l'alegria de tornar a casa; el dimecres mostra moltes diferències de nivell d'intensitat sonora al llarg del dia, amb valors molt dispersos...

Conclusió:

Tot i així, aquestes gràfiques són orientatives i les poques conclusions que se'n poden extreure són les que s'obtenen amb les gràfiques finals, les que relacionen una franja horària amb la mitjana de tota la setmana o la mitjana de cada dia amb el nombre de decibels resultant. D'aquestes gràfiques se'n pot interpretar que el dilluns sí que és dels dies amb menys nivell d'intensitat sonora, i que el dijous és aquell que en té més, seguit pel dimecres. I que les hores

¹⁰El dijous 26 de setembre de 2013 és característic perquè cap dels valors pertanyents a aquest dia baixa dels 80 dB.



Mostres de nivell d'intensitat sonora en hores de classe, planta 3 de l'Institut Torredembarra

que presenten major nombre de decibels són, òbviament, les de “Sortida” amb l’acabament de les classes, seguit sorprenentment per “l’Entrada”, la qual té valors relativament alts. Finalment, respecte la resta d’hores, el canvi de classe que té un menor nivell d’intensitat acústica és el que es produeix a les 9:00 h del matí (entre la primera classe i la segona) i la resta del dia es manté bastant igualat al voltant dels 79 dB¹¹.

Tot i que aquests resultats en realitat no són completament exactes per la quantitat de variables que intervenen en el treball, l’única conclusió fiable que se’n pot treure i que més endavant es presentarà és que vivim en un món amb massa decibels.

6.3.5 Esbarjo: Mètode de treball i classificació dels resultats

Per acabar, l’última anàlisi acústica que es va dur a terme a l’Institut Torredembarra correspon a la mitja hora del pati. En aquest darrer subapartat es parla del nivell d’intensitat sonora que es produeix en el esbarjo. Com que aquest té diverses zones característiques, les mostres obtingudes es van prendre en determinats llocs durant una setmana. Llavors, és d’esperar que no hi hagi diferències molt significatives entre els resultats ja que el nombre d’estudiants sol ser el mateix en tots els experiments de tal forma que la variable referent a la quantitat de persones sobre les quals es realitza l’anàlisi desapareix. D’aquesta manera, els valors finals seran bastant generals perquè hi intervindrà molta gent sempre. I alhora, aquests valors també seran molt fiables ja que la mitjana estarà constituïda per una gran quantitat de mostres, de manera que tot i els fets puntuals que puguin ocórrer, aquests no afectaran gaire els resultats finals.

La recopilació de dades es va dur a terme en quatre llocs “ANNEX:(XXVI)”: el passadís (del qual se’n prenen mostres en l’inici del pati i en el final), la biblioteca,

¹¹En aquesta última valoració de les gràfiques finals, no s’han explicat les gràfiques corresponents a les mostres preses a dins de les aules, ja que es creu que aquests valors, tal com ja s’ha explicat, no són fiables i poden aportar informació puntual però no general, la qual cosa no tenen molta funció en el treball i no n’és necessària la seva explicació.



Anàlisi del nivell d’intensitat acústica del pati de l’Institut Torredembarra

la sala de professors i les pistes de futbol del pati. Es prenen 50 valors de decibels per cadascuna de les zones (20 amb el mode MANUAL i els altres 30 amb el mode AUTOMÀTIC) de tal forma que per cada esbarjo se n'obtenien 250¹². Per tant, cada valor que hi ha en una gràfica està constituït per la mitjana de 50 nombres.

Gràfiques:

Aquestes dades a l'hora de representar-les en una gràfica, s'ha fet de dues maneres: la primera consisteix en relacionar la quantitat de decibels amb els diferents llocs en un sol dia "ANNEX:(XXVII)", i la segona relaciona el nivell d'intensitat sonora d'un sol lloc en els diferents dies "ANNEX:(XXVIII)". Aquesta darrera és molt útil ja que permet veure l'evolució de cada lloc al llarg de la setmana. A més cal distingir-ne l'ús de diferents colors seguint el mateix criteri que s'ha explicat abans



Anàlisi del nivell d'intensitat acústica de l'Institut Torredembarra

amb els diagrames dels canvis de classe i els colors de les seves columnes. Les mostres obtingudes a l'hora del pati són, en general, les que tenen els valors més alts de nivell d'intensitat sonora de tot l'experiment realitzat a l'institut. En aquestes anàlisis s'han obtingut nombres molt elevats, arribant als 90 i 100 dB en alguns casos. Però en realitat, els valors de les mitjanes es troben entre els 53 dB i els 85 dB.

Conclusió:

De les gràfiques que se n'han obtingut, algunes conclusions són per exemple: el moment en el que hi ha major nivell d'intensitat acústica unànimement és a la reentrada de les classes, és a dir, a l'acabament de l'hora del pati. Segurament es produeix aquest resultat per l'esvalotament de l'alumnat a causa del retorn del descans. Després de la fi del pati, el següent valor més gran és l'inici del pati, que òbviament, la quantitat de decibels és bastant alta degut a l'exaltació dels alumnes per sortir al pati a descansar o jugar. Per contra, la zona que mostra menys nivell d'intensitat

¹²En surten 250 mostres ja que es prenen: 50 a l'inici del pati, 50 a el final del pati, 50 a la biblioteca, 50 a la sala de professors i 50 a les pistes de futbol del pati.

sonora és, lògicament, la biblioteca. A més, els resultats de la biblioteca es caracteritzen per ser molt dispers, aquest fet es deu a la quantitat de gent que hi havia, ja que no sempre era la mateixa i això repercuteix en els valors obtinguts. Per aquest motiu, la biblioteca no és del tot fiable ja que s'ha de tenir en compte cada valor en relació al nombre d'estudiants presents en el moment i no pas cada mostra en relació a les altres¹³. N'és destacable que en un dels llocs on el nombre de decibels és molt semblant al llarg de tota la setmana és a la pista de futbol del pati. Totes les mostres es troben al voltant dels 70 dB. Alhora, cal distingir que els valors de la sala de professors també són molt coherents entre ells, tots estan entre els 65 dB i els 70 dB¹⁴. Per aquest motiu, com que totes les mostres són molt semblants, no se'n pot distingir un dia en què es produeixi un valor molt exagerat en relació a la resta. Bàsicament potser el més característic és, tal com ja s'ha esmentat, la fi de l'esbarjo on cap valor no baixa dels 82 dB arribant a xifres molt elevades.

Finalment, cal dir que també s'ha representat en els dos últims diagrames, igual que en les altres anàlisis, la mitjana de totes les mostres. El primer dels gràfics representant la mitjana corresponent a tots els dies en cadascun dels llocs "ANNEX:(XXIXa)" i el segon representant la mitjana de tots els dies en cadascun dels dies "ANNEX:(XXIXb)". Però aquest darrer gràfic, en realitat no resulta gaire útil ja que no té cap finalitat coherent agrupar dos espais diferents en moments diferents com per exemple, l'acabament del pati al passadís amb la biblioteca. Llavors, l'únic motiu pel qual s'ha construït aquesta gràfica és per apreciar que els valors de les mostres preses a l'hora del pati al llarg de la setmana són molt semblants i alhora bastant fiables ja que les possibles variables dels experiments queden englobades amb la mitjana obtinguda. Tot i així, aquesta unanimitat s'ha aconseguit gràcies a la disminució de variables en l'experiment, com per exemple: la presa de gran quantitat de dades, la utilització de tot l'alumnat per agafar mostres (el nombre de persones no varia d'una forma substancial tal i com passa en les altres anàlisis)...¹⁵

¹³En aquest cas, es van apuntar el nombre d'estudiants presents en cada mostra ja que a partir d'aquí es poden utilitzar aquests valors per fer problemes físics tal i com s'ha explicat anteriorment.

¹⁴Tret del divendres 27 de setembre de 2013 en el qual els valors s'eleven fins als 80 dB ja que aquell dia hi havia una celebració en aquella sala i l'exaltació del professorat influencià els resultats de les mostres.

¹⁵Tot i la diferència de gent a la biblioteca i la festa de la sala de professors.

6.3.6 *Conclusió final dels resultats obtinguts a l'Institut Torredembarra*

Per acabar, d'entre totes les mitjanes que se n'han fet i totes les anàlisis, s'arriba a una conclusió: vivim en un món on hi ha massa soroll¹⁶. Ens veiem afectats per un nivell d'intensitat acústica molt superior que pot arribar a produir-nos problemes d'audició i si no s'apliquen mesures aquests seran irremeiables. Tot i aquest alt nivell d'intensitat sonora, els estudiants, el professorat i els treballadors de l'Institut Torredembarra poden estar orgullosos ja que aquest centre està ubicat als afores d'un poble on no hi ha trànsit i el nivell d'intensitat acústica de l'exterior prové de la naturalesa; a diferència dels instituts de les ciutats que acostumen a estar afectats pel soroll del carrer incrementant notablement els valors de les mostres de nivell d'intensitat sonora. Llavors si s'hagués de fer alguna recomanació per millorar la situació seria intentar tranquil·litzar i corregir el comportament dels alumnes silenciant la seva eufòria i mantenint l'ordre i la calma a les classes, bàsicament perquè aquests factors són els que han format les anàlisis del treball demostrant que el nivell d'intensitat acústica és bastant alt. Especialment s'hauria d'actuar sobre els alumnes del 2n pis de l'institut (alumnes de 2n i 3r d'ESO) no perquè siguin els que més decibels provoquen, sinó perquè aquell pis és el que els dispersa menys. Aleshores, per preservar la seguretat auditiva, ja que aquella zona no aïlla el nivell d'intensitat sonora, s'ha d'intentar disminuir la quantitat de decibels produïda. També es podrien dur a terme mesures arquitectòniques com a solució de l'alt nivell d'intensitat acústica, amb l'ús de materials aïllants sonors, però això suposaria un cost econòmic molt elevat que es pot evitar aplicant mesures de comportament més dràstiques sobre l'alumnat.

Conclusió i recomanacions:

Llavors, si s'hagués de fer una recomanació per intentar reduir la quantitat de decibels en un assaig d'orquestra seria el mateix que en el de banda: intentar tocar "piano/flux, posar-se taps, rehabilitar la sala perquè no ressoni tant, etc.

¹⁶El fet que hi hagi massa soroll es relaciona amb la taula teòrica que agrupa el nombre de decibels amb la perillositat que suposa estar exposat a aquest nivell d'intensitat sonora. Però cal dir que aquesta taula és irreal ja que és impossible assolir-la. Per tant, tot i que teòricament els valors són massa alts, en realitat no ho són tant, sinó que són reals. Conseqüentment, és veritat que s'han d'adoptar mesures per disminuir aquests valors, però no fa falta que siguin mesures radicals perquè el nivell d'intensitat sonora no és tant exagerat com indica la taula i al cap i a la fi, la quantitat de decibels obtinguda en l'ambient escolar analitzat és bastant normal d'una zona amb el tràfic de molta gent.

Però aquests tipus de canvis per intentar assajar amb un nivell d'intensitat acústica menor són contraproductius, ja que si es toca amb sordina o si es toca fluix, no s'aconsegueix l'efecte que requereix el compositor en l'obra, i llavors els assajos no serveixen per res. Aquest dilema és un tant paradoxal ja que tocant fluix potser no se danya tant l'oïda, però el que es tocarà no tindrà cap finalitat, en canvi si es toca normal tal com indiquen les partitures s'està posant en risc el sistema auditiu dels intèrprets. També hi ha la possibilitat de dur taps per les orelles, però això segueix sent igual de paradoxal ja que si per exemple el director porta taps a les orelles, no pot fer les indicacions de matisos en els assajos ja que no sent els resultats dels seus moviments, el que significa que aquests assajos no serveixen per res, en canvi si no els porta, l'oïda es pot deteriorar tot i aconseguir els resultats musicals desitjats. Llavors, això es converteix en un problema important ja que els assajos són molt llargs i una exposició d'aquest tipus té efectes importants sobre la salut de la persona. Aleshores trobar una solució per aquest problema esdevé un procés molt difícil i complex¹⁷.

6.4 Solucions i mesures per protegir l'oïda dels alts nivells d'intensitat acústica obtinguts en els experiments

Un cop ja s'ha explicat totes les anàlisis acústiques i s'ha arribat a la conclusió que vivim en un món on el nivell d'intensitat sonora és massa elevat, aleshores es poden idear un conjunt de solucions per disminuir aquesta contaminació acústica. De solucions n'hi ha moltes i de molt variades. En l'apartat anterior de l'anàlisi acústica s'ha exposat alguna solució general en l'institut com ara rectificar el comportament de l'alumnat, o en el cas de l'orquestra i la banda, tocar amb sordina o taps (o fins i tot protegit per làmines de plàstic aïllant sonor, nota de peu núm.76), però en realitat existeixen moltes més solucions per tal d'arreglar la situació.

Especialment, aquestes solucions¹⁸ van dedicades al món de l'àmbit

¹⁷Darrerament, per tal d'arreglar aquest problema en l'àmbit dels instrumentistes es va idear un model de solució: l'ús de làmines de plàstic transparents i aïllants del so entre cadascun dels músics de tal forma que el nivell d'intensitat acústica no es multiplica sinó que es reparteix d'una forma equitativa encasellant-se en cadascuna de les cel·les dels intèrprets. El problema d'aquesta solució rau en que és poc pràctica per la comoditat del músic a l'hora de tocar, també són mesures que costen molts diners i juntament amb l'aïllament sonor, també es produeix un aïllament dels músics eliminant el contacte directe entre ells i per tant destruint la unitat en què es basa una agrupació instrumental.

¹⁸Gran part d'aquestes solucions les ha ideat el Govern de la Generalitat de Catalunya per tal de tenir cura de la seguretat dels ciutadans i especialment dels estudiants, ja que aquests darrers resulten estar molt afectats per la contaminació acústica i necessiten mesures per canviar la situació.

escolar on en alguns casos ja s'estan aplicant. Alguns exemples són:

- *Incrementar les estructures aïllants augmentant les superfícies insonores. Això es pot aconseguir amb la ubicació de cartró, polièstirè expandit o suro a les parets.*
- *Habituar les aules on es facin classes amb elements que disminueixin la reverberació (nota de peu núm. 58). Aquests elements que han de crear superfícies irregulars sobre les parets planes de les classes perquè així no es reflecteixin les ones sonores. Poden ser: penja-robes, llibreries, prestatgeries...*
- *Proveir les potes de les taules i de les cadires amb taps de pelfa, d'aquesta forma si s'arrosseguen, s'evita generar sorolls que poden molestar les aules del voltant així com les inferiors.*
- *Substituir les tarimes de rajola per les de fusta de tal forma que es redueixi el temps de reverberació. (En el cas dels menjadors escolars, és recomanable l'ús d'esmoreïdors de soroll per tal que es redueixi el nivell d'intensitat sonora. Una forma de dur-ho a terme, és amb la ubicació d'estovalles sobre la taula, draps...¹⁹)*
- *Mesures més dràstiques de comportament, tal i com ja s'ha explicat en l'apartat de l'anàlisi acústica a l'Institut Torredembarra.*
- *L'ús d'un indicador a l'aula: últimament, s'ha posat de moda l'ús d'un llum vermell visible per tots els alumnes de la classe, el qual s'encén quan es sobrepassa un nivell d'intensitat acústica determinat. D'aquesta forma la llum indica quan hi ha massa decibels a l'aula. Aquest mètode permet motivar als estudiants a seguir una bona conducta per tal que no s'encengui la llum.*
- *Promoure la consciència acústica mitjançant l'explicació a través de campanyes informatives dels problemes que poden sorgir per culpa de la contaminació acústica; la importància del sistema auditiu; audiometries dels nivells sonors del centre...*
- *La substitució del timbre en l'inici i la fi de les classes per música, la qual resulta ser més atractiva auditivament i no té un so tant perjudicial, estrident i punyent com el del timbre.²⁰*

¹⁹Especialment els utensilis de roba absorbeixen gran part de l'energia de les ones sonores, i funcionen molt bé per insonoritzar, per això és profitós l'ús d'estovalles, tovallons, etc. en el menjador.

²⁰Les mesures de nivell d'intensitat sonora que genera el timbre de l'Institut Torredembarra es troben entre 103 i 104 dB, els quals són valors molt elevats que poden arribar a ser perjudicials per la salut

- La reorganització del funcionament del centre on per exemple s'hi habituin zones de descans i silenci separades d'altres que siguin d'oci i esbarjo²¹.

- I per acabar, en cas que encara s'hagi de construir el centre educatiu en qüestió, intentar situar-lo en una zona tant allunyada com pugui ser dels focus de soroll com per exemple carrers transitats, estacions de tren, llocs pròxims a aeroports... I tot i així, intentar utilitzar dispositius anti-soroll, com ara: pantalles anti-soroll, elements que esmorteixin el soroll exterior, com una fusteria eficaç a les finestres que produeixin un aïllament sonor²², etc.

Medidas para reducir el ruido del tráfico

Fuente

1. Gestión del tráfico
2. Temporado de tráfico
3. Asfalto poroso
4. Normativas de circulación
5. Vehículos de bajo nivel de ruido
6. Conducción eficiente

Camino de transmisión

1. Planificación del suelo
2. Barreras acústicas
3. Edificios como barreras acústicas
4. Soleamientos
5. Barreras vegetales (setos o árboles)

Receptores

1. Aislamiento de fachadas
2. Diseño del edificio

Pantallas anti-soroll

<http://www.mambiente.munimadrid.es/operaciones/operaciones/calibre/PreguntasFrecuentes/ContAcustica.html>

Pantallas anti-soroll

<http://essoni1ex.com/aplicaciones/pantalla-anti-ruido.html>

6.5 Recomanació general

Totes aquestes mesures que s'han explicat tenen una funcionalitat única: intentar disminuir el nivell d'intensitat sonora per tal de reduir la contaminació acústica del centre educatiu. Algunes solucions requereixen una inversió de capital important mentre que d'altres no. Llavors, ja que no s'invertirà econòmicament per disminuir el nivell d'intensitat sonora, és aconsellable que els centres intentin aplicar almenys totes aquelles mesures que no necessitin cap capital (o almenys tantes mesures com es puguin), perquè al cap i a la fi la seva única funció és la de protegir la nostra salut a més de crear-nos com a persones.

²¹En el cas de l'Institut Torredembarra, aquesta última mesura no faria falta aplicar-la, ja que el centre ja està repartit diferenciant zones de treball i silenci (la biblioteca) i espais d'esbarjo (les pistes de futbol).

²²També es recomana l'ús de juntes de goma a les finestres per tal de tancar hermèticament les obertures que donin al carrer.

7. ERRORS, DIFICULTATS, CURIOSITATS I INCOHERÈNCIES DEL TREBALL

Abans d'acabar, cal explicar les dificultats i els problemes que han aparegut en la realització d'aquest treball.

7.1 Errors

Per una banda, com que es tracta d'un treball científic i analític que es basa en una part pràctica, el més probable és que s'hi hagin produït els tres tipus d'error que s'associen amb l'obtenció de mesures:

-L'error instrumental: que representa el valor més petit que pot apreciar l'instrument de mesura és a dir, la sensibilitat del decibelímetre. A partir d'aquí, les mostres que s'han pres fan referència al model de sonòmetre "DVM8080 Velleman" amb la sensibilitat d'un decimal en els valors obtinguts entre 30 i 120 dB. En cas que l'experiment es dugués a terme amb un altre tipus de sonòmetre (ja sigui més especialitzat, o menys) els valors seran semblants però hi haurà variacions puntuals basades en la precisió de les mostres.

-L'error sistemàtic: que fa referència a aquell que es produeix de la mateixa manera en tots els mesuraments que es realitzen d'una magnitud. Pot estar originat per un defecte de l'instrument, per una particularitat de l'operador o del procés de mesurament... Tot i que aquest tipus d'error no ha estat molt present en les mostres ja que l'instrument de mesura emprat ha funcionat correctament, en la primera mostra de totes (el Concert de Can Bofill) segons les observacions anotades en la captura de mostres, aquella nit hi hagué molt de vent, fet que repercuteix en les ones sonores fent que es dispersin més de l'habitual quan no hi ha vent. Aleshores, la presència del factor del medi en el qual es realitza l'experiment ha tingut transcendència en els resultats ja que potser els valors variarien en una nit sense vent. De tal forma que l'adulteració de tots els resultats d'aquella nit no es poden relacionar de forma directa amb els de la resta de les anàlisis fent que els valors obtinguts en tota aquella nit estan modificats de la mateixa manera originant l'error sistemàtic produït pel medi.

-I finalment, l'error aleatori que consisteix en les causes de l'atzar. Aquest error es pot minimitzar fent la mitjana aritmètica en les mesures obtingudes. Segurament, aquest tipus d'error és el que potser ha tingut més predominança en el treball perquè s'han agafat moltíssims valors per les anàlisis posteriors. Llavors, el fet de que hi hagi tantes dades suposa que hi pot haver errors a l'hora passar-les del sonòmetre a la llibreta i després, de la llibreta a l'ordinador, ja sigui per equivocació de tecla o per qualsevol altre motiu informàtic²³.

²³Aquest error també es pot quantificar definint-lo en: Error absolut, que representa la diferència entre el valor de la mesura i el valor pres com exacte. Té unitats i són les mateixes que les de la mesura, el problema rau en què no es sap quin dels valors és l'exacte, per això es pren com a valor exacte el resultat d'efectuar la mitjana aritmètica. I l'error relatiu en resulta del quocient entre l'error absolut i el valor exacte (el valor obtingut en la mitjana aritmètica). Si aquest resultat es multiplica per 100 s'obté el tant per cent d'error (%) el qual no té unitats.

Tot i així cal assegurar que encara que aquests errors hagin interferit en el treball, ja que són típics dels estudis científics i no es poden menysprear ni obviar, aquest no es veu quasi adulterat. Això es deu perquè aquest treball tracta sobre una anàlisi del nivell d'intensitat acústica de la qual se n'han extret conclusions generals, llavors el fet de la precisió no és un factor primordial. És per aquest motiu que s'han agafat moltes mesures en els experiments. D'aquesta forma s'ha pogut fer la mitjana aritmètica englobant les anomalies i aconseguint que aquestes no repercutissin en els valors finals gràcies a la gran quantitat de mostres capturades. A més, aquestes mitjanes tenen una funcionalitat principalment orientativa, aleshores els factors dels errors anteriors que es basen en fets pràcticament puntuals no tenen quasi transcendència, però tot i així s'han d'esmentar perquè hi han estat presents.

7.2 Dificultats principals

Llavors, d'entre les dificultats més rellevants del treball se'n poden destacar:

*- El desconeixement del so en l'àmbit físic així com del moviment ondulatori: com que aquest treball es basa en continguts físics que s'estudien a 2n de Batxillerat, quan es va començar (al final de 1r de Batxillerat) hi havia molts conceptes que van ser difícils de tractar i d'entendre degut al desconeixement de la matèria. Especialment durant l'estiu, aquest treball va mostrar moltes dificultats perquè la part teòrica resultava molt difícil a l'hora d'explicar. Finalment, aquest problema es va solucionar amb l'inici del nou curs i l'estudi d'aquests nous aspectes els quals facilitaren posteriorment la realització completa del treball*²⁴

*- El començament de la part pràctica: potser la part més difícil d'aquest treball rau en la part pràctica la qual estigué aturada sense novetats durant bastant de temps. Per una banda, aquesta part pràctica es basa en l'anàlisi acústica del nivell d'intensitat sonora en un ambient escolar. Suposant que el treball s'inicia a l'estiu, aquesta part pràctica no es podia efectuar ja que no hi havia l'ambient escolar on fer l'anàlisi. Llavors es va idear agafar mostres de nivell d'intensitat sonora en algunes situacions concretes per tal de familiaritzar-se amb el decibelímetre encara que aquestes mostres, en un principi, no tinguessin importància posteriorment. Tot i així es va decidir fer les primeres mesures per començar la part pràctica a la festa de Can Bofill (on òbviament no és cap tipus d'ambient escolar) i al "Castillo del Maimón" caracteritzat per representar l'ambient escolar en l'àmbit musical*²⁵.

Després, per tal de no menysprear les mostres que en un moment es van prendre, se'ls

²⁴Per culpa d'aquest desconeixement en l'àmbit físic, el treball realitzat fins l'inici de curs va haver de ser reescrit i corregit notables vegades principalment pel mal ús de la nomenclatura emprada. Per exemple: escriure intensitat sonora considerant que és el mateix que nivell d'intensitat sonora, quan són dues coses ben diferents, etc.

²⁵A més, aquesta primera anàlisi va permetre aprendre molt en la presa de valors, com per exemple: saber dividir l'espai, corregir errors inicials, tenir en compte les múltiples variables de l'ambient en què es realitza l'experiment, mantenir una rutina sistemàtica en la captura de dades, establir un ordre entre els valors obtinguts...

hi va intentar donar una funcionalitat: els valors de la festa s'empraren en problemes matemàtics i físics i els del "Castillo de Maimón" foren per extreure conclusions generals semblants als de la resta d'anàlisis, encara que menys precises. Aleshores es pot dir que durant l'estiu es produí la inicialització a la part pràctica mentre que a l'inici del curs aquesta es realitzà a fons.

-El desconeixement informàtic: com que per tractar les dades fou necessari transcriure-les a l'ordinador a un arxiu Excel, i treballar amb aquests aspectes era completament nou, la dificultat rau en el desconeixement a l'hora d'utilitzar les mesures en un ambient completament aliè²⁶. Però gràcies a la pràctica constant i l'ajuda de persones especialitzades en aquests formats de treball, aquest problema es va solucionar ràpidament i els resultats obtinguts foren òptims.

7.3 Curiositats

I per acabar, una de les curiositats més característiques en la realització de les anàlisis és l'expectació de la gent del voltant en observar un decibelímetre. En un inici (especialment en les primeres mostres) les persones (tant professors com alumnes) en observar un aparell d'aquest tipus es sorprenien i actuaven de forma diferent per veure si la màquina funcionava de veritat o no. Els tres tipus de comportament característics que es presenciaven es regien pel criteri de l'edat:

Els alumnes d'ESO principalment en observar aquest aparell començaven a cridar per veure si podien aconseguir arribar al valor màxim.

Els alumnes de Batxillerat i els professors, s'encuriosien i preguntaven el motiu de les mostres i l'ús d'aquest aparell.

Els alumnes de Primària restaven callats en un començament. Això es deu segurament per la imposició d'un alumne de batxillerat davant dels nens de primària, però també pel desconeixement de la funcionalitat d'aquell aparell. Aquest desconeixement que alhora era intriga, inseguretat i fins i tot una mica de por es manifestava en un silenci expectant.

7.4 Incoherències

I pel que fa referència a les incoherències, en aquest treball principalment se n'ha trobat una al quadre teòric de relació de nivell d'intensitat acústica amb els exemples a la vida real. Segons un estudi de contaminació acústica s'ha realitzat un quadre teòric semblant al que s'ha mostrat a l'apartat de

²⁶D'entre els problemes amb els arxius Excel, els més importants van ser: la creació de mitjanes, ja fos entre valors d'una mateixa taula o entre valors de diferents arxius agrupats en una mitjana general; la construcció de diagrames; l'ordenació de les dades...

“Moviment ondulatori”, però més especialitzat:

SONS CARACTERÍSTICS	dB	EFFECTE
Llançament de coets/Explosió volcà Krakatoa	180	Pèrdua auditiva irreversible
Sirena antiaèria	140	Trauma acústic agut
Tro	130	
Clàxon d'automòbils/Enlairament d'avions	120	Màxim esforç vocal
Concert de rock/Martell pneumàtic	110	Extremadament fort
Petards/Camió de les escombraries	100	Molt fort
Trànsit urbà/Camió pesant	90	Molt molestat. Dany auditiu
Assecador de cabells/Relotge despertador	80	Molestat
Trànsit d'autopista/Restaurant sorollós/ Oficina de negocis	70	Difícil ús del telèfon
Conversa normal/Aire condicionat	60	Silenci
Trànsit de vehicles lleugers	50	
Oficina tranquil·la/Dormitori	40	Molt silenciós
Xiuxiueig a 5 m/Biblioteca	30	
Estudi radiofònic	20	Amb prou feines audible
Respiració tranquil·la	10	
Llindar d'audició	0	Llindar auditiu

Però en el treball, a la part pràctica s'ha arribat a altres conclusions ideant un nou quadre^{27 28}:

²⁷Els valors d'aquesta taula també estan influenciats per la precisió del sonòmetre, però en general hi ha moltes discrepàncies amb els quadres teòrics.

²⁸A més, en aquesta taula no s'ha especificat els efectes que pot tenir l'exposició a aquests nivells d'intensitat acústica, perquè són (en teoria) els mateixos que en els altres quadres.

²⁹N'és característic que la mostra més petita que el decibelímetre emprat en aquest treball ha mostrat és de 43,1 dB. En teoria era un espai molt silenciós ja que aquest valor s'obtingué en una habitació a les 3 de la matinada mentre tothom dormia aïllant els decibels produïts per la respiració amb la porta de la cambra tancada. Tot i aquesta situació de silenci absolut, el valor obtingut es distancia més de 10 dB de diferència amb el que suposadament és el límit inferior de mesura del decibelímetre emprat (30 dB). El qual és un fet molt rar perquè només s'ha arribat a aquest valor una vegada i en un moment molt puntual de màxim silenci, mentre que segons la taula teòrica 40 dB s'assoleixen amb una oficina tranquil·la però no màxima silenciosa.

SONS CARACTERÍSTICS	dB
No se n'han obtingut perquè el valor màxim de nivell d'intensitat acústica que el sonòmetre pot analitzar és de 120 dB	Majors que 120
Concert a l'aire lliure a 10 cm de l'altaveu en moments puntuals	110
Concert a l'aire a 10 cm de l'altaveu/ Moments molt puntuals de màxima cridòria en la reentrada del pati de l'alumnat de l'institut/ Moments molt puntuals d'un assaig de banda simfònica	100
Moments de màxima cridòria en un menjador escolar de primària i en la reentrada del pati de l'alumnat de l'institut/ Assaig d'una banda simfònica/	90
Moments molt puntuals en un assaig d'orquestra de corda Assaig d'una banda simfònica o d'una orquestra de corda/ Sortida i entrada de l'alumnat d'un institut/ Menjador escolar de primària	80
Canvis de classe	70
Canvis de classe/ Passadissos	60
Passadissos silenciosos	50
Passadissos molt silenciosos/ Exterior molt aïllat del trànsit urbà ¹	40
No s'han obtingut mostres perquè el valor mínim de nivell d'intensitat acústica que el sonòmetre pot analitzar és de 30 dB.	Menors que 30

8. CONCLUSIÓ

En general, en aquest treball s'han trobat moltes conclusions, especialment a la part pràctica, a partir de les quals s'han establert les recomanacions per tal de solucionar la situació actual. Però pel que fa referència a la conclusió final en la qual es valora tot el treball en si, cal dir que aquest ha estat molt profitós en molts aspectes.

Per una banda, gràcies a aquest treball on ha estat necessari dur a terme una part pràctica, s'ha pogut estrènyer la relació dels conceptes teòrics que s'estudien a classe amb la vida real. S'ha pogut aprofundir i gaudir de la ciència a partir d'estudis exhaustius, establint un bon mètode de treball basat en la captura de dades, el seu processament i la conclusió final. A més, amb aquest treball s'ha aconseguit una millora general aportant molt de rigor en la realització dels experiments així com de la feina en general juntament amb una millora de l'ordre i la planificació a l'hora de treballar.

I per altra banda, s'ha pogut demostrar numèricament quin és el distanciament que hi ha entre els valors recomanats amb els valors obtinguts a la part pràctica, perquè des d'un bon inici, ja es sabia que els valors de nivell d'intensitat acústica a la vida real superarien els valors teòrics. On cal destacar que mitjançant aquest treball, s'ha descobert que les orientacions teòriques en realitat són impossibles de seguir a la part pràctica ja que es demostra que a la vida real el nombre de decibels sempre és major.

També, gràcies a l'estudi d'un tema físic que encara no s'havia estudiat a 1r de Batxillerat, l'ús de noves tecnologies, així com l'aprofundiment tecnològic en l'explicació del sonòmetre, fisiològic en l'explicació de l'oïda i fins i tot legislatiu amb les lleis del nivell d'intensitat sonora s'ha produït un enriquiment cultural notable.

Tot i així, cal dir que les condicions en les que es realitzaven els experiments no eren del tot confortables ja que les situacions requerien una posició de treball incòmoda, escriure dret, etc. Però en realitat ha estat una altra forma de veure la ciència i aquest aspecte preval per sobre de la resta acabant amb una sensació positiva d'aquest treball.

Per acabar, aquest estudi intenta reflectir i conscienciar a la població que l'oïda és un dels sentits més importants de les persones i que es pot danyar molt fàcilment, a més que a mesura que es danya, l'individu no n'és conscient, i quan se n'adona que se li ha atrofiat el sistema auditiu, ja no hi ha volta enrere. Per aquest motiu, la millor cura és la prevenció i amb aquest treball s'ha demostrat reiteradament que vivim en un món on hi ha massa soroll. Com que ja es sap que és impossible disminuir el soroll arribant als valors teòrics, doncs almenys aconsello disminuir-lo una mica, perquè aquesta mica pot arribar a ser molt, marcant la frontera entre la sordesa o l'audició. La decisió de cada persona és pròpia, però crec que és millor actuar ara que encara hi som a temps abans que sigui massa tard, i convido a tothom a que comenci a establir mesures i a canviar aquesta situació com més aviat millor.

ANNEX

En aquest darrer apartat d'aquest treball de recerca s'hi ha agrupat totes les dades i aspectes de la part pràctica sobre les quals se n'ha fet una anàlisi i se n'ha obtingut una conclusió. En general, aquests annexos estan compostos per gràfiques, taules de valors i plànols. Degut a la restricció d'espai només hi ha les gràfiques més importants que són els mapes acústics i la gràfica general dels valors d'intensitat acústica de les zones de l'institut Torredembarra.

Mapa del nivell d'intensitat acústica de l'institut torredembarra (xiv)











